

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Diseño Sanitario para la implementación de una planta de  
tratamiento de aguas residuales generadas por los laboratorios de  
Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica ubicados en el edificio  
Hayek, USFQ**

Proyecto Técnico

**Marcelo Jonathan Cando Cepeda**

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de  
Ingeniero Civil

Quito, 11 de mayo del 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Diseño Sanitario para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales generadas por los laboratorios de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica ubicados en el edificio Hayek, USFQ**

**Marcelo Jonathan Cando Cepeda**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico:

Sixto A. Durán-Ballén, Ph.D.

Firma del profesor:

\_\_\_\_\_

Quito, 11 de mayo del 2018

## © DERECHOS DE AUTOR

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

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

Firma:

Nombres y Apellidos:

Código:

Cédula de Identidad:

Lugar y Fecha:

---

Marcelo Jonathan Cando Cepeda

00116342

1715421168

Quito, 11 de mayo de 2018

## Resumen

La Universidad San Francisco de Quito posee diversos laboratorios entre los cuales destacan el laboratorio de ingeniería civil e ingeniería mecánica ubicados en el subsuelo del Edificio Hayek del Paseo San Francisco. Dentro de los laboratorios se realiza prácticas ingenieriles que involucran manipulación de materiales de construcción, elaboración de soldaduras con metales pesados, uso de aditivos y químicos tóxicos. Dichos materiales y sus componentes son vertidos en los desagües sanitarios sin un pre-procesamiento de desechos de aguas residuales adecuado antes de descargar al alcantarillado público, lo cual genera corrosión de tuberías, obstrucción del alcantarillado, efectos tóxicos para la salud pública y medio ambiente. El presente trabajo busca beneficios ambientales, conocimientos académicos y económicos para la Universidad a través de la elaboración de nuevos diseños de desagües sanitarios conjuntamente con una planta de tratamiento de aguas residuales que permite el tratamiento de las descargas generadas en los laboratorios de ingeniería civil y mecánica.

**Palabras clave:** Planta de tratamiento, Aguas Residuales, Diseño, contaminación, hormigón, Desagüe Sanitario

## **Abstract**

Universidad San Francisco de Quito has several important laboratories like civil engineering and mechanical engineering locate under Hayek's Building together to Paseo San Francisco's Building. Those laboratories have allowed doing engineering practices through handle construction materials, welds fabrication, additives use and toxic chemicals. These materials and components have been thrown through sanitary tubing without wastewater pre-treatment to public sewer; this process generates corrosion pipes, obstruction sewer, toxic dangers to public health and environmental. This technical project seeks environment benefits, academic knowledge and economic benefits for the university with new sanitary sewer's designs and a wastewater treatment plant that allows the treatment wastewater from the engineering civil and mechanical laboratories.

**Key Words:** Treatment plant, Wastewater, Design, Pollution, Concrete, Sanitary Drainage

## **Agradecimientos**

A mi Madre por su sabiduría y consejos que ha servido en mi vida. A mi Padre por despertar mi interés por la ciencia y su apoyo ante cualquier adversidad.

## Tabla de contenido

Capítulo I: Generalidades .....	19
1.1  Introducción .....	19
1.2  Descripción general del tema .....	21
1.2.1  Objetivos específicos: .....	22
1.2.2  Actividades .....	22
1.2.3  Descripción General del área de estudio.....	23
1.2.4  Contaminación del servicio de alcantarillado.....	23
1.2.5  Clasificación de los químicos del laboratorio de hormigones .....	23
1.2.6  Clasificación de los químicos del laboratorio de suelos .....	24
1.2.7  Clasificación de los químicos del laboratorio de mecánica .....	24
1.2.8  Alcantarillado Existente.....	24
1.3  Aguas residuales: Características y composición general.....	25
1.3.1  Descripción .....	25
1.3.2  Características y composición.....	25
1.3.3  Características físico-químicas de aguas residuales .....	25
1.4  Contaminantes del agua .....	26
1.4.1  Variación de pH .....	26
1.4.2  Contaminantes Inorgánicos.....	26
1.4.3  Contaminantes orgánicos .....	26
1.4.4  Nitrógeno .....	27
1.4.5  Nitrógeno inorgánico .....	27
1.4.6  Nitrógeno orgánico .....	27
1.4.7  Nitrógeno de nitrito.....	28
1.4.8  Fosforo .....	28
1.4.9  Alcalinidad.....	28
1.4.10  Grasas.....	28

1.4.11	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	29
1.4.12	Demanda química de oxígeno (DQO)	29
1.4.13	Calcio	29
1.4.14	Sílice	30
1.4.15	Sólidos totales	30
1.4.16	Sólidos en suspensión Totales	31
1.4.17	Metales pesados	31
1.5	Consideraciones ambientales	31
Capitulo II: Caracterización de las aguas residuales en el área de estudio		32
2.1	Evaluación de la calidad del Agua residual	32
2.1.1	Levantamiento in situ	32
2.1.2	Toma de muestras	32
2.1.3	Cronograma de muestreo	33
2.2	Lugares de muestreo	33
2.2.1	Laboratorio de hormigón	33
2.2.2	Laboratorio de Ingeniería mecánica	34
2.2.3	Trampa de grasas laboratorio S4	34
2.2.4	Doble trampa de grasas laboratorio de hormigones	35
2.2.5	Trampa de grasa parqueadero	35
2.2.6	Albañal de descarga	36
2.3	Métodos de ensayos utilizados en muestreos	36
2.4	Instrumentación de muestreo	37
2.5	Procedimiento de muestreo	38
2.6	Aforo de aguas residuales	38
2.7	Producción Promedio de aguas residuales	44
2.8	Resultados de análisis de calidad del agua residual	46
2.8.1	Análisis de aforo	46
2.9	Análisis de laboratorio	48
Capitulo III: Re-diseño hidráulico de las tuberías sanitarias hacia la planta de tratamiento de aguas residuales		54
3.1	Estimación de la población estudiantil futura	54

3.1.1	Método lineal .....	56
3.1.2	Método Geométrico .....	56
3.1.3	Método Logarítmico .....	57
3.2	Caudales de diseño .....	61
3.2.1	Caudal máximo diario de descarga de agua residual .....	61
3.2.2	Caudal máximo semanal de descarga de agua residual .....	62
3.2.3	Caudal máximo mensual de descarga de agua residual .....	62
3.2.4	Caudal máximo por hora de descarga de agua residual .....	62
3.2.5	Caudal mínimo por hora de descarga de agua .....	63
3.2.6	Caudal por infiltración .....	63
3.2.7	Caudal de conexiones erradas:.....	63
3.2.8	Caudal Promedio.....	63
3.3	Parámetros de tubería sanitaria .....	65
3.3.1	Velocidad mínima.....	65
3.3.2	Velocidad máxima .....	66
3.4	Cámara de llegada .....	69
3.5	Cámara de sedimentación.....	71
3.5.1	Volumen de máximo aguas residuales cada dos años .....	72
3.5.2	Volumen de solidos sedimentados.....	72
3.5.3	Longitud de diseño.....	73
3.5.4	Comprobación de tiempo de retención .....	74
3.5.1	Tiempo de retención .....	74
Capítulo IV: Selección de tecnología de planta de tratamiento de aguas residuales .....		76
4.1	Criterios de selección de tecnología.....	76
4.2	Matriz de selección de tecnología .....	77
4.2.1	Alternativa A: Acero Inoxidable.....	77
4.2.2	Alternativa B: Hormigón Armado .....	78
4.3	Ubicación propuesta para planta de tratamiento de aguas residuales en acero .....	80
Capítulo V: Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales .....		81
5.1	Proceso de tratamiento de aguas .....	81
5.2	Pretratamiento .....	81

	10
5.3 Tratamiento primario.....	82
5.4 Tratamiento secundario .....	83
5.5 Tratamiento Terciario.....	83
5.6 Tratamiento y disposición del lodo .....	84
5.7 Esquema de Planta de tratamiento de aguas residuales.....	84
5.7.1 Bombeo de aguas residuales .....	85
5.7.2 Curva características de operación del sistema.....	86
5.8 Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales .....	89
5.8.1 Electrocoagulación:.....	89
5.8.2 Diseño Electrocoagulación .....	89
5.8.3 Floculación.....	91
5.8.4 Diseño floculación .....	91
5.8.5 Sedimentación- Trampa de grasa.....	92
5.8.6 Diseño del tanque de sedimentación.....	93
5.8.7 Dimensionamiento del tanque de equilibrio .....	94
5.8.8 Volumen Total .....	96
5.9 Placas floculadoras .....	96
5.10 Vertedero rectangular .....	97
5.11 Componentes estructurales .....	98
5.11.1 Cargas aplicadas sobre paredes de tanque .....	99
5.11.2 Espesor de paredes acero AISI 304 2B.....	100
5.11.3 Atiesamiento .....	101
5.11.4 Diseño espesor base .....	102
5.11.5 Cargas sobre base.....	103
5.11.6 Selección de vigas.....	105
5.12 Soldaduras .....	107
5.12.1 Simbología .....	107
5.12.2 Soldadura A36 .....	107
5.12.3 Soldadura Acero inoxidable AISI 304 2B .....	108
5.12.4 Soldadura AISI 304 2B-A36.....	109
Capítulo VI: Análisis costo-beneficio.....	110

6.1	Presupuesto.....	110
6.1.1	Costos directos .....	110
6.1.2	Costos Indirectos.....	110
6.1.3	Costo de administración de obra (Job overhead).....	111
6.1.4	Costos de Administración Central (Gastos Generales).....	111
6.1.5	Real de costos indirectos (Overhead) .....	111
6.1.6	Contingencias.....	111
6.1.7	Utilidad .....	112
6.2	Costos de operación y mantenimiento por año .....	115
6.3	Consideraciones Costo-Beneficio .....	115
6.3.1	Tarifas .....	116
6.3.2	Subsidios.....	116
6.3.3	Multas .....	116
6.4	Análisis costo-beneficio .....	119
6.5	Impacto ambiental .....	122
Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones.....		124
7.1	Conclusiones .....	124
7.2	Recomendaciones.....	126
Bibliografía .....		128
Anexos .....		131
8.1	Plantillas de muestra.....	131
8.1.1	Plantilla registro de muestra.....	131
8.1.2	Resumen Plantilla de registro .....	131
8.2	Población.....	132
8.2.1	Número de estudiantes ingeniería civil e ingeniería mecánica según USFQ-Banner 132	
8.2.2	Tasa de matriculación que no exceda capacidad máxima .....	132
8.2.3	Método lineal .....	132
8.2.4	Método geométrico .....	133
8.2.5	Método logarítmico.....	133
8.3	Parámetros agua residual.....	134

8.3.1	Normativa urbana para estudios y diseños sanitarios .....	134
8.3.2	Libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente 135	
8.3.3	Matriz de selección .....	137
8.4	Bomba Agua residual .....	138
8.5	Diseño Planta de tratamiento de aguas residuales.....	141
8.6	Costos .....	149
8.7	Planos .....	156

## Índice de tablas

Tabla 1: Contaminantes orgánicos naturales .....	27
Tabla 2: Cronograma de muestreo.....	33
Tabla 3: Caudales de Aguas residuales del 26-feb-18.....	40
Tabla 4: Caudales de Aguas residuales del 28-feb-18.....	41
Tabla 5: Horas Pico.....	42
Tabla 6: Descarga neta de Aguas residuales 26-feb-18.....	45
Tabla 7: Descarga neta de Aguas residuales 28-feb-18.....	45
Tabla 8: Descarga neta promedio por punto de muestreo.....	45
Tabla 9: Descarga neta total Promedio .....	46
Tabla 10: Número de estudiantes según Banner USFQ.....	54
Tabla 11: Resumen Población estudiantil 2013-2018 .....	55
Tabla 12: Capacidad Máxima de Laboratorios.....	57
Tabla 13: Tasa de matriculación estudiantil futura.....	57
Tabla 14: Población Estudiantil Banner USFQ .....	59
Tabla 15: Métodos de Estimación Poblacional.....	59
Tabla 16: Capacidad que no exceda el 70% de capacidad actual de laboratorio.....	60
Tabla 17: Caudales de Descarga neta de aguas residuales .....	64
Tabla 18: Caudales de descarga de agua residual Año base de planificación .....	64
Tabla 19: Caudales de descarga de agua residual de Año 2039 .....	65
Tabla 20: Secciones de tubería y materiales .....	67
Tabla 21: Tramo, elevación, demanda de tuberías sanitarias .....	68

Tabla 22: Longitudes y diámetros de tuberías .....	68
Tabla 23: Elevación y posición cámara de llegada.....	69
Tabla 24: Recomendaciones Constructivas (Fuente: Manual de depuración Uralita Hernández, 2004).....	69
Tabla 25: Resumen datos de cálculos cámara de llega.....	70
Tabla 26: Dimensiones Cámara de llegada.....	70
Tabla 27: Recomendaciones Constructivas Desarenador (Fuente: Manual de depuración Uralita Hernández, 2004).....	71
Tabla 28: Resumen Cálculo de volúmenes desarenador.....	74
Tabla 29: Dimensiones desarenador .....	74
Tabla 31: Comprobación.....	75
Tabla 32: Escala de calificación .....	78
Tabla 33: Matriz de selección.....	79
Tabla 34: Calculo de altura dinámica de elevación[on.....	87
Tabla 35: Calculo Electrocoagulación .....	89
Tabla 36: Dimensiones Electrocoagulación.....	91
Tabla 37: Cálculo de floculación .....	91
Tabla 38: Dimensiones Floculación.....	92
Tabla 39: Recomendación constructiva sedimentación.....	93
Tabla 40: Dimensiones sedimentación .....	94
Tabla 41: Recomendación tanque de homogenización.....	94
Tabla 42: Dimensiones tanque de homogenización.....	96
Tabla 43: Volúmenes totales.....	96

Tabla 44: Diseño vigas A36.....	103
Tabla 45: Distribución de soldadura.....	107
Tabla 46: Costo de operación y mantenimiento .....	115
Tabla 47: Tarifas referenciales a implementar en DMQ .....	118
Tabla 48: Costo a pagar sin planta de tratamiento 20 años con valores presentes .....	119
Tabla 49: Análisis de valores futuros.....	121
Tabla 50: Beneficio/costo .....	122

## Índice de figuras

Figura 1: Drenaje laboratorio de hormigón .....	33
Figura 2: Desagües Laboratorio Ingeniería Mecánica e Ingeniería Civil .....	34
Figura 3: Laboratorio general y laboratorio de mecánica de suelos .....	35
Figura 4: Trampa de grasas parqueadero S4.....	35
Figura 5: Albañal 1 .....	36
Figura 6: Albañal 2 .....	36
Figura 7: Parámetros INEN 2176:2013 .....	37
Figura 8: Muestreo in situ .....	38
Figura 9: Variaciones de Caudales de varias muestras puntales 26-feb-2018.....	41
Figura 10: Variaciones de Caudales de varias muestras puntuales 28-feb-2018.....	42
Figura 11: Variación Caudal Muestra 001 .....	42
Figura 12: Variación Caudal Muestra 002.....	43
Figura 13: Variación Caudal Muestra 003.....	43
Figura 14: Variación Caudal Muestra 004.....	43
Figura 15: Variación Caudal Muestra 005.....	44
Figura 16: Resultados laboratorio de hormigón 1 C:001 .....	48
Figura 17: Resultados laboratorio Ing. Mecanica C:002 .....	48
Figura 18: Resultados trampa de grasas 1 C:003.....	49
Figura 19: Resultados trampa de grasas 2 C:004.....	49
Figura 20: Resultados trampa de grasas parqueadero 1 C:005 .....	50

Figura 21: Resultados de laboratorio generados por el laboratorio de Ingeniera Ambiental USFQ. .....	50
Figura 22: Gráficos de estimación poblacional estudiantil.....	58
Figura 23: Crecimiento estudiantil promedio .....	58
Figura 24: Perfil longitudinal.....	68
Figura 25: Parámetros decision.....	77
Figura 26: Ubicación propuesta para planta de tratamiento de agua residual en acero .....	80
Figura 27: Rejillas y sistemas de desarenado .....	82
Figura 28: Sedimentadores de aguas residuales municipales en Brasil y Cerro de la Estrella, México. ....	82
Figura 29: Flujo de Energía contenida en el sustrato en función del tratamiento aplicado .....	83
Figura 30: Procesos de planta de tratamiento de aguas residuales .....	84
Figura 31: Instalación de bombas con impulsores Mono-canal.....	85
Figura 32: Bomba Mono-canal M 65 C236.....	88
Figura 33: Placas floculadoras Vista Frontal .....	97
Figura 34: Placa floculadores Vista Superior .....	97
Figura 35: Vertedero entre tanques.....	97
Figura 36: Medidas y secciones modulares .....	99
Figura 37: Reacciones paredes.....	99
Figura 38: Atiesadores .....	101
Figura 39: Atiesador .....	102
Figura 40: Vigas en base.....	103
Figura 41: Aplicación de cargas .....	104

Figura 42: Diagrama de corte KN.....	104
Figura 43: Diagrama de momento (KN-m) .....	105
Figura 44: Soldadura E7018 .....	108
Figura 45: Soldadura ER308 LSI.....	108
Figura 46: E309 L16 .....	109
Figura 47: Propuesta económica equipos .....	112
Figura 48: Propuesta económica Mano de Obra.....	112
Figura 49: Propuesta económica materiales .....	113
Figura 50: Propuesta económica Transporte.....	114
Figura 51: Valor de Oferta.....	114

# Capítulo I: Generalidades

## 1.1 Introducción

La Universidad San Francisco de Quito considera en su pensum de estudio a la carrera de Ingeniería Civil e Ingeniería mecánica, la cual requiere de instrumentos tecnológicos para el aprendizaje de los futuros profesionales. Los instrumentos tecnológicos en su gran mayoría se encuentran en los laboratorios de Ingeniería civil. Dichos laboratorios están divididos en diferentes secciones como: laboratorio de hormigones, laboratorio de mecánica de suelos, Laboratorio de taller mecánico (mecanizado) y laboratorio de soldadura. Estos laboratorios se encuentran ubicados en el Edificio Hayek del Paseo San Francisco, donde se dispone de un espacio en el subsuelo de acceso a los estudiantes.

Los laboratorios ubicados en el Edificio Hayek buscan satisfacer la práctica académica de ingeniería civil e ingeniería mecánica a través de experimentos que involucran la manipulación de materiales de construcción, materiales mecánicos, metales pesados, químicos tóxicos, entre otros elementos. Con el fin de desarrollar practicas experimentales necesarias para complementar el conocimiento teórico impartido en clase.

Dentro de las prácticas de laboratorio se realiza ensayos ingenieriles, donde se elabora probetas de hormigón, ensayos de soldaduras con metales pesados y aditivos tóxicos. Los cuales generan gran cantidad de material vertido en los desagües sanitarios. Sin embargo, los laboratorios de la USFQ no disponen de un pre-procesamiento de desechos de aguas residuales adecuado antes de descargar al alcantarillado público, lo cual genera corrosión de tuberías, obstrucción del alcantarillado, efectos tóxicos para la salud pública y medio ambiente.

El presente proyecto técnico se rige a la Constitución del Ecuador vigente desde 2008 donde establece varios artículos que garanticen los derechos del medio ambiente. La Constitución contempla el capítulo segundo: los artículos 14, 15 establecen los derechos del buen vivir. Adicionalmente, el capítulo séptimo: los artículos 71 al 74 detallan derechos de la naturaleza. Por último, en el capítulo de biodiversidad y recursos naturales se establecen los artículos del 395 al 415 para garantizar los derechos del medio ambiente y prevenir la contaminación.

De igual manera, en este proyecto de titulación se realiza un diseño sanitario el cual considera normas ecuatorianas adicionales detalladas a continuación:

- Constitución Ecuatoriana vigente desde el 20 de octubre del 2008.
- La Ley de Gestión Ambiental y el Código Orgánico del Ambiente vigente desde el 20 de diciembre del 2016.
- La Ley de Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del agua (LORHUyA) vigente desde el 6 de agosto del 2014.
- El Texto Unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) vigente desde el 31 de marzo del 2003.
- Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua vigente desde 4 de noviembre del 2015.
- Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito vigente desde 31 de diciembre de 1997.
- Ordenanza Metropolitana N320 que establece la modificación de la ordenanza N213 ligada al sistema de manejo ambiental del Distrito Metropolitano de Quito vigente desde el 13 de octubre del 2010

- Ordenanza Metropolitana N0213 que establece el sistema de manejo ambiental del Distrito Metropolitano de Quito vigente desde el 18 de abril del 2007

Así, la Universidad San Francisco de Quito debe someterse a la legislación ecuatoriana y diseñar planes de gestión ambiental que mitiguen la contaminación que genera las actividades de los laboratorios. Por lo tanto, se debe implementar una planta de tratamiento de aguas residuales que evite la corrosión de tuberías, daños al alcantarillado público y problemas de contaminación ambiental

En este documento a través de una matriz de selección de tecnología se propone una planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de generar descargas que cumplan con las normativas nacionales e internacionales. De igual manera, se considera un rediseño a la canalización y desagües ya existentes, la cual llevara las aguas residuales a un tanque de tratamiento para su posterior desagüe en el alcantarillado público. Por lo tanto, el proyecto se distribuye en Capítulo I: Generalidades, Capítulo II: Caracterización de Agua Residual, Capítulo III: Diseño Hidrosanitario de albañales, Capítulo IV: Selección de tecnología de tratamiento de aguas, Capítulo V: Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales, Capítulo VI: Propuesta económica y Capítulo VII: Conclusiones

## **1.2 Descripción general del tema**

El presente trabajo tiene como objetivo general el diseño de tuberías de aguas residuales conjuntamente con una planta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con las normas hidráulicas y ambientales. De esta manera, se busca un beneficio ambiental que sea económico y eficiente para la universidad.

### **1.2.1 Objetivos específicos:**

1. Aforar las aguas residuales de los laboratorios a través de muestras puntuales, con el fin de obtener parámetros biológicos y físico-químicos de las descargas.
2. Re-diseñar las tuberías de descarga de aguas servidas, actualmente dirigidos hacia el alcantarillado público, direccionando las tuberías hacia la planta de tratamiento de aguas residuales acorde a planos sanitarios diseñados en el presente proyecto.
3. Dimensionamiento y diseño de procesos de una planta de tratamiento de aguas residuales acorde al Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras sanitarias y Normas para Estudio y Diseño de Sistema de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales.
4. Elaborar una propuesta económica con presupuesto de construcción y mantenimiento.

### **1.2.2 Actividades**

A continuación, se enumera las actividades realizadas para efectuar con los objetivos descritos.

1. Inspeccionar físicamente la infraestructura de laboratorios.
2. Obtener los planos *As-Built* hidráulicos del subsuelo del Edificio Hayek de la sección estudiada.
3. Tomar muestras puntuales de aguas residuales.
4. Re-diseño de las redes sanitarias de descarga de los laboratorios.
5. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.
6. Determinar costos de equipo, mano de obra, materiales, transporte, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

### **1.2.3 Descripción General del área de estudio**

El departamento de Ingeniería Civil y Mecánica tiene los laboratorios ubicados en el Edificio Hayek en el Paseo San Francisco. Dichos laboratorios se dividen en el laboratorio de hormigones, mecánica de suelos e ingeniería mecánica. En los planos Anexo 8 se detalla las redes sanitarias, trampas de grasas, albañales y zonas de descargas.

El laboratorio de hormigones utiliza materiales como: agregados, cementos, aditivos y químicos utilizados para elaborar dosificaciones de hormigón. Este espacio tiene puntos de agua y alcantarillado.

El laboratorio de mecánica de suelos desarrolla prácticas con muestras de contenido orgánico, las cuales al final del ensayo, sus restos son desechados a través del drenaje.

El laboratorio de ingeniería mecánica realiza actividades de mecanizados, soldaduras y procesamiento de materiales como el acero, cobre, aluminio, entre otros. En este laboratorio se utiliza materiales industriales como lubricantes, químicos y aditivos.

### **1.2.4 Contaminación del servicio de alcantarillado**

Los laboratorios disponen de un drenaje que desecha las aguas en el alcantarillado sin un pre procesamiento de las mismas. Dichas aguas provenientes de los laboratorios tienen varios químicos tóxicos que a continuación se clasifican de acuerdo a su origen:

### **1.2.5 Clasificación de los químicos del laboratorio de hormigones**

Dentro de este laboratorio, se realiza ensayos de hormigones que se dividen en varios procesos como: diseño de mezcla, dosificación, elaboración, ensayos de resistencia y eliminación del material restante de mezcladoras de hormigón y equipos utilizados en prácticas. El material

restante dentro de los equipos utilizados es un contaminante hídrico y dañino para el ambiente e infraestructura. En este proceso se utiliza agua para lavar mezcladoras, recipientes e equipos de laboratorio. Por lo tanto, el hormigón y sus residuos al ser vertidos en el alcantarillado incrementan la corrosión en la red sanitaria del laboratorio, red pública y ambiente.

### **1.2.6 Clasificación de los químicos del laboratorio de suelos**

Los ensayos de mecánica de suelos tienen varios pasos como: muestreo del suelo, ejecución del ensayo, disposición final y eliminación del material sobrante. De esta manera, la eliminación del material sobrante, desecha partículas con sólidos suspendidos que se acentúan en las redes sanitarias, acumulando los depósitos a través del tiempo e incrementando la corrosión de la red.

### **1.2.7 Clasificación de los químicos del laboratorio de mecánica**

Dentro del laboratorio de mecánica se realizan prácticas ingenieriles, las cuales utilizan materiales como: químicos, soldaduras, aditivos, lubricantes, grasas entre otros. Al finalizar las prácticas, los estudiantes arrojan contaminantes tóxicos que pueden ocasionar futuros daños al sistema de alcantarillado, ambiente y salud pública.

### **1.2.8 Alcantarillado Existente**

El alcantarillado existente se encuentra ubicado en el subsuelo 4 del edificio Hayek, y está conformado por tuberías de PVC de 3 y 6 plg de diámetro. Se dispone de tres redes de alcantarillado dividido en aguas residuales domésticas provenientes del metabolismo humano y actividades domésticas, aguas residuales pluviales provenientes de las aguas de escorrentía pluvial y las aguas residuales industriales provenientes de los drenajes utilizados en actividades prácticas por parte de los laboratorios de ingeniería civil y mecánica. Las aguas son separadas a través de trampas de grasas para posteriormente ser vertidas sin un adecuado tratamiento de aguas

residuales al alcantarillado público. El proyecto se enfoca en tratar las aguas residuales industriales provenientes de los laboratorios.

### **1.3 Aguas residuales: Características y composición general**

#### **1.3.1 Descripción**

Las Aguas residuales son aquellas que se originan de los desechos domésticos, pluviales o comercial/industrial. Dichos desechos provienen de escorrentía pluvial, inodoros, lavaderos, cocinas, procesos industriales y otros elementos contaminantes. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables, nutrientes (nitrógeno y fósforo), elementos tóxicos como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado. (López, 1995)

#### **1.3.2 Características y composición**

La composición de las aguas residuales se clasifica por sus propiedades físicas, químicas y biológicas. De igual manera, las composiciones de las aguas residuales contienen materia orgánica, materia inorgánica, microorganismos, nutrientes y metales.

#### **1.3.3 Características físico-químicas de aguas residuales**

Las características físicas del agua residual son: Sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos totales, color, olor y turbiedad.

Las características químicas son: dureza, alcalinidad, pH, demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO).

## **1.4 Contaminantes del agua**

La contaminación del agua se clasifica en organismos vivos, contaminantes orgánicos e inorgánicos.

### **1.4.1 Variación de pH**

La concentración de ion Hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia para evaluar las aguas naturales como residuales (Metcalf & Eddy, 1995). De esta manera, el pH es una medida que muestra que tan acida o alcalina es el agua. Los límites máximos permitidos para descargas de afluentes al sistema de alcantarillado de pH son 5-9 (NORMA CO,1992).

### **1.4.2 Contaminantes Inorgánicos**

Los contaminantes inorgánicos componen los materiales suspendidos como disueltos. El aluminio, arsénico, bario, cadmio, cromo, fluoruro, plomo, mercurio, nitrato, selenio y plata son inorgánicos disueltos que por consumo humano tienen efecto perjudicial en la salud pública.

Por otro lado, la turbiedad es la presencia de material de sólidos suspendidos como arena, sales o sedimentos; dichos sólidos pueden proteger los microorganismos de la acción de los desinfectantes.

### **1.4.3 Contaminantes orgánicos**

Los contaminantes orgánicos naturales están asociados al color, sabor y olor. Por otro lado, en los contaminantes orgánicos artificiales son tóxicos para la salud pública.

<b>Contaminantes</b>	<b>Descripción</b>
Hidrocarburos clorados	Pesticidas y herbicidas
Trihalometanos	Elementos usados en procesos industriales, presencia de ácido húmico
Químicos orgánicos volátiles (QOV)	Químicos industriales que son sustancias cancerígenas. Las sustancias son: benceno, tetracloruro de carbono, paradiclorobenceno, entre otros

**Tabla 1: Contaminantes orgánicos naturales**

#### **1.4.4 Nitrógeno**

Este elemento puede estar presente en el agua residual tanto en forma inorgánica como orgánica, este parámetro tiene un límite permisible de 60 mg/l. En aguas residuales no tratadas está presente como amonio o constituyente de proteínas. El nitrógeno estimula el crecimiento biológico (Metcalf & Eddy, 1995)

#### **1.4.5 Nitrógeno inorgánico**

El nitrógeno inorgánico o nitrógeno amoniacal modifica el pH del agua, es un índice de polución de las aguas (Bermeo & Santin, 2010). El nitrógeno amoniacal se presenta como iones de amonio o como amoniaco dependiendo de la medida de pH. Las fuentes del contaminante son las industrias agrícolas, manufactureras y químicas. De esta manera, el nitrógeno amoniacal estimula el crecimiento de actividad biológica y demanda de oxígeno de las aguas.

#### **1.4.6 Nitrógeno orgánico**

El nitrógeno orgánico es un estimulante biológico en aguas residuales. El nitrógeno orgánico está constituido por el nitrógeno amino de los aminoácidos, polipéptidos, proteínas y nitrógeno albuminoideo, productos todos ellos de procesos biológicos. La fuente de nitrógeno orgánico son las heces animales, humanas y desechos humanos.

#### **1.4.7 Nitrógeno de nitrito**

Los nitritos en concentraciones elevadas reaccionan dentro del organismo con aminas y amidas secundarias con alto riesgo cancerígeno. Las concentraciones máximas permitidas son de 1 mg/l estos elementos son peligrosos para la vida acuática. Su fuente puede ser resultado de la descomposición biológica de los materiales proteicos y del amoniaco en las aguas.

#### **1.4.8 Fosforo**

El fosforo se encuentra en cantidad 4-15 mg/l en aguas residuales urbanas (NORMA CO 10.7-601.,1992). Este elemento se localiza en fosforo orgánico, ortofosfatos y polifosfatos.

El fosforo nutre los microorganismos presentes en las aguas residuales (Bermeo & Santin, 2010). Por lo tanto, la presencia de fosforo es estimulado por la materia fecal humana, alimentos, pesticidas y detergentes. Este último, los detergentes incrementan en gran medida la presencia del fosforo.

#### **1.4.9 Alcalinidad**

La alcalinidad del agua residual es generada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como calcio, potasio y amoniaco. En otras palabras, es la capacidad de neutralizar ácidos. La concentración de alcalinidad es importante para la implantación de plantas de tratamiento que busquen eliminar el amoniaco u otros residuos. Su rango está basado en la medida de pH, por lo tanto, no se permite la descarga de aguas alcalinas.

#### **1.4.10 Grasas**

Las grasas y aceites son de origen doméstico o industrial. La presencia de este elemento genera problemas en las redes sanitarias ya que forma sedimentos en las tuberías que obstruyen

el paso de las aguas. De esta manera, provoca problemas de corrosión, mal olor y problemas de salubridad. El límite máximo permisible es 70 mg/l.

#### **1.4.11 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno utilizado para que el material orgánico sea oxidado a productos estables como CO<sub>2</sub> y agua. También representa, la cantidad de oxígeno que se requeriría para estabilizar el residuo en un ambiente natural. La prueba para determinar el material orgánico a ser oxidado es el DBO<sub>5</sub> que mide la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización del agua residual durante 5 días a 20°C. El valor máximo permisible es de 250 mg/l.

#### **1.4.12 Demanda química de oxígeno (DQO)**

La medida DQO da la estimación de materias oxidables de origen orgánico o mineral (hierro, amoníaco. Sulfuros y cloruros). El valor máximo permisible de DQO es de 500 mg/l.

En el caso de plantas de tratamiento se puede establecer una relación entre los dos valores. Acorde a la escala desarrolla por (Krammer, 2010) establece que una relación DBO<sub>5</sub>/DQO superior a 0.6 es vertido orgánico o domestica de 0.6 a 0.2 Vertidos de industrias químicas y farmacéuticas y menores a 0.2 es vertido orgánico de proceso industriales como construcción o metalurgia. Esta medida muestra que el grado de contaminación es toxico perteneciente a procesos industriales.

#### **1.4.13 Calcio**

El calcio tiene como fuente de origen las actividades agrícolas, calizas, arcillas, desechos de materiales constructivos, entre otros. Cantidades elevadas de sales de calcio, generan una capa protectora que con el paso del tiempo crea incrustaciones dañinas e interfiere en el proceso de

drenaje doméstico e industrial. También crea depósitos de calcio en aguas naturales y residuales que a largo del tiempo causa daños en la vida biológica, daños en la piel ojos y vías respiratorias. Por otro lado, altas cantidades de calcio y magnesio generan aguas duras que generan más sedimentos en las tuberías. (Rice, 2012)

#### **1.4.14 Sílice**

La sílice es un componen básico de tierra, arena, granito y muchos otros minerales. La sílice en su gran mayoría se presenta en sílice cristalina. Su fuente de origen proviene de trabajos de fundición, piedras, solidos suspendidos, trabajos de construcción (hormigón, arena), entre otros. La sílice no genera contaminación biológica. Sin embargo, los fluentes finales de aguas residuales acumulan grandes cantidades de silicio que en épocas secas se desprenden al ambiente generando afectación a la vida humana ya que puede generar silicosis (problemas pulmonares) en el ser humano (Occupational Safety and Health administration, 2003).

#### **1.4.15 Solidos totales**

El contenido de solidos totales es la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C. Los sólidos sedimentables son aquellos que se sedimentan en las tuberías o tanque provocando obstrucción de los mismos. La cantidad de estos residuos nos indican la cantidad de lodos que se genera en condiciones normales y el nivel de turbiedad debido a los sólidos no filtrables (Metalcal & Eddy, 1996). El valor máximo permisible de solidos totales es de 1600 mg/l

#### **1.4.16 Sólidos en suspensión Totales**

Se comprende como la fracción de sólidos totales retenidos en un filtro con un tamaño de poro específico medido después realizar el secado a una temperatura específica. De esta manera, los sólidos suspendidos del agua residual se eliminan en plantas de tratamiento a través de procesos de sedimentación. El valor máximo permisible de sólidos en suspensión totales es de 220 mg/l. Dado que valores mayores tienden a obturar o sellar las superficies de los drenajes y desagües.

#### **1.4.17 Metales pesados**

Los metales pesados generados en aguas residuales son originados por actividades industriales como la construcción y metalurgia. El presente trabajo no analiza valores de metales pesados, pues se asume parámetros sugeridos para aguas residuales industriales establecidos en el código sanitario (NORMA CO 10.7-601, 1992) en el caso de ausencia de estudio de metales pesados. Así, para el diseño de la planta de tratamiento se sigue lo establecido en el Anexo 8.3 para límites máximos de descarga al sistema de alcantarillado.

### **1.5 Consideraciones ambientales**

Para mejorar las condiciones de salud y saneamiento en las zonas urbanas y rurales se requiere cumplir normas nacionales que garanticen el tratamiento de aguas servidas. De esta manera, considerando la conservación del medio ambiente y la protección de la salud pública es esencial un diseño hidráulico y planta de tratamiento de aguas residuales acorde al marco legal previamente establecido.

## **Capítulo II: Caracterización de las aguas residuales en el área de estudio**

### **2.1 Evaluación de la calidad del Agua residual**

A continuación, se presenta el análisis de la calidad de las aguas residuales descargadas por las tuberías sanitarias ubicadas en el subsuelo S4 del Edificio Hayek en el paseo San Francisco.

#### **2.1.1 Levantamiento in situ**

El objetivo del análisis de agua es caracterizar el agua residual presente en las actuales instalaciones y compararlo con los límites máximas permitidas que garantizan la protección al medio ambiente y la no afectación a la salud pública.

#### **2.1.2 Toma de muestras**

Para caracterizar las aguas residuales es necesario tomar muestras en puntos más representativas del drenaje con el fin de conocer los componentes tóxicos descargados por las actividades en los laboratorios. La toma de muestras debe seguir los procedimientos y recomendaciones de las siguientes normas:

1. Norma mexicana “Aguas Residuales” NMX-AA-003-1980
2. Norma Técnica Ecuatoriana 2169:2013 Agua. Calidad del agua. muestreo. manejo y conservación de muestra
3. Norma Técnica Ecuatoriana 2176:2013 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo

### 2.1.3 Cronograma de muestreo

Fecha de muestreo	Actividad
26 y 28 febrero del 2018	Toma de muestra en puntos representativos

Tabla 2: Cronograma de muestreo

## 2.2 Lugares de muestreo

### 2.2.1 Laboratorio de hormigón

El muestro se realizó en el drenaje del área de mezcla de hormigón y lavado, pues sus aguas residuales contienen grandes cantidades de sólidos, cemento y químicos (aditivos).



Figura 1: Drenaje laboratorio de hormigón

### 2.2.2 Laboratorio de Ingeniería mecánica

El muestreo de agua en el laboratorio de ingeniería mecánica se considera necesario ya que presenta contaminación de soldaduras, solventes, refrigerantes y metales pesados.

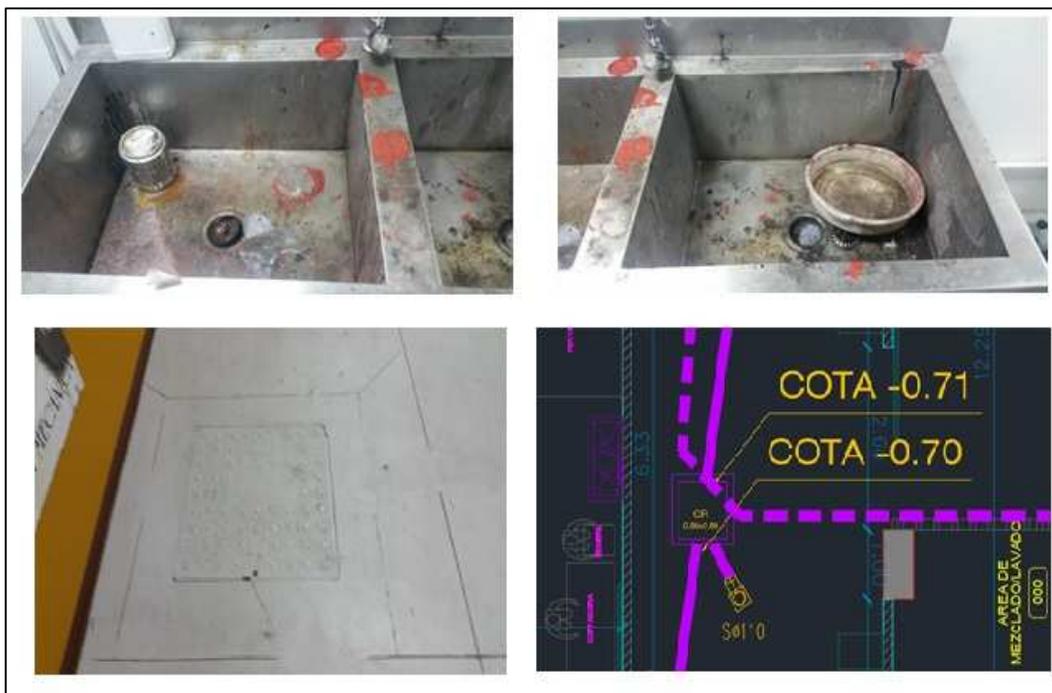


Figura 2: Desagües Laboratorio Ingeniería Mecánica e Ingeniería Civil

### 2.2.3 Trampa de grasas laboratorio S4

Se tomó muestras de la trampa de grasas dado que los planos sanitarios indican recolección de aguas residuales de varios puntos.

### 2.2.4 Doble trampa de grasas laboratorio de hormigones

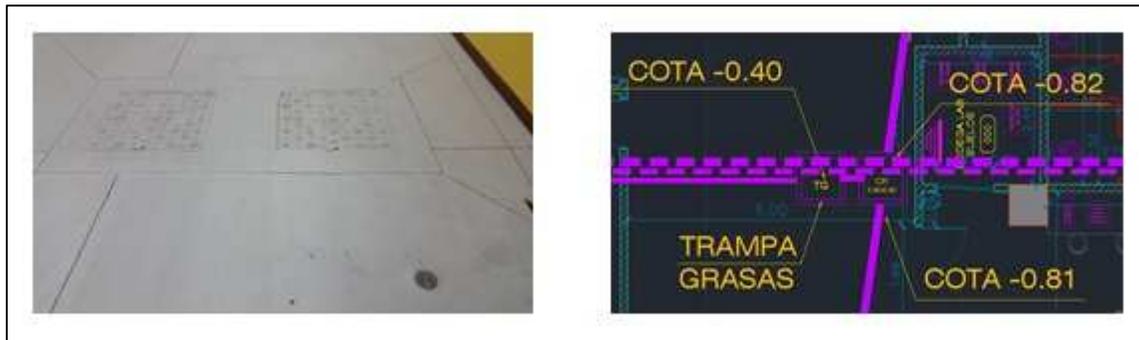


Figura 3: Laboratorio general y laboratorio de mecánica de suelos

### 2.2.5 Trampa de grasa parqueadero

Se caracterizó las aguas residuales de esta trampa de grasas ya que confluyen aguas residuales generadas por el paseo San Francisco y los laboratorios de Ingeniería Civil.

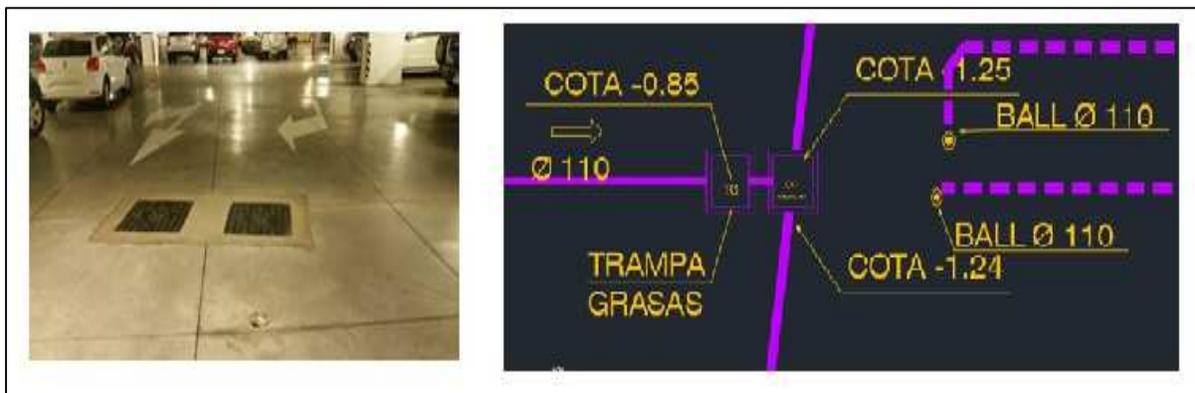


Figura 4: Trampa de grasas parqueadero S4

### 2.2.6 Albañal de descarga

Los albañales son elementos sanitarios que descargan las aguas residuales al alcantarillado público.

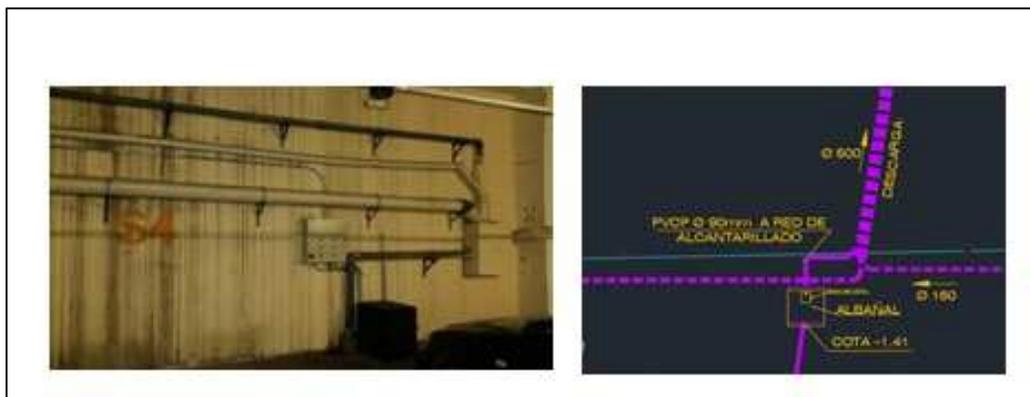


Figura 5: Albañal 1

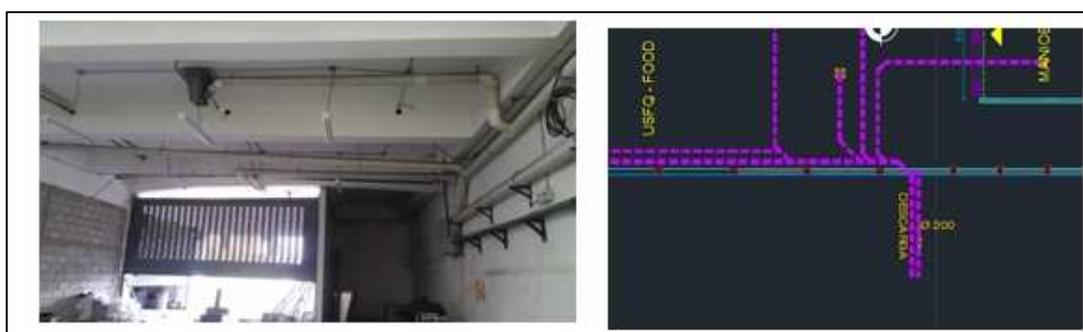


Figura 6: Albañal 2

## 2.3 Métodos de ensayos utilizados en muestreos

Los laboratorios de la universidad siguen los siguientes métodos de ensayos acorde a la Norma Técnica Ecuatoriana 2176:2013 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.

Parametros fisico-quimico					
Parametro	Unidad	Tecnica de preservacion	tiempo maximo	Comentarios	Metodo ensayo INEN
Demanda Biologica de Oxigeno (DBO, 5 días, 20 °C)	mg/l	Se enfría a 1 °C y 5 °C	24 h	LLENAR CONTENEDOR PARA EXCLUIR AIRE 1-5C	1202
Demanda quimica de oxigeno (DQO)	mg/l	Acidificar a pH 1 a 2 con H2SO4	1 mes		1203
pH	Adimensional	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	6h	La prueba debe llevarse a cabo tan pronto como sea posible	973
Sólidos disueltos	mg/l				
Solidos totales (residuos totales, extracto seco)	mg/l	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	24 h		
Turbidez	UNT	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	24	Preferiblemente llevar a cabo en el campo	

**Figura 7: Parámetros INEN 2176:2013**

Fuente: INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización)

## 2.4 Instrumentación de muestreo

Para realizar el muestreo in situ se procede utiliza los siguientes materiales:

- 10 Botellas de 1 litro de HDPE (High Density Polythelene) esterilizadas para análisis físico-químico
- 10 Recipientes esterilizados para examen bacteriológico
- Equipo de refrigeración para conservar muestras a menos de 5°C
- 1 Cronometro
- Cinta para etiquetar muestras
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla
- Mandil

## 2.5 Procedimiento de muestreo

1. Seleccionar los puntos de muestreo
2. Identificar las muestras con códigos
3. Limpiar lugar de muestreo para eliminar desechos sólidos que afecten la muestra
4. Introducir el recipiente catador de agua en los drenajes o pozos (trampas de grasa)
5. Colocar la muestra en botellas esterilizadas hasta obtener 1 L
6. Colocar las muestras en tanque de refrigeración para mantener a 4°C hasta llegar a laboratorio

## 2.6 Aforo de aguas residuales



Figura 8: Muestreo in situ

Al realizar muestras puntuales de las aguas residuales, se decidió que las horas de mayor caudal son los días lunes y miércoles a partir de las 14:30 acorde a previa inspección y al horario de clases de los laboratorios. De esta manera, el caudal se obtiene por medio del método volumétrico (Bermeo & Santin, 2010) donde se usa los recipientes de 1 litro destinados para los análisis físicos-químicos. Así, con un cronometro y el recipiente se registra el tiempo desde que el recipiente está vacío hasta que se llene por medio de la ecuación (1):

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}}$$

**Ecuación 1: Caudal aforo de muestras**

Donde Volumen está en litro y tiempo en segundos. Generando un Q (caudal) en litro/s.

Para estimar los consumos de aguas residuales se utiliza la ecuación (2).

$$\begin{aligned} \text{Descarga neta total} \left( \frac{\text{lt}}{\text{hab} - \text{dia}} \right) &= \frac{Q * t \text{ efectivo}}{\text{Número de estudiantes}} \\ &= \frac{Q * 3600 * 4}{\text{Número de estudiantes}} \end{aligned}$$

**Ecuación 2: Consumo AR Lt/hab/día**

Donde Q es el caudal en lt/s, Número de estudiantes por día y tiempo efectivo de uso diario de los laboratorios (4 horas/ día).

Por lo tanto, se generan los siguientes caudales de muestras puntales respectivamente a cada

fecha:

<b>Código</b>	<b>Localización</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha de recolección</b>	<b>Hora de recolección</b>	<b>Tiempo de recolección(min:seg)</b>	<b>tiempo en hrs</b>	<b>Q(l/s)</b>
<b>001</b>	Pasillo principal del laboratorio ubicado en el subsuelo S4	Laboratorio de hormigón 1 (Drenaje)	26/2/2018	4:05 p. m.	0:05:37	0.0936	0.00297
<b>002</b>	Pasillo principal del laboratorio ubicado en el subsuelo S4	Laboratorio de mecánica (Drenaje)	26/2/2018	4:10 p. m.	0:05:49	0.0969	0.00287
<b>003</b>	Pasillo principal del laboratorio ubicado en el subsuelo S4	Trampa de grasas laboratorio general 1	26/2/2018	4:20 p. m.	0:10:12	0.17	0.00163
<b>004</b>	Pasillo principal del laboratorio ubicado en el subsuelo S4	Trampa de grasas laboratorio general 2	26/2/2018	4:25 p. m.	0:05:28	0.0911	0.00305
<b>005</b>	Trampa de grasas ubicado entre salida de laboratorio S4 y parqueadero.	Trampa de grasas Parqueadero 1	26/2/2018	3:45 p. m.	0:03:19	0.0553	0.00502

**Tabla 3: Caudales de Aguas residuales del 26-feb-18**

Código	Localización	Nombre	Fecha de recolección	Hora de recolección	Tiempo de recolección(min:seg)	tiempo en hrs	Q(l/s)
001	Pasillo principal del laboratorio ubicado en el subsuelo S4	Laboratorio de hormigón 1 (Drenaje)	28/2/2018	3:35 p. m.	0:06:48	0.1133	0.00245
002	Pasillo principal del laboratorio ubicado en el subsuelo S4	Laboratorio de mecánica (Drenaje)	28/2/2018	3:45 p. m.	0:05:22	0.0894	0.00311
003	Pasillo principal del laboratorio ubicado en el subsuelo S4	Trampa de grasas laboratorio general 1	28/2/2018	3:10 p. m.	0:13:22	0.2228	0.00125
004	Pasillo principal del laboratorio ubicado en el subsuelo S4	Trampa de grasas laboratorio general 2	28/2/2018	3:20 p. m.	0:06:23	0.1064	0.00261
005	Trampa de grasas ubicado entre salida de laboratorio S4 y parqueadero.	Trampa de grasas Parqueadero 1	28/2/2018	2:30 p. m.	0:04:19	0.0719	0.00386

Tabla 4: Caudales de Aguas residuales del 28-feb-18

Las anteriores tablas detallan muestras puntuales dado que se necesita conocer información en un punto en específico del drenaje.

A continuación, se detalla la variación de caudal en las dos fechas de muestreo:

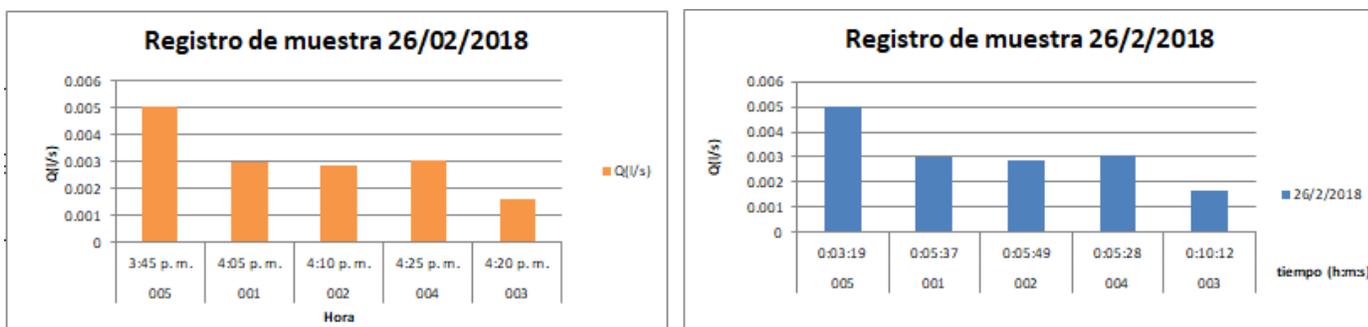


Figura 9: Variaciones de Caudales de varias muestras puntuales 26-feb-2018

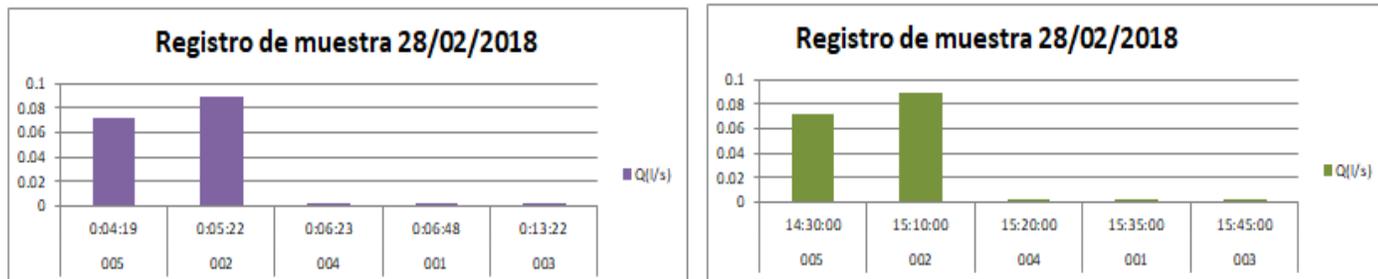


Figura 10: Variaciones de Caudales de varias muestras puntuales 28-feb-2018

Por otro lado, se muestra la variación de caudal a horas pico.

Fecha	Código	Hora	Q(l/s)	Qpromedio (l/s)
28/2/2018	001	3:35 p. m.	0.00245	0.00271
26/2/2018	001	4:05 p. m.	0.00297	

Tabla 5: Horas Pico

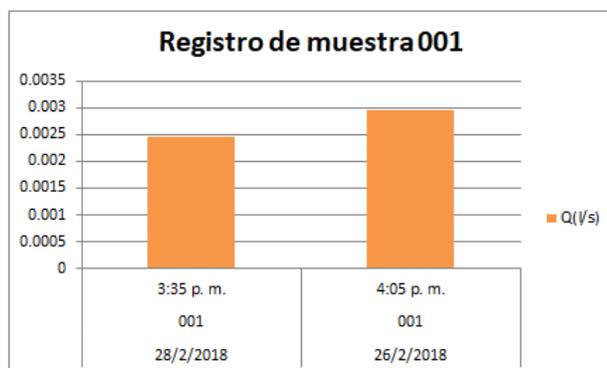


Figura 11: Variación Caudal Muestra 001

Fecha	Código	Hora	Q(l/s)	Qpromedio (l/s)
28/2/2018	002	3:45 p. m.	0.00311	0.00299
26/2/2018	002	4:10 p. m.	0.00287	

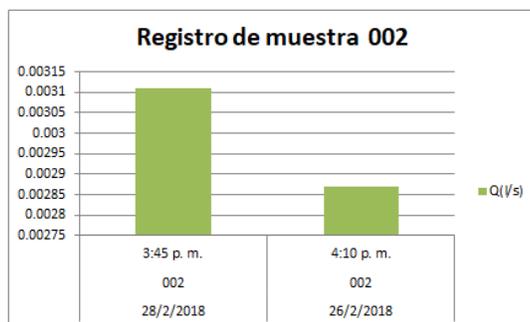


Figura 12: Variación Caudal Muestra 002

Fecha	Código	Hora	Q(l/s)	Qpromedio (l/s)
28/2/2018	003	3:10 p. m.	0.00125	0.00144
26/2/2018	003	4:20 p. m.	0.00163	

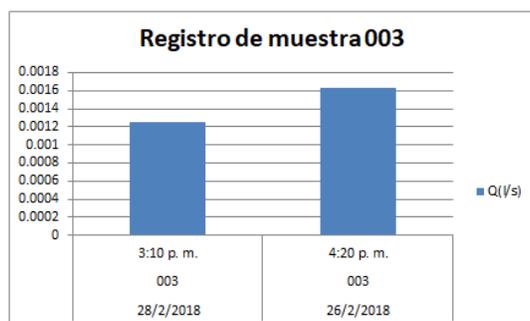


Figura 13: Variación Caudal Muestra 003

Fecha	Código	Hora	Q(l/s)	Qpromedio (l/s)
28/2/2018	004	3:20 p. m.	0.00261	0.00283
26/2/2018	004	4:25 p. m.	0.00305	

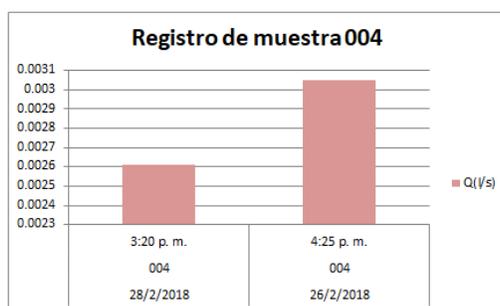


Figura 14: Variación Caudal Muestra 004

Fecha	Código	Hora	Q(l/s)	Qpromedio (l/s)
26/2/2018	005	2:30:00 p. m.	0.00502	0.00444
28/2/2018	005	3:45:00 p. m.	0.00386	

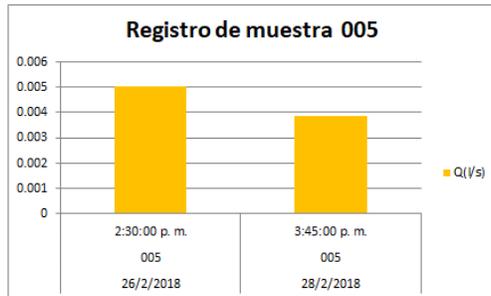


Figura 15: Variación Caudal Muestra 005

## 2.7 Producción Promedio de aguas residuales.

Acorde a los registros de inscripción de estudiantes del Banner USFQ para ingeniería civil y mecánica, se determinó la descarga total de agua residual por estudiantes al día que utilizan los laboratorios.

Utilizando la ecuación (2) se estima la descarga neta total para cada punto. Se utiliza un tiempo efectivo de cuatro horas ya que los laboratorios tienen mayores funciones en la tarde durante ese periodo de tiempo.

Luego se suma el aporte de descarga de cada punto de cada día para obtener un promedio de descarga per cápita.

En las siguientes tablas se detalla los consumos para cada punto del drenaje y su respectivo promedio de descarga neta total promedio.

	<b>Estudiantes</b>	
<b>Fecha</b>	29	
26-feb-18	<b>Caudal</b>	<b>Descarga neta total</b>
<b>Nombre Muestra</b>	(l/s)	(L/hab/día)
001	0.00297	1.475
002	0.00287	1.425
003	0.00163	0.809
004	0.00305	1.514
005	0.00502	2.493
<b>Total</b>	0.01554	7.716

**Tabla 6: Descarga neta de Aguas residuales 26-feb-18**

	<b>Estudiantes</b>	
<b>Fecha</b>	29	
28-feb-18	<b>Caudal</b>	<b>Descarga neta total</b>
<b>Nombre Muestra</b>	(l/s)	(L/hab/día)
001	0.00245	1.217
002	0.00311	1.544
003	0.00125	0.621
004	0.00261	1.296
005	0.00386	1.917
<b>Total</b>	0.01328	6.594

**Tabla 7: Descarga neta de Aguas residuales 28-feb-18**

	<b>Estudiantes</b>	
<b>Promedio de descarga de puntos</b>	29	
	<b>Caudal</b>	<b>Descarga neta total</b>
<b>Nombre Muestra</b>	(l/s)	(L/hab/día)
001	0.00271	1.35
002	0.00299	1.49
003	0.00144	0.72
004	0.00283	1.41
005	0.00444	2.21
<b>Total</b>	0.01441	7.16

**Tabla 8: Descarga neta promedio por punto de muestreo**

Fecha	Caudal promedio (l/s)	Descarga neta total promedio (L/hab/día)
26-feb-18	0.01554	7.716
28-feb-18	0.01328	6.594
Total	0.01441	7.16

**Tabla 9: Descarga neta total Promedio**

## **2.8 Resultados de análisis de calidad del agua residual**

### **2.8.1 Análisis de aforo**

Los resultados obtenidos siguieron el procedimiento sugerido por el Código Ecuatoriano de parte IX Obras sanitarias y normas para estudio y diseño de sistema de agua potable, donde establece realizar muestras compuestas o puntuales de análisis de aguas residuales según el criterio del profesional sanitario. De esta manera, se eligió tomar muestras puntuales en base a los planos sanitarios del Edificio Hayek e inspección de campo, dado que se observa que existen 5 puntos de contaminación al alcantarillado público y privado generado por los laboratorios. La inspección de campo permite corroborar que las horas pico de mayor uso suscitan los días lunes y miércoles a partir de las 14: 30 pm dado que según los horarios de la USFQ y profesores de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica los estudiantes realizan la mayor parte de las prácticas de laboratorio. Por lo tanto, al observar visualmente la presencia de caudal marginal fuera de estas horas, se decide tomar muestras puntuales los días lunes y miércoles a partir de las 14:30 que son los horarios de mayor caudal.

El aforo de los puntos de muestra se realiza acorde al cronograma previamente establecido, donde se observa que los 5 puntos de contaminación de agua residual presentan altos

contenidos de óxidos generados por los laboratorios de ingeniería mecánica y partículas sólidas generadas por los laboratorios de Ingeniería Civil. Así, para realizar el muestreo fue necesario de permisos otorgados por el Paseo San Francisco y Docentes encargados de los laboratorios. Se utilizó equipo de laboratorio con el fin de prevenir la contaminación química y bacterial. Los recipientes de HDPE fueron colocados manualmente en los drenajes con el fin de obtener agua residual para los análisis de laboratorio y estimar por método volumétrico sus respectivos caudales.

El aforo de los caudales fue estimado a través del método volumétrico, el cual usa la ecuación (2) en sus respectivas unidades. El caudal fue tomado por medio de un cronometro y recipiente destinado para el análisis físico-químico. De esta medición, se genera la tabla 6 y 7 de consumo de aguas residuales, la cual depende del número promedio al día de 29 estudiantes de Ingeniería civil y Mecánica que utilizan los laboratorios de hormigones, suelos, mecanizados y soldadura.

Es importante señalar que para la estimación de la descarga neta total de agua residual se considera que los caudales obtenidos en las tablas 3 y 4 son valores generados para 29 estudiantes que utilizan los laboratorios cada día en su descarga máxima a partir de las 14:30. Finalmente, para estimar un aforo de caudales y consumos netos promedios se genera la tabla 7, la cual considera la suma de los caudales parciales tomados por puntos según los días registrados, con el fin de obtener un promedio general de caudal y consumo que será utilizado para el diseño hidráulico de la planta de tratamiento de aguas.

## 2.9 Análisis de laboratorio

		Codigo: 001- laboratorio de hormigón		
		Fecha		Promedio
Parámetros Fisico-	Unidades	26/2/2018	28/2/2018	
pH	-	11.05	12.44	11.745
Conductividad (us/cm)	( $\mu S/cm$ )	345.5	1383	864.25
OD (mg/L)	(mg/L)	4.13	4.46	4.295
Turbidez (NTU)	(NTU)	2761	263	1512
TSS (g)	g	0.119	0.0243	0.07165
VSS (g)	g	0.098	0.094	0.096
Parámetros Biológicos				
DQO (mg/L)	mg/l	2401.9	2935.7	2668.8
DBO5 (mg/L)	mg/l	0	0	0
Coliformes totales	UFC/100ml	2.1	1.9	2
Coliformes fecales E.coli	UFC/100 ml	0	0	0

Figura 16: Resultados laboratorio de hormigón 1 C:001

		Codigo: 002 Laboratorio de ing. mecanica		
		Fecha		Promedio
Parámetros Fisico-	Unidades	26/2/2018	28/2/2018	
pH	-	7.17	7.11	7.14
Conductividad (us/cm)	( $\mu S/cm$ )	205.6	205	205.3
OD (mg/L)	(mg/L)	4.8	4.7	4.75
Turbidez (NTU)	(NTU)	8.34	9.12	8.73
TSS (g)	g	0.0096	0.01	0.0098
VSS (g)	g	0.0726	0.0721	0.07235
Parámetros Biológicos				
DQO (mg/L)	mg/l	743.17	793.28	768.225
DBO5 (mg/L)	mg/l	80.4	80.4	80.4
Coliformes totales	UFC/100ml	0	0	0
Coliformes fecales E.coli	UFC/100 ml	0	0	0

Figura 17: Resultados laboratorio Ing. Mecanica C:002

		Codigo: 003 Trampa de grasas laboratorio general		
		Fecha		Promedio
Parámetros Fisico-Quimico	Unidades	26/2/2018	28/2/2018	
pH	-	6.99	6.97	6.98
Conductividad (us/cm)	( $\mu S/cm$ )	63.24	63.27	63.255
OD (mg/L)	(mg/L)	3.38	3.28	3.33
Turbidez (NTU)	(NTU)	2.74	2.5	2.62
TSS (g)	g	0.59215	0.5706	0.581375
VSS (g)	g	0.157	0.46	0.3085
<b>Parámetros Biologicos</b>				
DQO (mg/L)	mg/l	257.2	1411.2	834.2
DBO5 (mg/L)	mg/l	0	0	0
Coliformes totales	UFC/100ml	3.8	6.2	5
Coliformes fecales E.coli	UFC/100 ml	0	0	0

Figura 18: Resultados trampa de grasas 1 C:003

		Codigo: 004 Trampa de grasas laboratorio general 2		
		Fecha		Promedio
Parámetros Fisico-Quimico	Unidades	26/2/2018	28/2/2018	
pH	-	7.715	7.355	7.535
Conductividad (us/cm)	( $\mu S/cm$ )	335.03	306.75	320.89
OD (mg/L)	(mg/L)	3.825	5.1	4.4625
Turbidez (NTU)	(NTU)	2.56	1.825	2.1925
TSS (g)	g	0.0613	0.0076	0.03445
VSS (g)	g	0.00775	0.0622	0.034975
<b>Parámetros Biologicos</b>				
DQO (mg/L)	mg/l	166.81	170.82	168.815
DBO5 (mg/L)	mg/l	0	0	0
Coliformes totales	UFC/100ml	0	0.45	0.4545
Coliformes fecales E.coli	UFC/100 ml	0	0.49	0.49

Figura 19: Resultados trampa de grasas 2 C:004

		Codigo: 005 Trampa de grasas Parquedero 1		
		Fecha		Promedio
Parámetros Físico-Químico	Unidades	26/2/2018	28/2/2018	
pH	-	7	7.94	7.47
Conductividad (us/cm)	( $\mu S/cm$ )	247.2	215.1	231.15
OD (mg/L)	(mg/L)	6.01	4.44	5.225
Turbidez (NTU)	(NTU)	44.9	242	143.45
TSS (g)	g	0.405	0.5727	0.48885
VSS (g)	g	0.45	0.1995	0.32475
Parámetros Biológicos				
DQO (mg/L)	mg/l	854	934.1	894.05
DBO5 (mg/L)	mg/l	50.3	20.1	35.2
Coliformes totales	UFC/100ml	0	2.8	2.8
Coliformes fecales E.coli	UFC/100 ml	0	0	0

Figura 20: Resultados trampa de grasas parqueadero 1 C:005

Parámetros Físico-Químico	Unidades	Promedio	Parametros maximos permitidos	Calificación
pH	-	6.81	5-9 pH	Cumple
Conductividad (us/cm)	( $\mu S/cm$ )	280.81	Max 1500	Cumple
OD (mg/L)	(mg/L)	3.68	3-6 OD	Cumple
Turbidez (NTU)	(NTU)	278.17	Max 180	No cumple
TSS (g)	g	0.20	Max 0.2	Cumple
VSS (g)	g	0.14	Max 0.2	Cumple
Parámetros Biológicos				
DQO (mg/L)	mg/l	889.02	Max 500	No cumple
DBO5 (mg/L)	mg/l	38.53	Max 250	Cumple
Coliformes totales	UFC/100ml	2.05	Tratamiento con método Conveccional utilizando Sedimentacion	Tratamiento
Coliformes fecales E.coli	UFC/100 ml	0.49	Tratamiento con método Conveccional utilizando Sedimentacion	Tratamiento

Figura 21: Resultados de laboratorio generados por el laboratorio de Ingeniera Ambiental USFQ.

Fuente: NORMA CO 10.7-601. (1992) y la tabla 8: límites de descarga al sistema de alcantarillado público del anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente

Los resultados de laboratorio para las cinco muestras tomadas el 26-02-2018 y 28-02-2018 son comparados con los límites máximos permisibles para alcantarillado publico sujeto al

Anexo 8.3 que contiene la tabla X.19: Límites para descargas de efluentes industriales a sistemas de alcantarillado de público regido por la NORMA CO 10.7-601. (1992) y la tabla 8: límites de descarga al sistema de alcantarillado público del anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente

Las muestras tenían una temperatura promedio de 20.75 °C, así también los resultados indican valores de pH para las muestras 002, 003, 004 y 005 cuyos valores están dentro de los parámetros permisibles de 5-9 con un promedio de 7 asociado a un pH neutro, pero las muestras asociadas a los laboratorios de hormigón exponen valores entre 11 y 12 asociado a aguas alcalinas, lo cual es generado por la alta concentración de óxido de calcio y carbonato de calcio provenientes de las mezclas de hormigón. Estos valores generan capas de sedimentos en las tuberías que obstruyen la circulación normal. De igual manera, estos valores incrementan la dureza del agua. Así, el laboratorio de hormigones afecta las tuberías sanitarias y ecosistemas presente aguas abajo del alcantarillado público ya que los organismos vivos requieren un nivel entre 6 y 9. Por lo tanto, para reducir los niveles de alcalinidad en una planta de tratamiento limitada de área de construcción, se sugiere la utilización de electrocoagulación ya que este disminuye la alcalinidad, mejora las remociones de turbiedad y DBO5 (Morales, 2015).

Los valores de conductividad oscilan entre 63 y 1383 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) con un promedio de 280.81 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), dichos valores están asociados a la temperatura del agua. Así, el límite máximo es de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Por lo tanto, las muestras cumplen con la legislación ambiental. Por otro lado, los valores de oxígeno disuelto oscilan entre 3 y 6 mg/lit con un promedio de 3.68 mg/lit. Este valor es crítico de controlar ya que se puede producir malos olores ya que fluye lentamente con tiempos mayores a las 24 hrs, afectando el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas. Los valores aceptables sugieren un valor mínimo de 3 mg/lit (Ministerio del Ambiente, 2015), dicho

parámetro es cumplido por la normativa ambiental. Para incrementar el valor de oxígeno disuelto se necesitan bombas de succión para generar turbulencia en el agua permitiendo que el oxígeno del aire se disuelva en el agua residual, este mecanismo promueve la eficiencia del Sistema de depuración de aguas y reducción de olores.

La turbidez es un parámetro que indica lo claro o turbio que puede estar el agua. Típicamente el agua clara tiene niveles bajos de turbidez y el agua con turbidez alta presenta gran cantidad de sólidos, estos sólidos generan un agua lodosa. El promedio de turbidez es de 278.17 UTN asociado a gran cantidad de partículas en suspensión con aspecto lodoso. El tratamiento sugiere el uso de electrocoagulación y floculación con el fin de agrupar todas las partículas en flóculos de gran tamaño fácilmente tratables.

Los sólidos suspendidos totales promedio es de 200 mg/l valor que está dentro del límite permitido de 200 mg/l. Este parámetro está compuesto por material orgánico e inorgánico, se puede disminuir la concentración de sólidos suspendidos a través de procesos de sedimentación y tanques de homogenización. De igual manera, el promedio generado por los laboratorios de sólidos suspendidos volátiles es de 140 mg/l que se encuentra dentro de los parámetros permitidos de 200 mg/l.

La demanda química de oxígeno muestra la cantidad de oxígeno disuelto que consume en la oxidación química de toda la materia, el DQO promedio obtenido es de 889 mg/l, valor que excede el permitido de 500 mg/l. El valor obtenido muestra el grado de contaminación de materia biodegradable y química. El DBO5 promedio es de 38.53 mg/l menor al límite permitido de 250 mg/l.

La medida de biodegradabilidad es expresada en la relación:

$$K = \frac{DBO5}{DQO} = 0.043$$

**Ecuación 3: Medida de biodegradabilidad**

Acorde a la escala desarrolla por (Krammer, 2010) establece que la relación DBO5/DQO superior a 0.6 es vertido orgánico o domestica de 0.6 a 0.2 Vertidos de industrias químicas y farmacéuticas y menores a 0.2 es vertido orgánico de proceso industriales como construcción o metalurgia. Esta medida muestra que el grado de contaminación es toxico perteneciente a procesos industriales, hay una fuerte presencia de materia oxidable no biodegradable. Los sistemas biológicos no son efectivos se requiere sistemas mecanizados como, el sistema de electrocoagulación que permite incrementar los valores de biodegradabilidad y tratarlos con sistemas de bio-filtros aerobios.

Dentro del parámetro bacteriológico indica presencia de coliformes de 2.05 UFC/100ml y coliformes fecales E-coli de 0.49 UFC/100 ml, ubicándose dentro de la categoría de utilización de métodos convencionales de tratamiento como la sedimentación (Rock & Rivera , 2014)

## Capítulo III: Re-diseño hidráulico de las tuberías sanitarias hacia la planta de tratamiento de aguas residuales

### 3.1 Estimación de la población estudiantil futura

La población estudiantil de ingeniería civil y mecánica futura es calculada por medio de estudiantes registrados en el Banner USFQ según la siguiente tabla 10:

Detalles	Número de estudiantes											
	ene- may 2013	ago- dic 2013	ene- may 2014	ago- dic 2014	ene- may 2015	ago- dic 2015	ene- may 2016	ago- dici 2016	ene- may 2017	ago- dici 2017	ene- may 2018	ago- dici 2018
Año		2013		2014		2015		2016		2017		2018
Laboratorio de hormigones	15	0	0	25	16	12	12	10	16	31	31	31
Laboratorio de mecánica de suelos	0	20	16	11	14	13	0	11	23	34	21	34
taller Mecánico-mecanizado	7	27	8	42	13	49	25	45	47	50	15	52
Taller mecánico-soldadura	25	6	19	6	38	5	39	23	46	35	52	54
<b>Total Semestral</b>	47	53	43	84	81	79	76	89	132	150	119	171
<b>Total anual</b>		100		127		160		165		282		290

Tabla 10: Número de estudiantes según Banner USFQ

Estudiantes por Clase	Año					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Laboratorio de hormigones	15	25	28	22	47	62
Laboratorio de mecánica de suelos	20	27	27	11	57	55
taller Mecánico-mecanizado	34	50	62	70	97	67
Taller mecánico-soldadura	31	25	43	62	81	106
<b>Total</b>	100	127	160	165	282	290

**Tabla 11: Resumen Población estudiantil 2013-2018**

Por lo tanto, en base a los valores estudiantiles reales para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales se debe estimar la población por medio de al menos tres métodos matemáticos para un periodo de diseño de 20 años según Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras sanitarias.

Además, la estimación de población estudiantil futura depende de los siguientes parámetros: capacidad de los laboratorios y espacio confortable de trabajo para cada estudiante. Así, la capacidad de cada laboratorio está dada por el espacio y calidad pedagógica. Dichos valores de capacidad son obtenidos a través de la capacidad máxima de cupos disponibles por clase de cada laboratorio mostrado en el Banner USFQ.

La capacidad máxima de los laboratorios está en función que un docente universitario a tiempo completo debe trabajar 8 hrs de las cuales 4 hrs imparte clases según la Ley Orgánica de Educación superior vigente desde el 6 de octubre del 2010. Así, se asume que cada aula será utilizada como máxima cuatro veces (cuatro horas) por día de lunes a viernes. Estos parámetros generan una capacidad máxima por día detallada la tabla 14. De igual manera, según el Ministerio de empleo y seguridad social de España (MESS, 2010) se recomienda ofrecer condiciones

adecuadas de trabajo a las personas con un espacio laboral de mínimo 2 m<sup>2</sup>. En el caso se laboratorio se sugiere aumentar un 30% de espacio generando 2.6 m<sup>2</sup>. Lo cual reduce máximo el 70% de su capacidad cada laboratorio por condiciones de confort y seguridad.

Por lo tanto, para limitar el crecimiento de estudiantes en función de la capacidad de los laboratorios se asume tasas de matriculación futuras que limite el crecimiento poblacional. Dichas tasas son obtenidas a través de la iteración de porcentajes que varían cada 5 años con el fin de no exceder el 70% de capacidad de los laboratorios.

A continuación, se detalla los métodos de estimación poblacional:

### 3.1.1 Método lineal

$$Ka = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci}$$

**Ecuación 4: Pendiente Método lineal**

En donde:

ka= pendiente de la recta

Puc=población de último censo

Tuc= año de último censo

Pci= Población del censo inicial

Tci= año del censo inicial

$$Pf = Puc + Ka * Tm * (Tf - Tuc)$$

**Ecuación 5: Método Lineal**

Dónde:

Pf= población proyectada

Tf= año de la proyección

Tm= Tasa de matriculación

### 3.1.2 Método Geométrico

$$Pf = Puc(1 + r * Tm)^{Tf - Tuc}$$

**Ecuación 6: Método Geométrico**

**Tasa de crecimiento anual:**

$$r = \left(\frac{Puc}{Pci}\right)^{\left(\frac{1}{Tuc-Tci}\right)} - 1$$

**Ecuación 7: Tasa crecimiento Método Geométrico****3.1.3 Método Logarítmico**

$$Pf = Pci * e^{Kg * Tm * (Tf - Tci)}$$

**Ecuación 8: Método Logarítmico****Tasa Crecimiento Promedio:**

$$Kg = \frac{\ln Pcp - \ln Pca}{Tcp - Tca}$$

**Ecuación 9: Tasa crecimiento Promedio**

En la siguiente tabla se detalla la capacidad máxima de los laboratorios del s4:

Capacidad	Numero Laboratorios	Clases por día	Estudiantes por clase	Estudiantes por día	% porcentaje
Laboratorio de hormigones	1	4	15	60	32.60%
Laboratorio de mecánica de suelos	1	4	15	60	32.60%
Taller Mecánico-mecanizado	1	4	8	32	17.40%
Taller Mecánico-soldadura	1	4	8	32	17.40%
<b>Total</b>				184	100.00%

**Tabla 12: Capacidad Máxima de Laboratorios**

La tasa de matriculación de Ingeniería civil y Mecánica es hallada por iteración con el fin de no exceder el 70% de la capacidad máxima de los laboratorios.

Tasa de matriculación (Tm)	
k 2019-2023	0.7
k 2024-2028	0.6
K 2029-2033	0.5
K 2034-2039	0.4

**Tabla 13: Tasa de matriculación estudiantil futura**

Con los métodos de cálculo de población y tasa de matriculación se estima la población futura en base al año base de planificación 2018. Luego se promedia los valores estimados por cada método con el fin de generar un valor aproximado del crecimiento estudiantil. El crecimiento estudiantil se muestra en las siguientes figuras:

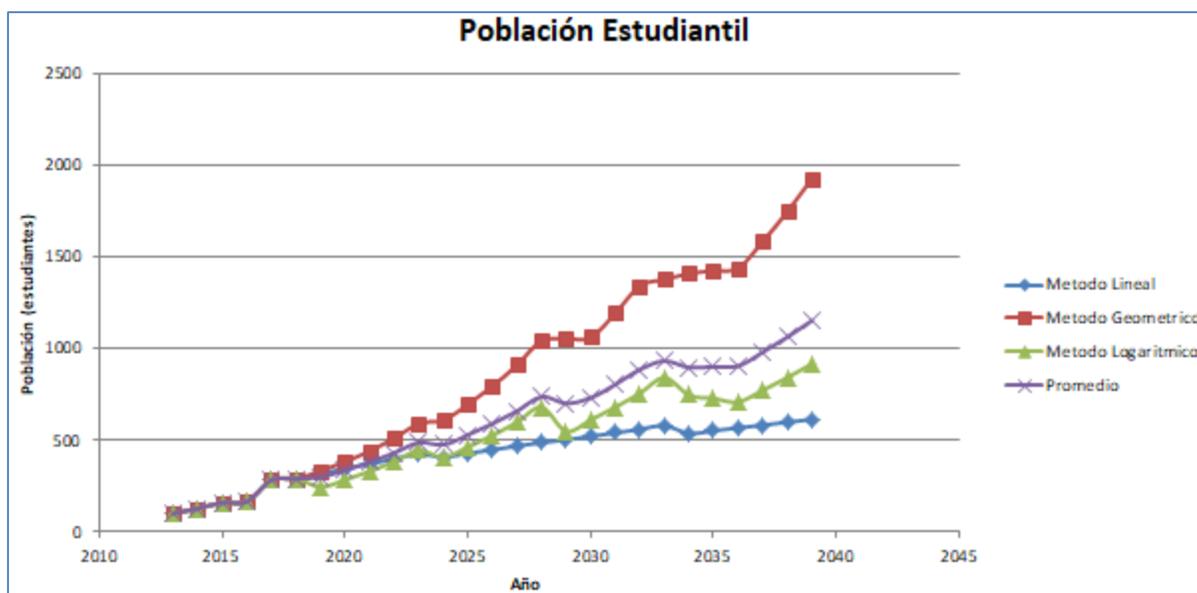


Figura 22: Gráficos de estimación poblacional estudiantil

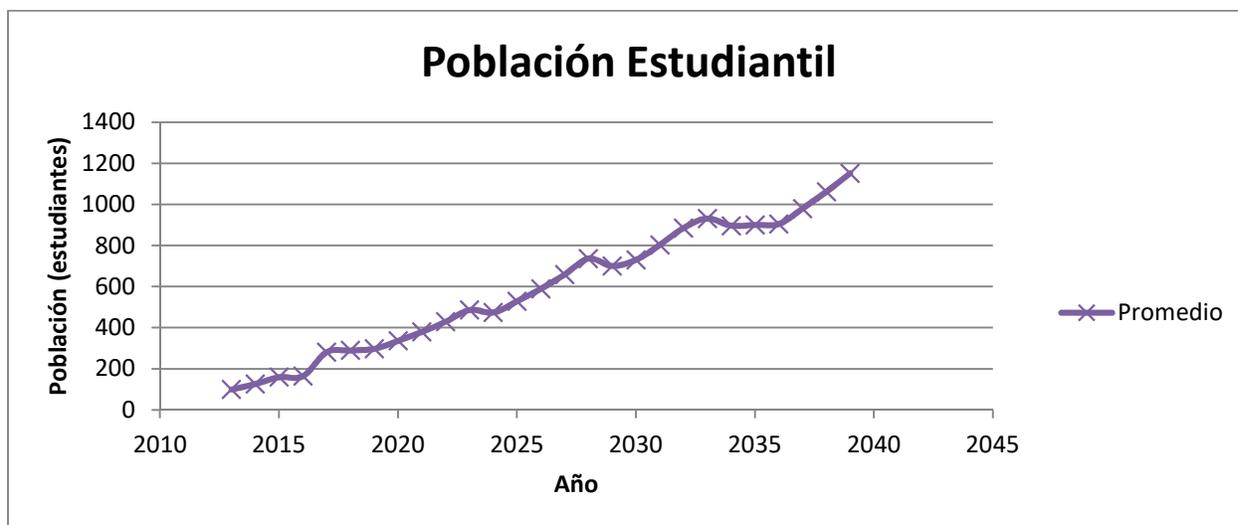


Figura 23: Crecimiento estudiantil promedio

Las figuras 22 y 23 son obtenidas por las siguientes tablas:

<b>Año</b>	<b>Estudiantes</b>
<b>2013</b>	100
<b>2014</b>	127
<b>2015</b>	160
<b>2016</b>	165
<b>2017</b>	282
<b>2018</b>	290

**Tabla 14: Población Estudiantil Banner USFQ**

<b>Año</b>	<b>Estudiantes</b>			
	<b>Método Lineal</b>	<b>Método Geométrico</b>	<b>Método Logarítmico</b>	<b>Promedio</b>
<b>2019</b>	317	332	245	298
<b>2020</b>	344	382	284	337
<b>2021</b>	371	440	330	380
<b>2022</b>	398	510	382	430
<b>2023</b>	425	591	444	487
<b>2024</b>	408	610	408	475
<b>2025</b>	428	695	463	529
<b>2026</b>	448	795	526	590
<b>2027</b>	468	910	598	659
<b>2028</b>	487	1043	680	737
<b>2029</b>	502	1052	549	701
<b>2030</b>	521	1061	611	731
<b>2031</b>	540	1193	680	804
<b>2032</b>	560	1342	756	886
<b>2033</b>	579	1376	841	932
<b>2034</b>	537	1409	746	897
<b>2035</b>	552	1424	728	901
<b>2036</b>	567	1438	709	905
<b>2037</b>	583	1584	772	980
<b>2038</b>	598	1746	841	1062
<b>2039</b>	614	1926	916	1152

**Tabla 15: Métodos de Estimación Poblacional**

Proyecciones de la capacidad de los laboratorios del S4 que no exceda el 70% de capacidad actual de los laboratorios dentro de un periodo de diseño de 20 años.

<b>Año</b>	<b>Estudiantes por día</b>	<b>% capacidad</b>
2013	10	5%
2014	13	7%
2015	16	9%
2016	17	9%
2017	28	15%
2018	29	16%
2019	30	16%
2020	34	18%
2021	38	21%
2022	43	23%
2023	49	27%
2024	48	26%
2025	53	29%
2026	59	32%
2027	66	36%
2028	74	40%
2029	70	38%
2030	73	40%
2031	80	43%
2032	89	48%
2033	93	51%
2034	90	49%
2035	90	49%
2036	91	49%
2037	98	53%
2038	106	58%
2039	115	63%

Tabla 16: Capacidad que no exceda el 70% de capacidad actual de laboratorio

## 3.2 Caudales de diseño

Acorde al aforo de aguas residuales se halla que la descarga neta es de 7.16 L/hab/día mismo que fue determinado por el método volumétrico para un tiempo efectivo de cuatro horas de funcionamiento por día (López, 2003).

$$Descarga\ neta\ total\ \left(\frac{lt}{hab-día}\right) = \frac{Q * t\ efectivo}{P} = \frac{Q * 3600 * 4}{P}$$

**Ecuación 10: Descarga Neta**

Donde Q es el caudal asociado a un punto de muestra en lt/s y p es la población de estudiantes al día.

El caudal promedio se estima asumiendo una distribución de flujo continuo diario donde la descarga total generada en el tiempo efectivo de cuatro horas.

$$Q_{promedio\ consumo} = \frac{\sum_{i=1}^5 Di * P}{3600 * 4}$$

**Ecuación 11: Descarga Promedio**

Donde Di es la suma de descarga neta de cada punto de muestra en lt/día/hab y P es la población estudiantil diaria.

### 3.2.1 Caudal máximo diario de descarga de agua residual

La demanda generada en un día del año representa el día de mayor consumo en el año se obtiene a través de la siguiente expresión (López, 2003).

$$Q_{max\ diario} = K_1 \times Q_{promedio}$$

**Ecuación 12: Q máximo Diario**

Donde k1 y k2 son coeficientes de mayoración dado por:

$$K_1 = 180t^{-0.1} : K_2 = \text{valor entre 1.2} - 1.5$$

Dónde:

t: número de días o 1/24 para máximo por hora

K2: valores promedio de 1.35 (López, 2003)

### 3.2.2 Caudal máximo semanal de descarga de agua residual

La demanda generada en una semana de mayor consumo en el año se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$Q_{\text{max semanal}} = k_1(\text{semanal}) \times Q_{\text{promedio}}$$

Ecuación 13: Caudal máximo Semanal

### 3.2.3 Caudal máximo mensual de descarga de agua residual

La demanda generada en un mes de mayor consumo en el año se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$Q_{\text{max mensual}} = K_1(\text{mensual}) \times Q_{\text{promedio}}$$

Ecuación 14: Caudal Máximo Mensual

### 3.2.4 Caudal máximo por hora de descarga de agua residual

Al considerar que el centro comercial cumple con las normas hidráulicas previamente mencionadas y al ser un sistema sanitario en conjunto previamente diseñado por expertos hidráulicos se considera que la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo es:

$$Q_{\text{maximo horario}} = K_1 * K_2 * Q_{\text{medio diario}}$$

**Ecuación 15: Caudal Máximo horario**

### 3.2.5 Caudal mínimo por hora de descarga de agua

Es la demanda mínima que se presenta en una hora durante un año completo:

$$Q_{\text{minimo horario}} = (25 - 50\%)Q_{\text{medio diario}} = 37.5\% * Q_{\text{medio diario}}$$

**Ecuación 16: Caudal mínimo horario**

### 3.2.6 Caudal por infiltración

Este caudal es producido por la entrada de agua que se encuentra por debajo del nivel freático del suelo. En este caso el Caudal de infiltración será cero ya que no hay nivel freático la estructura en el hormigón armado. (López, 2003)

$$Q_{\text{infiltración}} = 0$$

**Ecuación 17: Caudal por infiltración**

### 3.2.7 Caudal de conexiones erradas:

El aporte de caudal es dado por conexiones clandestinas al alcantarillado. En esta caso, al poseer planos hidráulicos y al ser un centro comercial sujeto a las normas municipales se considera que no hay conexiones ilícitas (López, 2003)

$$Q_{\text{ilicidas}} = 0$$

**Ecuación 18: Caudal de conexiones ilícitas**

### 3.2.8 Caudal Promedio

El caudal promedio para instalaciones sanitarias se obtiene a través de los siguientes caudales que utilizan las ecuaciones (11) y (12):

$$Q_{\text{promedio}} = Q_{\text{promedio descarga}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{errada}}$$

**Ecuación 19: Caudal de descarga Promedio**

A continuación, se detalla la descarga neta total de aguas residuales:

Año	Población estudiantil al año	Población estudiantil al día	$\Delta$ Pob total%	$\Delta$ Descarga Total %	Descarga neta total(L/hab-día)	Flujo Neto (L/día)	Qpromedio de descarga (L/s)
2018	290	29	-	-	7.16	207.64	0.014
2019	298	30	2.76%	0.28%	7.18	215.39	0.015
2020	337	34	13.09%	1.31%	7.27	247.31	0.017
2021	380	38	12.76%	1.28%	7.37	279.93	0.019
2022	430	43	13.16%	1.32%	7.46	320.93	0.022
2023	487	49	13.26%	1.33%	7.56	370.56	0.026
2024	475	48	-2.46%	-0.25%	7.54	362.1	0.025
2025	529	53	11.37%	1.14%	7.63	404.36	0.028
2026	590	59	11.53%	1.15%	7.72	455.33	0.032
2027	659	66	11.69%	1.17%	7.81	515.31	0.036
2028	737	74	11.84%	1.18%	7.90	584.61	0.041
2029	701	70	-4.88%	-0.49%	7.86	550.31	0.038
2030	731	73	4.28%	0.43%	7.90	576.35	0.040
2031	804	80	9.99%	1.00%	7.97	637.92	0.044
2032	886	89	10.20%	1.02%	8.06	716.93	0.050
2033	932	93	5.19%	0.52%	8.10	753.04	0.052
2034	897	90	-3.76%	-0.38%	8.07	726.01	0.050
2035	901	90	0.45%	0.04%	8.07	726.34	0.050
2036	905	91	0.44%	0.04%	8.07	734.73	0.051
2037	980	98	8.29%	0.83%	8.14	797.81	0.055
2038	1062	106	8.37%	0.84%	8.21	870.16	0.060
2039	1152	115	8.47%	0.85%	8.28	952.04	0.066

Tabla 17: Caudales de Descarga neta de aguas residuales

Los valores de caudales en función del tiempo para el año base de planificación 2018 y 2039

Año 2018	L/s
Caudal promedio de descarga de agua residual	0.0140
Caudal máximo diario de descarga de agua residual	0.0252
Caudal máximo semanal de descarga de agua residual	0.0207
Caudal máximo mensual de descarga de agua residual	0.0179
Caudal máximo por hora de descarga de agua residual	0.0340
Caudal mínimo por hora de descarga de agua residual	0.0053

Tabla 18: Caudales de descarga de agua residual Año base de planificación

<b>Año 2039</b>	L/s
Caudal promedio de descarga de agua residual	0.0660
Caudal máximo diario de descarga de agua residual	0.1188
Caudal máximo semanal de descarga de agua residual	0.0977
Caudal máximo mensual de descarga de agua residual	0.0845
Caudal máximo por hora de descarga de agua residual	0.1604
Caudal mínimo por hora de descarga de agua residual	0.0248

**Tabla 19: Caudales de descarga de agua residual de Año 2039**

La planta de tratamiento de aguas residuales se debe diseñar en función del caudal máximo por hora del año 2039 de 0.1604 Lt/s

### **3.3 Parámetros de tubería sanitaria**

La planta de tratamiento de aguas debe considerar el uso de tuberías sanitarias de PVC y acero inoxidable ya que estas últimas reducen la concentración de sólidos dentro de las misma. Se utilizará tubería de acero inoxidable AISI 304 2B para la red sanitaria después de la bomba de agua residual

#### **3.3.1 Velocidad mínima**

Las tuberías de sedimentación comúnmente trabajan con caudales menores el caudal de diseño, generando sedimentación en los sólidos por el transporte de aguas residuales Así, se debe diseñar una tubería con auto-limpieza según criterios de velocidad mínima y esfuerzo cortante. La velocidad depende del DBO efectivo presente en las aguas residuales. Por lo tanto, en el presente proyecto se determina que el DBO es menor a 200 mg/L estimando una velocidad efectiva de 0.50 m/s (Lopez,2003)

### 3.3.2 Velocidad máxima

La velocidad máxima busca evitar la corrosión y abrasión de la tubería. De esta manera, sin importar el material, la velocidad máxima no puede sobrepasar el 5 m/s según la NORMA CO 10.7-601. (1992). Así, dado una pendiente mínima para tuberías sanitarias de  $S=0.05\%$ , coeficiente de manning para tuberías de PVC de  $n=0.010$  y Acero Inoxidable de  $n=0.011$  detallado en Anexo 8.4 (López, 2003), se genera un diámetro mínimo para redes sanitarias:

$$D = 1.548 \left( \frac{nQ}{S^{1/2}} \right)^{3/8} = 1.548 \left( \frac{0.010 * \frac{0.1604}{1000}}{\left(\frac{0.5}{100}\right)^{1/2}} \right)^{3/8} = 0.028 \text{ m}$$

**Ecuación 20: Diámetro de tubería**

El diámetro comercial mínimo sugerido para redes sanitarias en estructuras comerciales con poblaciones pequeñas es de  $D=6''$  baja población (160 mm).

A continuación, se estima las condiciones bajo flujo lleno:

$$Q_0 = 0.312 \left( \frac{D^{8/3} S^{1/2}}{n} \right) = 0.312 \left( \frac{0.16^{8/3} 0.005^{1/2}}{0.010} \right) = 0.0151 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Ecuación 21: Diámetro para condiciones bajo flujo lleno**

Dónde:

$Q_0$ : caudal de descarga de aguas residuales de flujo lleno.

Donde se obtiene una velocidad máxima de:

$$V = \left( \frac{Q}{A} \right) = \left( \frac{0.0151 * 4}{\pi * (0.16)^2} \right) = 0.75 \text{ m/s}$$

Acorde a los planos hidrosanitario ubicado en Anexo Redes Sanitarias se considera los siguientes tramos en PVC, acero inoxidable codos 90° y TEE.

A continuación, se detalla las condiciones sanitarias ubicadas en anexo Planos.

<b>Tubo</b>	<b>Material</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Diámetro (plg)</b>	<b>Longitud comercial 3m (m)</b>	<b>Cantidad (3m)</b>
tub01	PVC	22.3	6	3	7
tub02	PVC	14.8	6	3	5
tub03	PVC	16.07	6	3	5
tub04	PVC	0.2	6	0.2	2
tub05	PVC	0.29	6	0.3	1
tub06	PVC	0.47	6	0.5	1
tub07	PVC	0.5	6	0.5	1
tub08	PVC	1.08	6	1.1	1
tub09	PVC	0.59	6	0.6	1
tub10	PVC	3.23	3	3.3	1
Codo 90 6 plg	PVC				5
Tee 6 plg	PVC				2
Codo 90 3 plg	AISI 304 2B				1

**Tabla 20: Secciones de tubería y materiales**

De igual manera, a través del programa Water CAD se genera el perfil de la sección con sus respectivas, presiones y caudales.

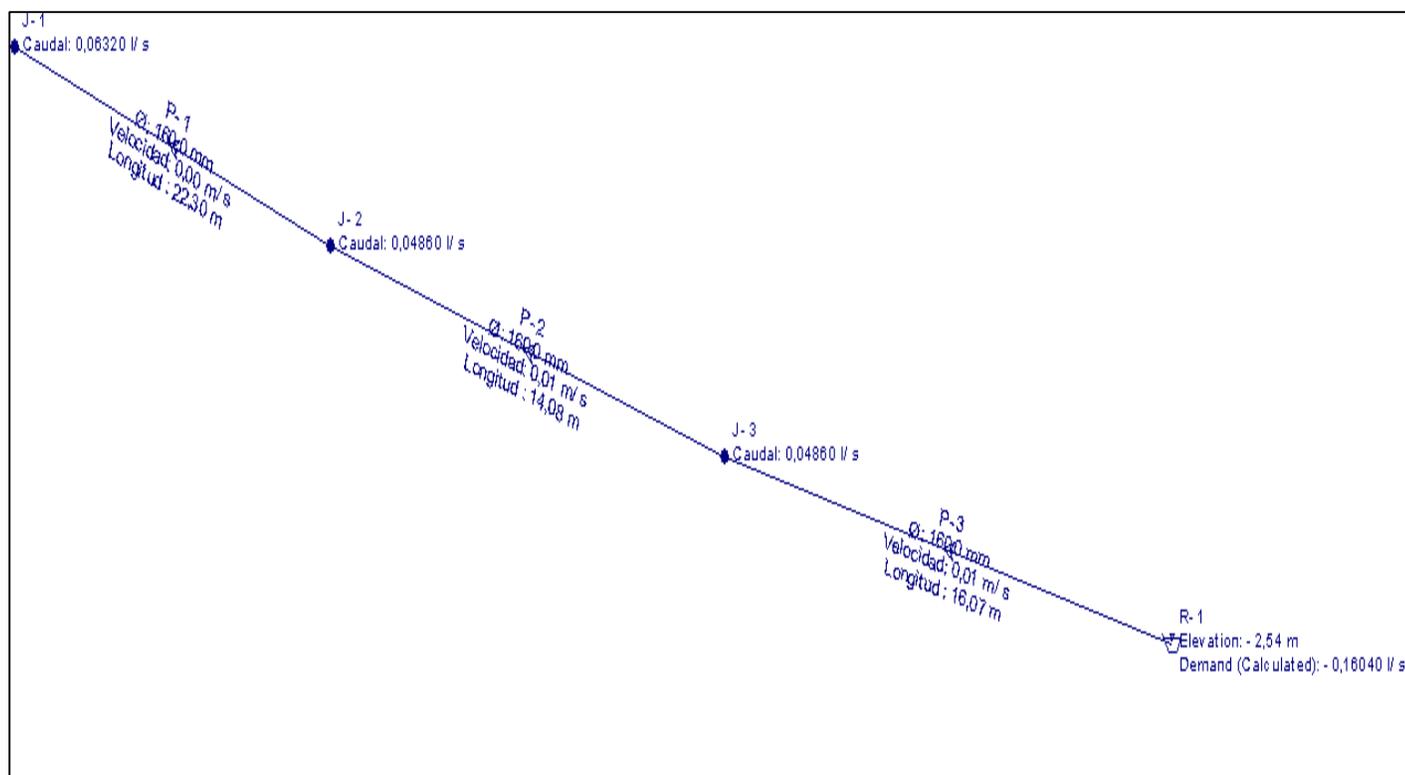


Figura 24: Perfil longitudinal

A continuación, se representa las cotas de las tuberías con sus respectivos caudales y presiones:

Label	Elevation (m)	Base Flow (l/s)	Demand (Calculated) (l/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)
J-1	-1,35	0,06320	0,06320	-2,54
J-2	-1,47	0,04880	0,04880	-2,54
J-3	-1,54	0,04880	0,04880	-2,54

Tabla 21: Tramo, elevación, demanda de tuberías sanitarias

A partir del material de PVC se genera tuberías con las siguientes longitudes:

Label	Length (m)	Material	Diameter (mm)	Discharge (l/s)
P-1	22,30	PVC	160,0	-0,06320
P-2	14,08	PVC	160,0	-0,11180
P-3	16,07	PVC	160,0	-0,16040

Tabla 22: Longitudes y diámetros de tuberías

La cámara de llegada se ubica en la cota -2.54 como lo detalla la siguiente tabla.

Label	Elevation (m)	Zone	Inflow (l/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)
R-1	-2,54	Zone-1	-0,16040	-2,54

Tabla 23: Elevación y posición cámara de llegada

### 3.4 Cámara de llegada

La cámara de llega tiene el propósito de disminuir la presión con la que llega las aguas residuales. Es necesaria la elaboración de esta cámara con el fin de evitar las acumulaciones y permitir la separación de sólidos en el desarenador (pozo de bombeo) donde se ubica la bomba de aguas residuales.

Para el dimensionamiento se utiliza el Caudal diseño de 0.1604 l/s. Por otro lado, se utiliza recomendaciones mínimas para el dimensionamiento de la cámara de llegada sugerido por el Manual de depuraciones Uralita (Hernández & Pedro, 2004).

Cámara de llegada	
Q diseño (máximo horario) (l/s)	0.1604
<b>Basado en recomendaciones mínimas según manual de Uralita (Hernández &amp; Pedro, 2004)</b>	
Alto (m)	0.6
Ancho (m)	0.6
Bajo solera o altura de agua (m)	0.1

Tabla 24: Recomendaciones Constructivas (Fuente: Manual de depuración Uralita Hernández, 2004)

A continuación, se procede encontrar la longitud de la cámara en base a la siguiente ecuación:

$$y = \frac{g * t^2}{2}$$

Ecuación 22: Altura caída de agua residual

Donde

y: altura de caída de agua residual sugerida 0.40 m

g: gravedad 9.8 m/s<sup>2</sup>

t: tiempo (segundos)

Despejando el tiempo se obtiene un valor 0.29 (s).

La velocidad promedio es el promedio entre velocidad mínima y máxima obtenida para tubería PVC.  $V_{prom}$ : 0.6 m/s

$$L = V_{prom} * t$$

**Ecuación 23: Longitud**

Genera una longitud de 0.17 m.

<b>Calculo de longitud de cámara de llegada</b>	
Altura de caída AGR (m)	0.40
gravedad (m/s <sup>2</sup> )	9.81
tiempo (s)	0.29
velocidad promedio basado en V max y V min (m/s)	0.60
Longitud calculada (m)	0.17
Longitud de diseño	0.30
Altura (m)	0.60
Ancho (m)	0.60

**Tabla 25: Resumen datos de cálculos cámara de llega**

Dado que las dimensiones asociadas al caudal de diseño son pequeñas, se utiliza las mínimas condiciones recomendadas (Hernández & Pedro, 2004).

<b>Dimensiones cámara de llegada</b>	
Alto (m)	0.6
Ancho (m)	0.6
Largo (base) (m)	0.4

**Tabla 26: Dimensiones Cámara de llegada**

### 3.5 Cámara de sedimentación

El sistema sanitario utilizado para reducción de velocidad y separación de sólidos de gran tamaño se llama desarenador, el cual será utilizado también como pozo de bombeo de aguas residuales.

De esta manera, el agua residual al travesar la cámara de llegada ha disminuido su velocidad con lo cual en base recomendaciones mínimas de diseño de desarenadores se toma una velocidad de 0.3 m/s. (López, 2003)

El área del desarenador se calcula en base a la siguiente ecuación

$$A = \frac{Q_{diseño}}{v} = \frac{0.0001604}{0.3} = 0.000534 \text{ m}^2 = 5.34 \text{ cm}^2$$

Dónde:

$Q_{diseño}$  0.0001604 m<sup>3</sup>/s

V velocidad de 0.3 m/s

A área en m<sup>2</sup>

El resultado es 0.000534 m<sup>2</sup> o 5.34 cm<sup>2</sup>, una área muy pequeña para ser considerada constructivamente. De esta manera, se adopta parámetros mínimos.

A continuación, se procede a seguir los parámetros mínimos de diseño:

Ancho recomendado (m)	0.6
altura diseño (m)	0.2
Recomendación constructiva $2 < A/H < 5$	3
altura de diseño (m)	1
Tiempo de retención (5 a 8 hr)	5
Tiempo de limpieza del desarenador (Año)	2

Tabla 27: Recomendaciones Constructivas Desarenador (Fuente: Manual de depuración Uralita Hernández, 2004)

### 3.5.1 Volumen de máximo aguas residuales cada dos años

Se necesita conocer el volumen de aguas residuales generadas a lo largo de su periodo de producción, el manual de depuración de Uralita (Hernández & Galán, 2004) plantea que el parámetro efectivo para estimar la descarga de aguas residuales es el volumen máximo de aguas residuales generado en periodos de 2 años, de esta manera se utiliza el caudal promedio del año de proyección (año 2039) 0.066 (lt/s) para conocer el máximo volumen que pueden generar los laboratorios de ingeniería mecánica e ingeniería civil y designar periodos de mantenimiento. Así, por medio de la siguiente ecuación se estima el volumen máximo de aguas residuales cada dos años:

$$Vol = Q_{prom} * t = 0.066 \frac{lt}{s} * \frac{1 m^3}{1000 lt} * \frac{86400 s}{1 dia} * \frac{365 dias}{1 año} * 2 años = 4162.75 m^3$$

**Ecuación 24: Volumen aguas residuales**

Vol: volumen de agua residual que atraviesa el desarenador,  $m^3$

$Q_{prom}$ : Caudal promedio 0.066 (lt/s)

t: tiempo (días)

Volumen de agua residual en dos años es de  $4162.75 m^3$

### 3.5.2 Volumen de solidos sedimentados

El porcentaje de solidos sedimentados proviene de la acumulación de desechos como: arenas, cementantes, grasas, químicos, entre otros.

El Volumen de solidos sedimentados generados para los desarenadores varia de 7.5 a 90 lt por cada 1000 m<sup>3</sup> de AGR. De esta manera, para la construcción del desarenador se adopta 90

lt por cada 1000 m<sup>3</sup> de agua residual dado que los laboratorios generan alta cantidad de solidos provenientes de hormigones, sueldas y otras partículas gruesas (Bermeo & Santin, 2010). La ecuación para calcular el volumen de solidos sedimentados es:

$$Vol. solidos = \frac{volumen\ de\ agua\ residual * solidos\ m^3}{1000000\ m^3} = \frac{4162.75\ m^3 * 90\ m^3}{1000000\ m^3} = 0.37\ m^3$$

**Ecuación 25: Volumen de solidos sedimentados**

Se genera 0.37 m<sup>3</sup> de solidos cada 2 años

### 3.5.3 Longitud de diseño

La longitud del desarenador está en función del caudal de descarga promedio diario 0.066 lt/s del año de proyección (2039), dado que se necesita conocer cuanta cantidad de solidos que generara a largo de su periodo de diseño con mantenimientos de limpieza cada 2 años. El mantenimiento se realizará manualmente.

$$L = \frac{vol. solidos}{HT * b} = \frac{0.37\ m^3}{1\ m * 0.6\ m} = 0.62\ m$$

L: longitud de diseño, m.

HT: altura de diseño, 1 m.

B: ancho recomendado, 0.6 m.

La longitud de diseño estimada es de 0.62 m.

La Longitud incluido el 50% por acumulación de sólidos en el desarenador genera un L final de 0.94 m.

$$L_{final} = L + 50\% L$$

Caudal promedio diario año 2039 (l/s)	0.066
Volumen AGR de 2 años (lt)	4162752.00
Volumen AGR de 2 años ( $m^3$ )	4162.752
Volumen arena 2 años ( $m^3$ )	0.37
Longitud calculada (m)	0.62
Long. Calcula + 50% desechos Sólidos Suspendidos	0.94
Longitud de diseño (m)	1

**Tabla 28: Resumen Cálculo de volúmenes desarenador**

Por condiciones mínimas constructivas se establece las siguientes dimensiones finales:

<b>Dimensiones pozo de bombeo</b>	
Alto (m)	1
Ancho (m)	0.6
Largo (Base) (m)	1

**Tabla 29: Dimensiones desarenador**

### 3.5.4 Comprobación de tiempo de retención

En base a las dimensiones definitivas se procede hallar el volumen efectivo del pozo:

$$V_{efectivo} = L * H_T * b$$

**Ecuación 26: Volumen efectivo Desarenador**

*Dónde:*

L es la longitud de 1m

$H_t$  es la altura de 0.6 m

b es el largo de 1 m

El volumen efectivo es  $0.6 m^3$

#### 3.5.1 Tiempo de retención

En base a un tiempo de retención 3 hr sugerido para cámaras de sedimentación (Metcalf & Eddy, 2008) se procede a verificar el tiempo de retención para el volumen efectivo.

$$Tr = \frac{V \text{ efectivo}}{Q_{\text{promedio}}}$$

**Ecuación 27: Tiempo de retención**

El tiempo de retención es de 2.53 hrs.

<b>Comprobación</b>	
Volumen útil ( $m^3$ )	0.6
Tiempo de retención (s)	9090.91
Tiempo de retención (horas)	2.53

**Tabla 30: Comprobación**

## **Capítulo IV: Selección de tecnología de planta de tratamiento de aguas residuales**

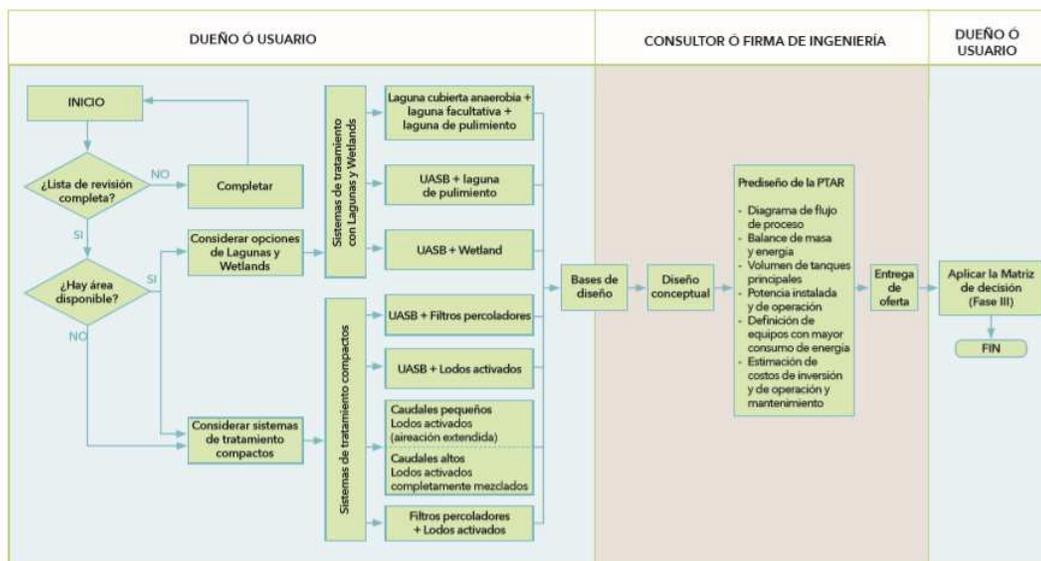
### **4.1 Criterios de selección de tecnología**

El sistema de tratamiento de aguas debe considerar criterios técnicos, ambientales y sociales.

A continuación, se detalla los criterios más importantes.

1. Materia orgánica biodegradable (DBO), amoníaco y compuestos orgánicos nitrogenados, fosfatos, patógenos.
2. Garantizar funcionamiento del sistema frente a contaminantes tóxicos, variaciones de carga, fuente de carga
3. Ofrecer posibilidades futuras de expansión y eficiencia.
4. Ofrecer un sistema de operación, mantenimiento y control simple sin necesidad de personal altamente calificado.
5. Ofrecer un área de operación pequeña, costos de construcción, operación y mantenimiento bajos.
6. Menor etapa de purificación y mayor eficiencia
7. Periodo de diseño
8. Manejo y disposición de lodo
9. Mal olor y malestar a la gente
10. Factores demográficos: población, servicio de agua potable y alcantarillado
11. Caudales de vertido
12. Características del afluente

El diseño de procesamiento de aguas residuales esta sometido a la matriz de decisión de selección de tecnología. A continuación, acorde al Manual de selección de tecnología (Noyola, Morgan , & Guereca, 2013) y a la figura 7 se procede a elaborar una matriz de calificación.



**Figura 25: Parámetros decision**

Fuente: Selección de tecnología de aguas residuales (Noyola, Morgan , & Guereca, 2013)

## 4.2 Matriz de selección de tecnología

La matriz de decisión contempla la elaboración de la tecnología en hormigón armado y acero. Este último material es considerado para plantas de tratamiento residuales para poblaciones muy pequeñas (Metcalf & Eddy, 2008).

### 4.2.1 Alternativa A: Acero Inoxidable

La construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales es utilizada para poblaciones pequeñas ya que son ideales para espacios donde no existe gran cantidad de área, aguas domésticas y caudales pequeños. Esta tecnología permite la versatilidad de uso ya que en

algunos casos son plantas compactas móviles utilizadas gran parte por industrias petroleras y proyectos constructivos que demanda el cumplimiento de legislaciones ambientales.

#### **4.2.2 Alternativa B: Hormigón Armado**

La construcción de planta de hormigón armado es usada para poblaciones medianas y grandes, donde hay gran área para la construcción e implantación de tecnologías específicas para el tratamiento de aguas residuales domestica e industriales.

La Matriz está sujeta a seis principales parámetros que contiene veinte sub-parámetros, los cuales son calificados a la escala según la tabla (32).

<b>Escala de calificación</b>	
Alto	5
Intermedio	3
Bajo	1

**Tabla 31: Escala de calificación**

La sumatoria total de los parámetros esta sobre 100 puntos, se selecciona la tecnología con mayor puntaje.

Criterio	PARÁMETROS	A	B	Calificación máxima
		Tecnología compacta de acero	Tecnología en hormigón armado	
1	<b>APLICABILIDAD DEL PROCESO</b>			
	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	5	5	5
	VIDA ÚTIL	3	5	5
	ADAPTABLE A AREAS PEQUEÑAS	5	1	5
2	<b>COSTO</b>			
	FACILIDAD DE INVERSIÓN	3	5	5
	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	5	5	5
3	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN</b>			
	FACILIDAD DE CRITERIOS DE DISEÑO	3	5	5
	APLICABLE PARA PEQUEÑAS POBLACIONES	5	1	5
	COMPLEJIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO	5	3	5
4	<b>OPERACIÓN</b>			
	FLEXIBILIDAD DE OPERACIÓN	5	5	5
	CONFIABILIDAD DEL PROCESO POR USOS ELECTRICO Y ELECTRONICOS	5	1	5
	REQUERIMIENTO DE PERSONAL	5	5	5
	DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS Y CENTROS DE SERVICIO	3	5	5
5	<b>ENTORNO</b>			
	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA	3	5	5
	PRODUCCIÓN DE RUIDO	3	3	5
	REDUCE LA CONTAMINACIÓN VISUAL	5	1	5
	PRODUCCIÓN DE MALOS OLORES	5	1	5
	DISMINUYE LA GENERACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (HUELLA DE CARBONO)	5	1	5
6	<b>PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA RESIDUAL</b>			
	APLICABLE PARA DBO5< 200 MG/L	5	1	5
	METALES PESADO	1	5	5
	BACTERIAS	5	5	5
	<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>68</b>	<b>100</b>

Tabla 32: Matriz de selección

Fuente: Selección de tecnología de aguas residuales (Noyola, Morgan , & Guereca, 2013)

Acorde a la tabla (33) se elige la construcción de planta de tratamiento en Acero inoxidable dado que las condiciones requieren uso de menor área ya que se dispone de un área menor a  $10 \text{ m}^2$ , flexible a operaciones puede considerarse la expansión de la planta, produce menos malos olores y es aplicable para  $\text{DBO} < 200 \text{ MG/L}$ .

### 4.3 Ubicación propuesta para planta de tratamiento de aguas residuales en acero

A continuación, se detalla la ubicación propuesta de la planta de tratamiento de agua residual en acero.



Figura 26: Ubicación propuesta para planta de tratamiento de agua residual en acero

# **Capítulo V: Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales**

## **5.1 Proceso de tratamiento de aguas**

El proceso de tratamiento de aguas residuales se agrupa de diferentes etapas de remoción de contaminantes existente dichos niveles se clasifican en:

- Pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento avanzado o terciario

## **5.2 Pretratamiento**

El pretratamiento es la eliminación de componentes o partículas grandes o medianas como: plásticos, ramas, piedras, animales muertos, arenas, grasas y aceites que puedan afectar a los componentes operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento de aguas residuales. Dicho tratamiento se ejecuta a través de rejillas o tamices, desarenadores que elimina partículas en suspensión gruesa, flotadores y desengrasadores. (Noyola, Morgan , & Guereca, 2013)



**Figura 27: Rejillas y sistemas de desarenado**

Fuente: Selección de tecnología de aguas residuales (Noyola, Morgan , & Guereca, 2013)

### 5.3 Tratamiento primario

En esta etapa se elimina un porcentaje de sólidos y materia orgánica del agua residual utilizando la fuerza de la gravedad. En aguas residuales municipales se remueve el 60% en sólidos suspendidos y 30% en demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). A través de la sedimentación por medios físicos y químicos se elimina los componentes contaminantes. El tratamiento se hace en grandes tanques o añadiendo sustancias químicas floculantes que generan una eficaz sedimentación. Además, en estos tratamientos se genera la neutralización del pH y componentes volátiles.



**Figura 28: Sedimentadores de aguas residuales municipales en Brasil y Cerro de la Estrella, México.**

Fuente: Selección de tecnología de aguas residuales (Noyola, Morgan , & Guereca, 2013)

## 5.4 Tratamiento secundario

En esta etapa se elimina materia orgánica biodegradable (soluble) por medios preferentemente biológicos dado su bajo costo y alta eficacia de remoción (Noyola, Morgan, & Guereca, 2013). Además, se eliminan partículas coloidales y similares. Los contaminantes son digeridos por los microorganismos y transformados a materia celular.

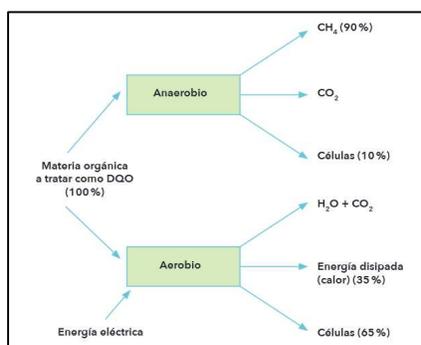


Figura 29: Flujo de Energía contenida en el sustrato en función del tratamiento aplicado

Los procesos biológicos son anaerobios y aerobios llevados a cabo en tanques que se mezcla con microorganismos. De esta manera, el proceso anaerobio tiene una baja tasa de síntesis bacteriana generando baja producción de lodos de desecho. Mientras que los aerobios tienen mayor cantidad de energía generando mayor biomasa como lodo no estabilizado (Noyola, Morgan, & Guereca, 2013).

## 5.5 Tratamiento Terciario

Todo tratamiento ejecutado después del tratamiento secundario busca remover sólidos suspendidos y materia orgánica remanente. Este tratamiento es necesario si se desea cumplir condiciones de descarga estrictas como la remoción y separación de metales

## 5.6 Tratamiento y disposición del lodo

El lodo generado por el proceso de tratamiento puede ser utilizado como mejoradores de suelos o fertilizantes si su composición de bio-sólidos es adecuada para el aprovechamiento de tierras

## 5.7 Esquema de Planta de tratamiento de aguas residuales

Acorde a Metcalf & Eddy. (1995) es necesario la depuración de aguas residuales para caudales pequeños. Estos sistemas consideran poblaciones muy pequeñas donde se diseñan unidades modulares para tratamientos específicos.

A continuación se detalla en base a la matriz de selección los procesos modulares a utilizar en la depuración de aguas residuales

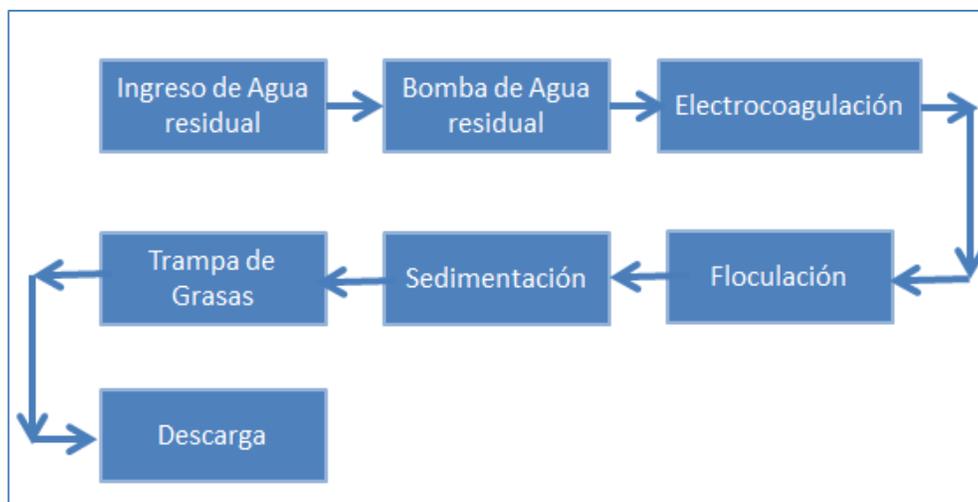


Figura 30: Procesos de planta de tratamiento de aguas residuales

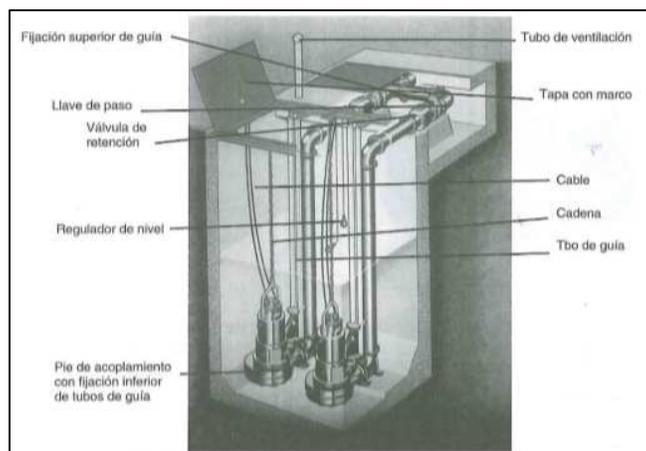
En el tratamiento para poblaciones pequeñas se diseña el proceso en base a los análisis de agua, con el fin de generar resultados satisfactorios para caudales pequeños.

### 5.7.1 Bombeo de aguas residuales

El análisis sanitario requiere de una bomba de aguas residuales dado que el cajón de llegada (cámara de llegada) y desarenador se encuentran bajo el nivel de referencia.

Acorde a la tabla 9-9 del manual de depuración Uralita se detalla que el peso específico del agua residual es 1.05. (Hernández & Galán, 2004)

De igual manera, para impulsar sólidos suspendidos, aguas negras y aguas industriales con bajos caudales se utiliza una bomba de impulsor cerrado de un canal o mono canal. Estos funcionan bien con gran rendimiento, ofrece fácil instalación de tubos guía o cables. El esquema de la bomba hace que tenga poca probabilidad de obstruirse.



**Figura 31: Instalación de bombas con impulsores Mono-canal**

Fuente: Manual de depuración Uralita

### 5.7.2 Curva características de operación del sistema

La curva característica del sistema representa la cantidad de energía que se debe dar para alcanzar la altura estática y las pérdidas de energía en la estación de bombeo. Esta contiene las pérdidas por fricción y accesorios de la red sanitaria.

La potencia generada está dada por las siguientes consideraciones:

Utilizando la ecuación de Hazen-Williams se puede calcular las pérdidas de energía por fricción

$$Q = 0.2785 CD^{2.63} J^{0.54}$$

**Ecuación 28: Ecuación Hazen-Williams**

Dónde:

Q es el caudal de diseño, 0.0001604 m<sup>3</sup>/s

C: coeficiente de rugosidad relativa de Hazen-Williams, 110 para acero inoxidable

D: diámetro 0.065m

J: Pendiente de carga de líneas de alturas piezométricas m/m

Despejando J se obtiene un valor de 0.0001 m/m

A continuación, se detalla el cálculo de la altura dinámica de elevación basado en la ecuación Hazen-Williams y tabla de accesorios equivalentes sanitarios ubicado en el Anexo 8.

#### **Pérdidas de impulsión:**

$$0.0001 \text{ m/m} * 10.6 \text{ m (longitud equivalente impulsión)} = 1.06\text{E-}03 \text{ m}$$

#### **Pérdidas de succión:**

Las pérdidas de succión son cero ya que el agua residual se encuentra a igual nivel que la bomba mono-canal:

<b>Cálculo de la altura dinámica de elevación</b>	
<b>Altura estática total ( succión + impulsión)</b>	<b>Unidad (m)</b>
Altura estática de succión	0
Altura Estática de impulsión	4.3
Altura estática total:	4.3
<b>Perdidas en la succión (D= 2 pulg = 65 mm)</b>	<b>0</b>
<b>Perdidas en la impulsión</b>	
Salida tubería	1.9
2 Codos de 90°	3.4
Tubería	5.3
<b>Longitud equivalente ( Suma de perdidas impulsión)</b>	<b>10.6</b>
<b>Perdidas en la impulsión</b>	<b>0</b>
<b>Altura dinámica total de elevación (Ht)</b>	<b>4.3</b>

Tabla 33: Calculo de altura dinámica de elevación

La potencia mínima que debe generar la bomba es determinada por la ecuación:

$$P_b = \frac{\lambda Q H_t}{e} = \frac{9.81 * 0.00016089 * 4.3}{0.75} = 0.00905 \text{ kw} = 9.05 \text{ w}$$

Ecuación 29: Potencia de bomba

Dónde:

P: Potencia de bomba, kW

Q: Caudal de diseño m<sup>3</sup>/s

λ: Peso específico del agua 9,81 KN/m<sup>3</sup>

Ht: Altura dinámica, m

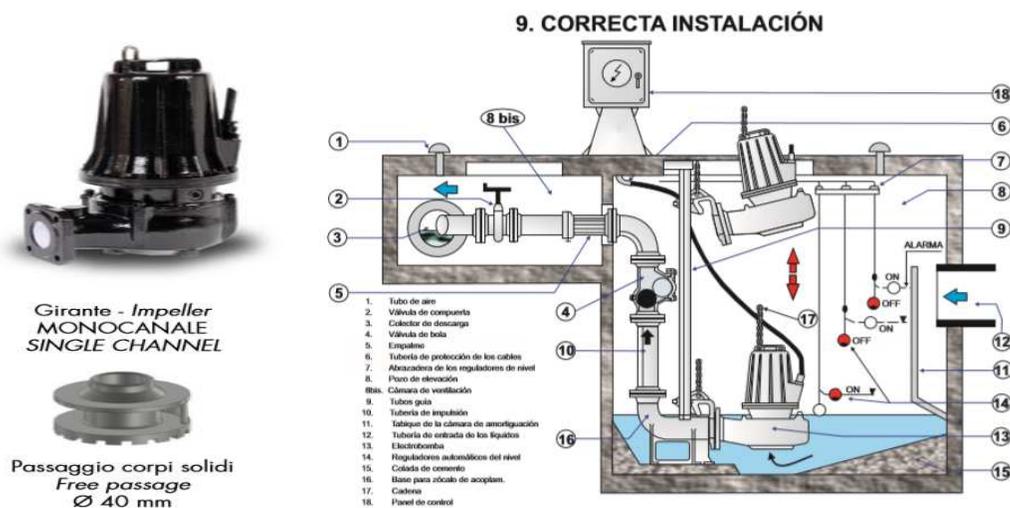
e: eficiencia de la bomba, 0.75

Se recomienda utilizar motores de potencia 1.15 a 1.20 veces la potencia de la bomba con el fin de evitar la saturación. (López, 2003)

La potencia de motor requerido será:

$$P_m = P_b * 1.20 = 0.01086 \text{ kw} = 10.86 \text{ watts}$$

De esta manera, los caudales y la altura dinámica de elevación se comparan con las curvas características de operación de varias bombas de mono-canal ubicado en Anexo 8, así se selecciona la mejor bomba adecuada al sistema. En este caso la bomba que cumple los mínimos requerimientos de bombeo es el sistema de mono-canal M 65/2 C.236 de la compañía SACI PUMPS la cual acorde a su curva de caudal, esta puede bombear 1 l/s con una potencia de 1.5 Kw. Con un diámetro de  $\Phi$  65 mm o 3plg que permite pasar sólidos de hasta  $\Phi$  2plg y un 75% de eficiencia (SACI, 2014).



**Figura 32: Bomba Mono-canal M 65 C236**

Fuente: Manual SACI PUMPS

## 5.8 Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

Según Metcalf establece que acorde a los caudales generados la planta de tratamientos, estos clasifican para poblaciones muy pequeñas. Por medio la matriz de selección de tecnología se elabora una planta de tratamiento modular en acero inoxidable que distribuye los procesos en secciones rectangulares (Metcalf & Eddy, 1995).

### 5.8.1 Electrocoagulación:

El proceso de electrocoagulación busca desestabilizar partículas de contaminantes suspendidos, emulsificados o acuosos a través de corriente eléctrica que genera una fuerza electromotriz que desestabiliza sólidos y metales a través de la corriente y reacciones químicas. Es un mecanismo efectivo para desintegrar solidos suspendidos y metales pesados (Acosta & Coy, 2013).

### 5.8.2 Diseño Electrocoagulación

El presente proceso sigue los tiempos de retención hidráulica sugeridos para plantas de Aguas Residuales compactas donde se establece los siguientes parámetros (Hernández & Galán, 2004).

Calculo Electrocoagulación	
Tiempo de retención hidráulica TRH1 (min)	50
Q diseño (l/s)	0.1604
Q diseño (l/hr)	0.57744
Altura recomendada (m)	1

Tabla 34: Calculo Electrocoagulación

A continuación, se estima el volumen de electrocoagulación:

Dado la ecuación:

$$V_{elec} = Q_{diseño} * TRH_1$$

**Ecuación 30: Volumen Tanque de electrocoagulación**

Dónde:

$V_{elec}$ : volumen tanque electrocoagulación, m<sup>3</sup>.

$Q_{diseño}$ : 0.577 caudal en m<sup>3</sup>/hr

$TRH_1$ : tiempo de retención hidráulica recomendada 0.833 hr

Se halla los siguientes resultados:

Volumen (m <sup>3</sup> )	0.48
Longitud (m)	0.53
Altura recomendada (m)	1
Ancho (m)	0.9

**Dimensionamiento de longitud de electrocoagulación**

Basado en el volumen hallado, ancho y altura predeterminada se procede a calcular a través de la ecuación:

$$L_{elec} = \frac{V_{elec}}{h_{elec} * a_{elec}}$$

**Ecuación 31: Longitud Electrocoagulación**

Donde se asume:

Altura  $h_{elec}$  (m): 1

Ancho  $a_{elec}$  (m): 0.9

Generando una longitud de diseño 0.533 m

Se determina que por condiciones constructivas sugeridas se imponen las dimensiones finales mínimas:

Dimensiones electrocoagulación	
Alto (m)	1
Ancho (m)	1
Largo(base) (m)	1

Tabla 35: Dimensiones Electrocoagulación

### 5.8.3 Floculación

El proceso de floculación es un proceso donde las partículas más pequeñas son aglutinadas en partículas gruesas llamadas flóculos, las cuales son unidas por medio de sustancias químicas que posteriormente facilitaran la eliminación de las mismas.

### 5.8.4 Diseño floculación

El presente proceso sigue los tiempos de retención hidráulica para planta de Aguas Residuales compactas donde se establece los siguientes parámetros (Hernández & Galán, 2004):

Calculo floculación	
Tiempo de retención hidráulica TRH2 (min)	120
altura recomendada (m)	1
ancho recomendado (m)	2.0

Tabla 36: Cálculo de floculación

A continuación, se estima el volumen de floculación:

Dado la ecuación:

$$V_{flo} = Q_{diseño} * TRH2$$

Ecuación 32: Volumen Floculación

Dónde:

$V_{flo}$ : volumen tanque floculación, m<sup>3</sup>.

$Q_{diseño}$ : 0.577 m<sup>3</sup>/hr (0.1604 lt/s)

TRH2: tiempo de retención hidráulica recomendada, 2 hr.

De esta manera se genera un volumen de floculación de 1.15 m<sup>3</sup>.

### Dimensionamiento de longitud de floculación

Basado en el volumen hallado, ancho y altura predeterminada se procede a calcular a través de la ecuación:

$$L_{flo} = \frac{V_{flo}}{h_{flo} * a_{flo}}$$

**Ecuación 33: Longitud de floculación**

Donde se asume:

Altura  $h_{flo}$ (m): 1

Ancho  $a_{flo}$ (m): 2

Generando una longitud de diseño 0.58 m

Se determina que por condiciones constructivas sugeridas se imponen las dimensiones finales mínimas:

Dimensiones Floculación	
Alto (m)	1
Ancho (m)	2
Largo(base) (m)	1

**Tabla 37: Dimensiones Floculación**

### 5.8.5 Sedimentación- Trampa de grasa

Después de pasar por el tanque de electrocoagulación y floculación se procede a la sedimentación y trampa de grasa. Esta operación separa las partículas más densas del fluido por acción de la gravedad. Es decir, separa las partículas derivadas de hormigón, soldaduras, aceites, entre otros.

### 5.8.6 Diseño del tanque de sedimentación

El presente proceso sigue los tiempos de retención hidráulica sugeridos para plantas de Aguas Residuales compactas donde se establece los siguientes parámetros (Hernández & Galán, 2004):

<b>Dimensión sedimentación</b>	
Tiempo de retención hidráulica TRH <sub>3</sub> (min)	120
Altura recomendada (m)	1
Ancho recomendada (m)	2

**Tabla 38: Recomendación constructiva sedimentación**

Fuente: Manual de depuración Uralita

A continuación, se estima el volumen de floculación:

Dado la ecuación:

$$V_s = Q_{\text{diseño}} * TRH_3$$

**Ecuación 34: Volumen tanque sedimentación**

Dónde:

$V_s$ : volumen tanque sedimentación, m<sup>3</sup>.

$Q_{\text{diseño}}$ : 0.577 m<sup>3</sup>/hr (0.1604 lt/s).

TRH<sub>3</sub>: tiempo de retención hidráulica recomendada, 2 hr.

De esta manera se genera un volumen de floculación de 1.15 m<sup>3</sup>.

#### Calculo de longitud

Basado en el volumen hallado, ancho y altura predeterminada se procede a calcular a través de la ecuación:

$$Ls = \frac{Vs}{hs * as}$$

**Ecuación 35: Longitud sedimentación**

Donde se asume:

Altura  $h_s$  (m): 1

Ancho  $a_s$  (m): 2

Generando una longitud de diseño 0.577 m

Se determina que por condiciones constructivas sugeridas se imponen las dimensiones finales mínimas:

<b>Dimensiones sedimentación</b>	
Alto (m)	1
Ancho (m)	2
Largo(base) (m)	1

**Tabla 39: Dimensiones sedimentación**

Fuente: Manual de depuración Uralita

### 5.8.7 Dimensionamiento del tanque de equilibrio

La homogenización de las aguas residuales se realiza por medio del tanque de equilibrio, el cual evita descargas violentas ya que provee un adecuado amortiguamiento de aguas residuales generando agua residual sin carga orgánica o sólidos suspendidos.

El volumen del tanque está condicionado por los volúmenes de procesos anteriores con el fin de no exceder las dimensiones que caracterizan a una planta compacta. En base a parámetros constructivos se impone las siguientes dimensiones.

<b>Dimensión Tanque de homogenización y mezclado</b>	
Longitud recomendada (m)	1
ancho recomendada (m)	2
altura recomendada (m)	1

**Tabla 40: Recomendación tanque de homogenización**

Fuente: Manual de depuración Uralita

Se estima el volumen de equilibrio por medio de la ecuación:

$$V_{eq} = a * h * L_{eq}$$

Dónde:

$V_{eq}$ : volumen homogenización  $m^3$

$L_{eq}$ : Longitud 1 m.

a: ancho 2 m.

h: altura 1m.

Generando un Volumen de  $2 m^3$ .

### **Dimensionamiento de longitud de tanque de homogenización**

Basado en el volumen hallado, ancho y altura predeterminada se procede a calcular a través de la ecuación:

$$L_s = \frac{V_s}{h_s * a_s}$$

#### **Ecuación 36: Longitud tanque de homogenización**

Donde se asume:

Altura  $h_{eq}(m)$ : 1

Ancho  $a_{eq}(m)$ : 2

Generando una longitud de diseño 1 m

Se determina que por condiciones constructivas las dimensiones finales son

<b>Dimensiones módulo de homogenización</b>	
Alto (m)	1
Ancho (m)	2
Largo(base) (m)	1

Tabla 41: Dimensiones tanque de homogenización

### 5.8.8 Volumen Total

El Volumen total del tanque es de 7 m<sup>3</sup>, generando una capacidad de:

Volumen Electrocoagulación m <sup>3</sup>	1
Volumen Floculación m <sup>3</sup>	2
Volumen Sedimentación m <sup>3</sup>	2
Volumen Homogenización m <sup>3</sup>	2
Volumen total m <sup>3</sup>	7

Tabla 42: Volúmenes totales

## 5.9 Placas floculadoras

Se utilizará productos químicos y placas floculadoras que por medio de la turbulencia del agua reagrupan las partículas más pequeñas en flóculos de mayor tamaño.

El módulo de floculación estará compuesto por placas (Gudiño & Rubio, 2017) que siguen las siguientes condiciones:

El proceso de floculación utilizara pantallas verticales, normados por el siguiente espaciamento:

$$a = \frac{Lf - e(mp - 1)}{mp} = \frac{40 \text{ plg} - 0.157 \text{ plg} (3 - 1)}{3} = 13.24 \text{ plg}$$

Ecuación 37: Distancia entre placas

a: distancia entre planchas, plg

Lf: longitud, 40 plg

e: espesor, 0.157 plg

mp: número de espacio entre planchas, 3

La distancia entre placas es 13.23 plg (33.6 cm)

A continuación, se detalla las dimensiones de placa floculadoras:

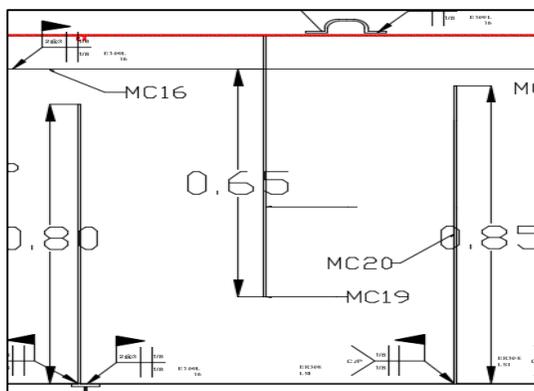


Figura 33: Placas floculadoras Vista Frontal

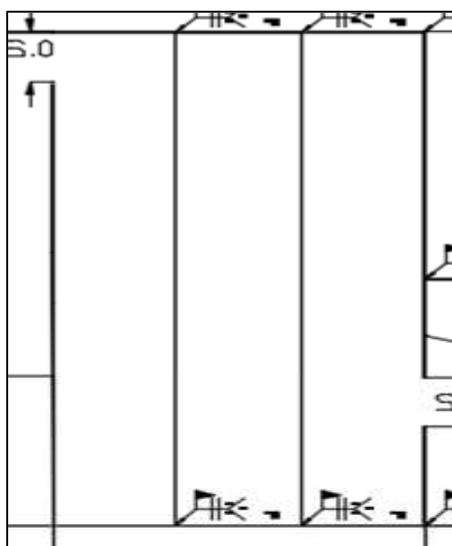


Figura 34: Placa floculadoras Vista Superior

## 5.10 Vertedero rectangular

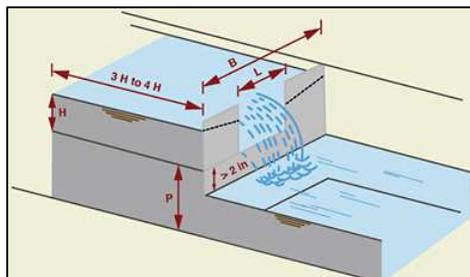


Figura 35: Vertedero entre tanques

Fuente: VLAB 2018

Para satisfacer las necesidades de captación y tratamiento de agua se necesita diseñar una bocatoma lateral por gravedad entre módulos. De esta manera, se supone una altura H de 0.2 m basado en referencias académicas y experiencias prácticas (Lopez,1995)

Utilizando la ecuación para vertedero rectangular:

$$Q_{max\ horario} = 1.84LH^{3/2}$$

**Ecuación 38: Vertedero rectangular**

Donde

$Q_{max}$ : caudal  $m^3/s$

L: longitud de vertedero, m

H: Nivel de H<sub>2</sub>O sobre vertedero, 0.2 m

Así se encuentra que un  $L= 1.89 E-03$ , debido a su caudal tan pequeño. Sin embargo dado a un tiempo de retención de 50 min por razones constructivas se aproxima 0.25 m de longitud.

Además, la corrección por las dos contracciones laterales es:

$$L' = L - 0.1nH$$

Donde n es el número de contracciones laterales,  $n=2$ .

$$L' = 0.23\text{ m}$$

Longitud final: 0.2 m

## 5.11 Componentes estructurales

La planta de tratamiento tiene componentes estructurales que garantiza la integridad estructural. La planta compacta tiene capacidad de 7 m<sup>3</sup> y se distribuye en las siguientes secciones modulares:

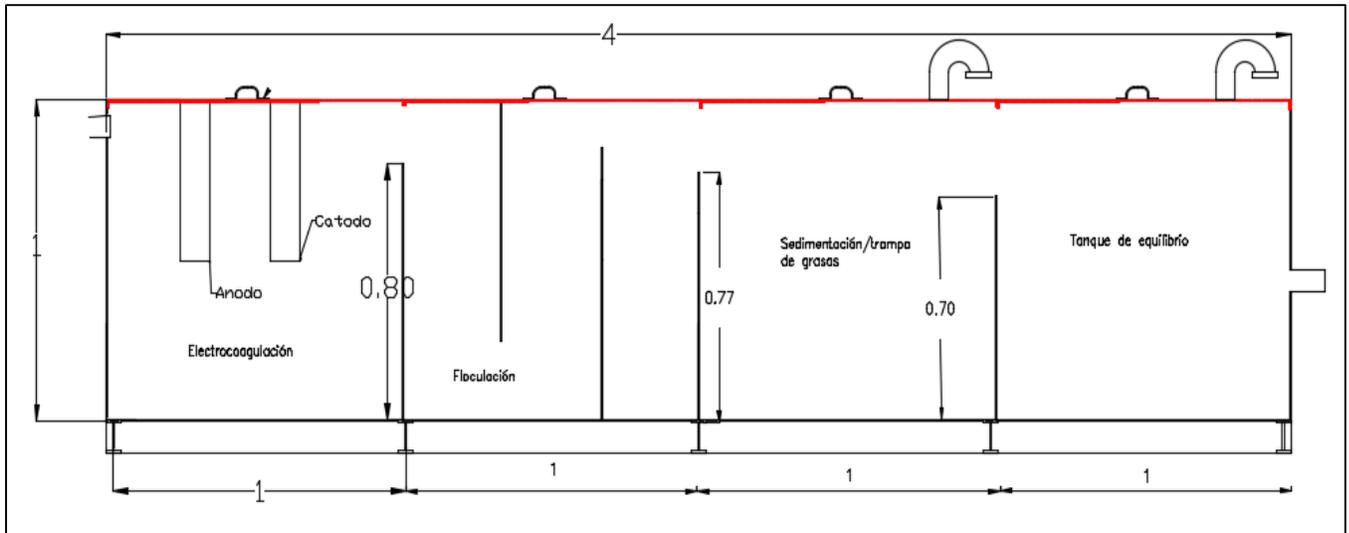


Figura 36: Medidas y secciones modulares

A continuación se procede a calcular y diseñar dichos elementos en acero inoxidable AISI 304 2B siguiendo los lineamientos del Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo (Megysey, 1992, pág. 184)

### 5.11.1 Cargas aplicadas sobre paredes de tanque

Se procede a calcular la carga distribuida y reacciones sobre las paredes del tanque:

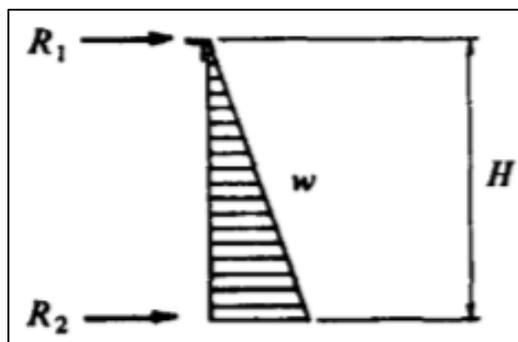


Figura 37: Reacciones paredes

Se usa la siguiente ecuación:

$$w = \frac{0.036GH^2}{2} = \frac{0.036 * 1 * 39.37^2}{2} = 27.90 \frac{Lb}{plg}$$

**Ecuación 39: Carga por unidad de longitud**

Donde:

W: carga por unidad de longitud, lb/plg.

G: Gravedad específica del líquido, 1.

H: altura desde el borde superior del tanque, 39,37 plg.

A través de la figura 36, se genera las reacciones R1 y R2 las cuales son calculadas por el Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo. (Megysey, 1992, pág. 184)

$$R1 = 0.3W = 8.37 \text{ lb/plg}$$

$$R2 = 0.7W = 19.53 \text{ lb/plg}$$

**Ecuación 40: Reacciones por unidad de longitud**

### 5.11.2 Espesor de paredes acero AISI 304 2B

Las planchas a utilizar son de acero AISI 304 2B, el espesor se estima a través de la siguiente ecuación:

$$t = 2.45 L \sqrt{\frac{\alpha H 0.036 G}{S}} = 2.45 * 157.48 \sqrt{\frac{0.001 * 39.37 * 0.036 * 1}{25500}} = 0.091 \text{ plg}$$

**Ecuación 41: Espesor placa paredes**

Dónde:

L: Longitud del tanque, plg.

$\alpha$ : relación de longitud y altura según anexo 8.5, 0.001.

H: altura tanque, plg.

G: gravedad específica del líquido 1.

S: Esfuerzo de resistencia AISI 304 2B. 25500 lb/plg

El espesor más pintura anticorrosiva (1/16 plg) es 0. 1535 plg, (3.90 mm). Por disponibilidad de material se elige una placa con espesor 4mm.

### 5.11.3 Atiesamiento

Se usa atiesadores con el fin reducir el pandeo de las planchas y ofrecer refuerzo en las paredes. Según Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo (Megysey, 1992, pág. 184).

El número de atiesadores está en función de la altura.

<b>NUMERO QUE SE REQUIERE DE ATIESADORES</b>	Cuando H (en pulgadas) =			
	60-84	84-120	120-156	> 156
	1	2	3	4

**Figura 38: Atiesadores**

Fuente: del Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo (Megysey, 1992, pág. 184)

Se elige un atiesador ubicado alrededor del borde del tanque compacto.

El momento de inercia generado por las planchas es:

$$I = \frac{1.25 R1 L^3}{E} = \frac{1.25 * 8.37 * 157.48^3}{28000000 \text{ lb/plg}^2} = 1.46 \text{ plg}^4$$

**Ecuación 42: Inercia planchas laterales**

Dónde:

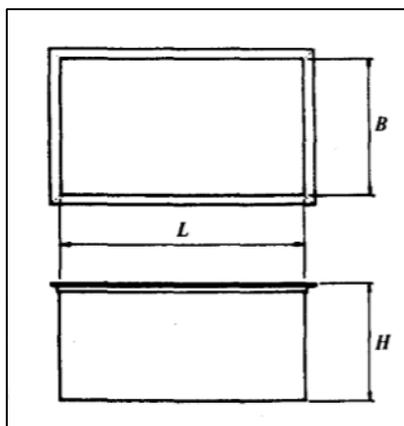
I: Inercia, plg<sup>4</sup>.

R1: reacción lb/plg.

L: Longitud del tanque, plg.

E: Modulo de elasticidad del acero.

La inercia respecto al punto superior de las planchas es  $1.46 \text{ plg}^4$  o  $60.74 \text{ cm}^4$ . En base a este valor se elige un Angulo L 75x75x8 con inercia  $60.18 \text{ cm}^4$  dado que existe otros elementos como las planchas intermedias soldadas que ayudan a reducir el pandeo de las planchas exteriores (paredes).



**Figura 39: Atiesador**

Fuente: del Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo (Megysey, 1992, pág. 184)

#### 5.11.4 Diseño espesor base

El espesor de la placa considera que se colocan 5 vigas de 2 m espaciadas a 1 m lo largo de la sección longitudinal de 4m. Existen cinco vigas que reciben toda la carga del tanque.

Para determinar el espesor del tanque se utiliza:

$$t = \frac{L}{1.254 \sqrt{\frac{S}{0.036 G H}}} = \frac{39.37}{1.254 \sqrt{\frac{25500}{0.036 * 1 * 39.37}}} = 0.234 \text{ plg}$$

**Ecuación 43: Espesor plancha de fondo**

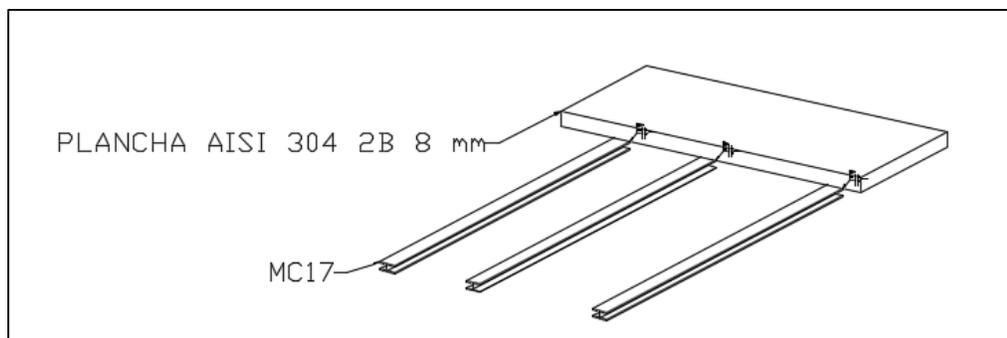
L: Longitud entre vigas, plg.

H: altura tanque, plg.

G: gravedad específica del líquido 1.

S: Esfuerzo de resistencia AISI 304 2B. 25500 lb/plg

El espesor más pintura anticorrosiva (1/16 plg) genera un 0.297 plg o 7.53 mm, tomando una plancha de 8 mm AISI 304 2B.



**Figura 40: Vigas en base**

### 5.11.5 Cargas sobre base

Las cargas que generan las presiones del agua residual van a ser transmitidas a base del tanque. Por lo tanto, se debe estimar aquellas cargas con el fin de seleccionar el espesor de la placa base y vigas adecuadas.

Dado un tanque con capacidad de  $7 \text{ m}^3$ , la masa total es 7000 kg, generando una fuerza de 68.67 KN, la cual es repartida en 5 vigas de 2 metros, recibiendo cada viga una distribuida de 6.867 KN/m.

<b>Diseño Perfiles A36 Base</b>	
Longitud vigas (m)	2
Masa total fluido (kg)	7000
gravedad ( $\text{m/s}^2$ )	9.81
qt (KN)	68.67
qt /viga (KN)	13.734
w distribuida(KN/m)	6.867

**Tabla 43: Diseño vigas A36**

Así, las vigas se modela como simplemente apoyadas como se detalla en las siguientes figuras:



Figura 41: Aplicación de cargas

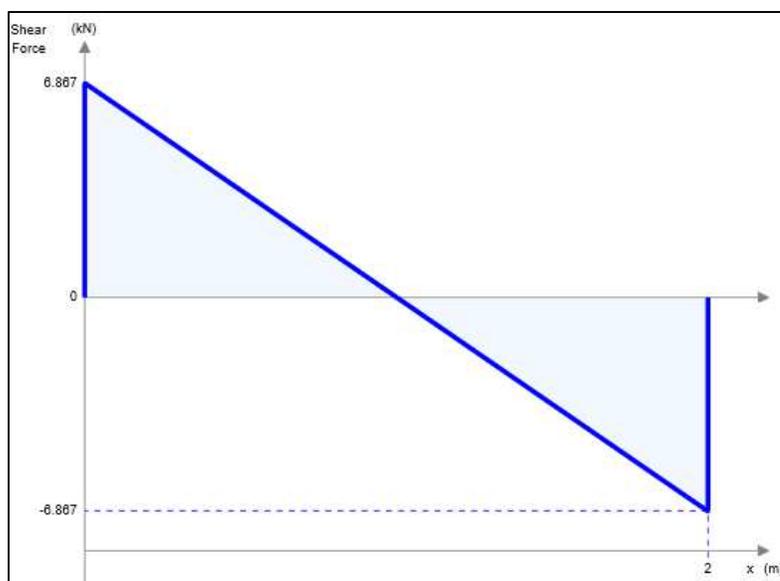
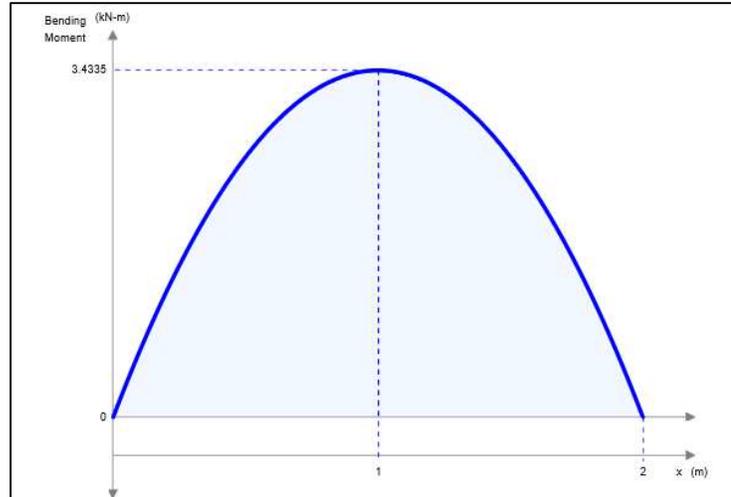


Figura 42: Diagrama de corte KN



**Figura 43: Diagrama de momento (KN-m)**

El momento máximo generado es 3.4335 KN-m o 35006.86 kgf-cm

### 5.11.6 Selección de vigas

Dado el método de esfuerzo admisibles

$$M_n \geq M_a * \Omega$$

$$f_y * S_x \geq M_a * \Omega$$

$$S_x = \frac{M_a * \Omega}{f_y} = \frac{35006.86}{2530} * 1.67 = 23.11 \text{ cm}^3$$

**Ecuación 44: Módulo de sección**

Dónde:

$M_n$ : Momento nominal, kgf-cm

$f_y$ : Esfuerzo de fluencia A36, 2530 kgf/cm<sup>2</sup>.

$M_a$ : Momento máximo, kgf-cm.

$\Omega$ : Factor de seguridad para resistencia a flexión, 1.67. Método Esfuerzos admisibles (ANSI/AISC, 2010).

$S_x$ : Modulo de sección respecto al eje x, cm<sup>3</sup>.

El perfil para soportar el momento de 35006.86 kg-cm debe tener un mínimo módulo de sección de 23.11 cm<sup>3</sup>. La viga IPN 100 cumple con un módulo de sección de 34.20 cm<sup>3</sup> superior al requerido.

- **Chequeo cortante**

$$V_n \geq V_a * \Omega_v$$

$$V_n \geq 6.867 * 1.50$$

Dónde:

$f_y$ : Esfuerzo de fluencia A36, 2530 kgf/cm<sup>2</sup>.

$V_n$ : Cortante nominal, kgf-cm.

$V_a$ : Cortante máximo, kgf-cm.

$\Omega_v$ : Factor de seguridad para corte, 1.5. Método Esfuerzos admisibles (ANSI/AISC, 2010)

$d$ : Peralte viga IPN 100,5 cm

$t_w$ : Espesor alma Viga IPN 100, 0.68 cm

$$V_n \geq 10.3 \text{ KN o } 1051.32 \text{ kg}$$

$$V_n = 0.6 * f_y * d * t_w$$

$$V_n = 0.6 * 2530 * 5 * 0.68 = 5161.2 \text{ kg}$$

$$5161.2 \text{ kgf} > 1051.23 \text{ kgf}$$

Por lo tanto la viga IPN 100 cumple con el chequeo a cortante y flexión.

## 5.12 Soldaduras

Acorde a las especificaciones AWS (American Welding Society) las soldaduras deben seguir las siguientes especificaciones:

Acero a soldar	Tipo de soldadura	Uso	Proceso	Denominación
A36	Soldadura a Tope	Acero A36	SMAW	Electrodo AWS 5.1 E7018
A36	Soldadura de Filete	Acero A36	SMAW	Electrodo AWS 5.1 E7018
A36	Soldadura discontinuas	Acero A36	SMAW	Electrodo AWS 5.1 E7018
Acero inoxidable AISI 304 2B			SMAW	AWS A5.9 ER308 LSI
AISI 304 2B-A36			SMAW-MIG	AWS 5.3 E309L 16

**Tabla 44: Distribución de soldadura**

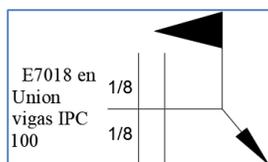
Fuente: AWS 5.1 (AWS America Welding Society, 1996) (Gudiño & Rubio, 2017)

### 5.12.1 Simbología

En base a los parámetros sugeridos AWS 5.1 y AWS 5.9 se considera para el cálculo de longitud, tamaño y espaciamiento de soldaduras los parámetros mostrados en el anexo 8.5 acorde al espesor de placa y material a soldar.

### 5.12.2 Soldadura A36

Esta soldadura se utiliza para perfiles de acero A36 (AWS,2012). De esta manera, se requiere en las uniones viga transversal y longitudinal.

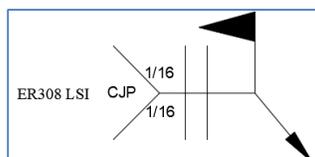


**Figura 44: Soldadura E7018**

Basado en su ancho de placa de los perfiles A36 se requiere una soldadura de campo en ambos lados, doble cordón cuadrado de 1/8 plg. Electrodo AWS 5.1 E7018.

### 5.12.3 Soldadura Acero inoxidable AISI 304 2B

Esta soldadura se utiliza para perfiles unir perfiles de acero inoxidable AISI 304 2B. (AWS,2012). Los tamaños de soldadura varían de acuerdo al espesor de la plancha. Para unir planchas 4mm el tamaño es 1/16 plg y para 8 mm es 1/8 plg.



**Figura 45: Soldadura ER308 LSI**

Soldadura de campo en ambos lados, penetración completa, doble cordón cuadrado de 1/8 plg.

#### 5.12.4 Soldadura AISI 304 2B-A36

Utilizada para unir perfiles de acero A36 y 304 2

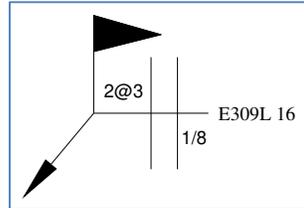


Figura 46: E309 L16

Soldadura de campo en ambos lados intermitente de 2 plg de longitud cada 3 plg entre centros, doble cordón cuadrado de 1/8 plg.

## Capítulo VI: Análisis costo-beneficio

### 6.1 Presupuesto

En base a los planos de diseño ubicados en anexos se procede a realizar la propuesta económica que contiene:

- Costos directos
- Costos indirectos (Mark up):
  - Costos de administración de obra (Job overhead)
  - Costo de administración Central (Gastos generales)
  - Contingencias
  - Utilidad del proyecto

#### 6.1.1 Costos directos

Costos asociados a los materiales, equipo, mano de obra y transporte exclusivamente para la ejecución de un concepto de trabajo.

#### 6.1.2 Costos Indirectos

Aquellos que se realizan para ejecución del proyecto y no han sido considerados como costo directo (Cámara de la Industria de la Construcción , 2018). Los costos indirectos consideran a los costos de administración de obra (Job Overhead, JOH), Gastos Generales (Costos de administración Central, GG), contingencias y utilidad del proyecto. Para medir el porcentaje de costos indirectos respecto a costos directos se utiliza la razón Mark up que relaciona los costos antes mencionados sobre los costos directos.

$$\%MU = \frac{JOH + GG + CONTINGENCIA + UTILIDAD}{CD}$$

**Ecuación 45: Mark Up o % Costos indirectos**

### **6.1.3 Costo de administración de obra (Job overhead)**

Son los costos de un proyecto no-asociados a un paquete de trabajo y generales de la obra (Recalde, 2017). Entre ellos oficina de obra, bodega, guardianía, gasolina, vehículos, campamento, alimentación, dirección, documentación, entre otros.

Para gastos misceláneos y garantías son 4% y 1.34% respectivamente acorde a los porcentajes utilizados por experiencia y mercado.

### **6.1.4 Costos de Administración Central (Gastos Generales)**

Gastos asociados a la administración central, el costo de llevar el proyecto se sugiere 1.86% (Recalde, 2017).

### **6.1.5 Real de costos indirectos (Overhead)**

El porcentaje de Overhead representa el valor real de los costos indirectos sin incluir utilidad y contingencias respecto a los costos directos. Se expresa de la siguiente manera:

$$\%OH = \frac{JOH + GG}{CD}$$

**Ecuación 46: % Overhead**

### **6.1.6 Contingencias**

Asociado a las reservas, costos adicionales, incrementos de precios, fallas de trabajo, retrasos. Se recomienda 4% (Recalde, 2017).

### 6.1.7 Utilidad

Es los honorarios empresariales generados por el constructor del proyecto depende de compañía, industria y proyecto. Se utiliza una utilidad del 8.5%

De esta manera se genera los siguientes valores que se distribuyen en la construcción de redes sanitarias y elaboración del tanque de tratamiento de aguas residuales con una duración de 15 días laborables (Hernández & Galán, Manual de depuración de aguas residuales Uralita, 2004).

A. Equipos				
Descripción	Unidad	Cant.	Costo	Total
<b>A.1. Elaboración redes sanitarias</b>				
Herramienta menor (5% M.O Elaboración redes sanitaria)				\$ 26.23
Amoladora	Unidad	2	\$ 75.00	\$ 150.00
<b>Subtotal A.1.</b>				\$ 176.23
<b>A.2. Elaboración tanque</b>				
Herramienta menor (5% M.O. Elaboración Tanque)				\$ 117.43
Amoladora	Unidad	5	\$ 150.00	\$ 750.00
Equipo oxicorte	Unidad	1	\$ 123.20	\$ 123.20
Soldadura electrica 300 A	Unidad	2	\$ 230.00	\$ 460.00
<b>Subtotal A.1.</b>				\$ 1,450.63
<b>Subtotal A. Equipos</b>				\$ 1,626.86

Figura 47: Propuesta económica equipos

B. Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cant.	Costo	Total
<b>B.1. Elaboración redes Sanitarias</b>				
Plomero (Estruc.Ocup. D2)	hombre	1	\$ 174.89	\$ 174.89
Peon E.O E2	hombre	1	\$ 141.58	\$ 141.58
Maestro de Obra (Estruc. Ocup. C1)	hombre	1	\$ 208.21	\$ 208.21
<b>B.1 Subtotal</b>				\$ 524.68
<b>B.2. Elaboración tanque</b>				
Peon (Estruct. Ocup. E2)	hombre	1	\$ 283.16	\$ 283.16
Maestro de Obra (Estruc. Ocup. C1)	hombre	1	\$ 416.41	\$ 416.41
Soldador (Estr. Oc D2)	hombre	2	\$ 516.36	\$ 1,032.72
Rresidente de Obra (Estruc. Ocup. B1)	hombre	1	\$ 616.30	\$ 616.30
<b>B.2 Subtotal</b>				\$ 2,348.59
<b>Subtotal B. Mano de Obra</b>				\$ 2,873.26

Figura 48: Propuesta económica Mano de Obra

<b>C.Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
<b>C.1. Elaboración redes sanitarias</b>				
Tubo desgue PVC 6 plg	m	78	\$ 8.24	\$ 642.98
Codo desgue PVC 6 plg x90°	Unidad	5	\$ 11.34	\$ 56.70
TEE desgue PVC 6 plg	Unidad	2	\$ 13.84	\$ 27.68
Polipega	gl	1	\$ 47.18	\$ 47.18
Polilimpia	gl	1	\$ 27.68	\$ 27.68
Tubería Acero Inoxidable 3plg	m	6	\$ 22.54	\$ 135.24
Codo Acero inoxidable 3 plg x90°		1	\$ 12.83	\$ 12.83
Orings	Unidad	6	\$ 1.89	\$ 11.34
Gancho metalico	Unidad	6	\$ 4.55	\$ 27.30
hormigón f'c: 18 MPA	m3	1	\$ 75.03	\$ 75.03
Recubrimiento anticorrosion	gl	1	\$ 8.74	\$ 8.74
Bomba de agua	Unidad	1	\$ 1,966.45	\$ 1,966.45
<b>C.1 Subtotal</b>				\$ 3,039.15
<b>C.2. Elaboración tanque</b>				
Plancha AISI 304 2B 1220x2440mm e=4mm	u	10.00	\$ 389.00	\$ 3,890.00
Plancha AISI 304 2B 1220x2440mm e=8mm	u	3.00	\$ 710.78	\$ 2,132.34
Atiesador A36 Angulo laminado L 75x75x8 mm	u	12.00	\$ 14.30	\$ 171.58
Viga laminada IPN 100 A36 100x50x4.50x6.8 mm	u	18.00	\$ 11.04	\$ 198.63
Tubería 3 plg acero inoxidable AISI 304 3B	m	3.00	\$ 22.59	\$ 67.78
Varilla Ø 10 mm	kg	1.86	\$ 0.95	\$ 1.77
Codo 90° 3 plg acero inoxidable AISI 304 3B	u	4	\$ 12.83	\$ 51.32
Pintura Hempadur Multi-Strength 35530	gl	3	\$ 85.75	\$ 257.25
Disco de corte para acero	u	43	\$ 9.02	\$ 387.86
Anticorrosivo mate oxido rojo	gl	2	\$ 15.74	\$ 31.48
electrodo E7018 usado para vigas	kg	48	\$ 4.01	\$ 192.48
Electrodo E309 L16	kg	16	\$ 20.05	\$ 320.80
Electrodos ER308 LSI	kg	5	\$ 35.98	\$ 179.90
thinner comercial	gl	5	\$ 15.59	\$ 77.95
Grata para pulir acero	u	2	\$ 8.79	\$ 17.58
<b>C.2. Subtotal</b>				\$ 7,978.71
<b>C3. Materiales Equipo de protección personal</b>				
Botin punta de acero	u	8	\$ 68.00	\$ 544.00
Casco 3M	u	8	\$ 7.00	\$ 56.00
Gafas Negras	u	3	\$ 14.30	\$ 42.90
Gafas de seguridad transparente	u	10	\$ 7.90	\$ 79.00
Guante de cuero y lona	m	5	\$ 4.24	\$ 21.20
Orejeras 22db	kg	3	\$ 8.88	\$ 26.64
Mascarillas	u	5	\$ 9.25	\$ 46.25
Cristales soldadura protector	gl	3	\$ 0.20	\$ 0.60
Uniforme overol	u	8	\$ 55.54	\$ 444.32
Cinta de seguridad 250 m	u	1	\$ 13.02	\$ 13.02
conos de seguridad 45 cm	u	4	\$ 6.96	\$ 27.84
<b>Subtotal C.3. Materiales</b>				\$ 1,301.77
<b>Subtotal C. Materiales</b>				\$ 12,319.63

Figura 49: Propuesta económica materiales

<b>D. Transporte</b>	<b>gbl</b>	<b>1</b>	<b>\$ 600.00</b>	<b>\$ 600.00</b>
<b>E. Total Costo Directo (A+B+C+D)</b>				<b>\$ 17,419.75</b>
<b>F. Costos Indirectos del Proyecto (Job Overhead)</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Movilización y Oficinas	Gbl	1	\$ 200.00	\$ 200.00
Gastos Misceláneos (%E):	%	4%	\$ 17,419.75	\$ 696.79
Garantías (%E):	%	1.34%	\$ 17,419.75	\$ 233.42
<b>Subtotal F. Costos Indirectos del Proyecto</b>				<b>\$ 1,130.21</b>

Figura 50: Propuesta económica Transporte

<b>G. Costos Indirectos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Contingencias(% E+F)	%	4.00%	\$ 18,549.96	\$ 742.00
Gastos General (%E+F):	%	1.86%	\$ 18,549.96	\$ 345.03
Utilidad (%E+F):	%	8.50%	\$ 18,549.96	\$ 1,576.75
<b>Subtotal F. Costos Indirectos</b>				<b>\$ 2,663.77</b>
<b>H. Valor de la Oferta (E+F+G)</b>				<b>\$ 21,213.73</b>

Figura 51: Valor de Oferta

Fuente: Ingeniería de costos apuntes (Recalde,2017) & Revista construcción (Cámara de la Industria de la Construcción , 2018)

<b>Valor presupuesto USD</b>	<b>\$ 21,213.73</b>
IVA 12%	\$ 2,545.65
<b>Total</b>	<b>\$ 23,759.38</b>
<b>Overhead</b>	<b>8.47%</b>
<b>Mark up</b>	<b>21.78%</b>

Por lo tanto la elaboración de la planta de tratamiento de aguas residuales y sus instalaciones sanitarias costaría aproximadamente \$ 23 759.38 USD incluido IVA.

## 6.2 Costos de operación y mantenimiento por año

A continuación se detalla el costo de operación y mantenimiento donde se utiliza personal para supervisión y limpieza con una visita por mes ya que es un planta de tratamiento móvil y requiere menor supervisión (Hernández & Galán, 2004). Además, se incluye el costo de energía eléctrica utilizado por la bomba de agua residual.

<b>Costo de operación y mantenimiento</b>	<b>USD/mensual</b>	<b>USD/anual</b>
<b>Equipos</b>		
Herramienta menor ( 5% M.O Elaboración)	\$ 3.08	\$ 36.98
<b>Mano de obra</b>		
Personal de supervisión y limpieza (1 visita por mes)	\$ 61.63	\$ 739.56
<b>Materiales</b>		
Anticorrosivo mate oxido rojo	-	\$ 31.48
<b>Otros</b>		
Energía eléctrica (bomba de agua residual )	\$ 9.54	\$ 114.52
<b>Total</b>	<b>\$ 74.25</b>	<b>\$ 922.53</b>

Tabla 45: Costo de operación y mantenimiento

## 6.3 Consideraciones Costo-Beneficio

Las consideraciones costo-beneficios conllevan a justificar la necesidad de destinar presupuesto por parte de la USFQ a la elaboración del presente proyecto. De esta manera, se procede analizar los siguientes parámetros:

### 6.3.1 Tarifas

Se considera a tarifas como el costo pagado a entidades públicas encargadas del manejo ambiental y sanitario. Dentro de las tarifas se considera el multas y pagos en función del SMVG (Salario Mínimo Vital General) de 386 USD/mensual y tarifa por m3 de agua residual tratada.

### 6.3.2 Subsidios

Acorde a la Ordenanza 213: Sustitutiva del Título V, “Del medio Ambiente” Código Municipal para el DMQ vigente desde 5 de abril del 2007 (Municipio de Quito, 2007). Se establece que los sujetos de sector productivo con tasas de otorgamiento de permiso de descargas líquidas hayan cumplido con normas de las descargas por debajo de los valores máximos permisibles en un 10% dentro de dos años estarán exentos del pago de plan de manejo ambiental (Licencia ambiental) de 6 SMVG.

### 6.3.3 Multas

Acorde al Codificación a la Ley de Gestión Ambiental, Registro Oficial N° 418, 10 de septiembre de 2004 (Ministerio del Ambiente, 2014). Establece el art 40. que personas naturales y jurídicas que en actividades empresariales produzcan daños a los ecosistemas y sistemas públicos de saneamiento, el infractor es sancionado con veinte a doscientos salarios SMVG. Además, la ordenanza 213 establece la ecuación para descargas que exceden lo permitido:

$$C_{lm} = \frac{(2DBO+DQO)}{3} + SS = \left( \frac{2*38.53+889.02}{3} + 200 \right) \frac{mg}{lt} * 0.11 \frac{lt}{seg} * \frac{60 seg*60 min*4 horas*1 kg}{1000000 mg*dia} = 0.83 \text{ kg/d}$$

**Ecuación 47: Carga contaminante**

- $C_{lm}$ : Carga contaminante (kg/d)

- DBO: Carga de DBO (38.53 mg/l) en cinco días, que es el producto de la concentración de DBO5 por el caudal de diseño (l/s) promedio de descarga (0.11 l/s) y por tiempo efectivo de descarga en horas por día (8hrs)
- DQO: carga de DQO (889.02 mg/l), que es el producto de la concentración de DQO por el caudal de diseño (l/s) promedio de descarga (0.11 l/s) y por tiempo efectivo de descarga en horas por día (8hrs)
- SS: Carga SS, que es el producto de la concentración de (200 mg/l) de SS por el promedio de descarga (0.11 l/s) y por tiempo efectivo de descarga en horas por día (4 hrs)

$$CCr = \frac{(2DBO+DQO)}{3} + SS = \left( \frac{2*100+250}{3} + 100 \right) \frac{mg}{lt} * 0.11 \frac{lt}{seg} * \frac{60 seg*60 min*4horas*1 kg}{1000000 mg*dia} = 0.40$$

**Ecuación 48: Carga referencial Contaminante**

- CCr: Carga contaminante referencial de límites máximos (kg/d)
- DBO: Carga de DBO 100 (mg/l) en cinco días, que es el producto de la concentración de DBO5 por el caudal de diseño (l/s) promedio de descarga (0.11 l/s) y por tiempo efectivo de descarga en horas por día (8hrs)
- DQO: carga de DQO 250 (mg/l), que es el producto de la concentración de DQO por el caudal de diseño (l/s) promedio de descarga (0.11 l/s) y por tiempo efectivo de descarga en horas por día (8hrs)
- SS: Carga SS, que es el producto de la concentración de 100 (mg/l) de SS por el promedio de descarga (0.1320 l/s) y por tiempo efectivo de descarga en horas por día (8hrs)

$$C = (CC - Cr) * 0.017 = (0.83 - 0.40) * 0.017 = 0.00731 \text{ SMVG/ dia}$$

**Ecuación 49: Valor de la sanción por día (SMVG)**

Dónde:

C: valor de la sanción por día, en Salarios Mínimos Vitales Generales

Donde el valor C es 0.00731

A continuación, se presenta el costo tarifario referencial que podría implementar la EPMAPS (Empresa Publica Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento) en el caso que este preste el servicio de depuración de aguas y no se requiera el uso de la planta de tratamiento de la USFQ.

País	Empresa	Valor de tratamiento de aguas residuales (alcantarillado) USD/m3
Chile	Superintendencia de servicios Sanitario	\$ 0.08
Chile	Aguas Andinas S.A	\$ 0.30
Colombia	Proactiva S.A	\$ 0.36
Perú	SUNASS	\$ 0.05
Promedio		\$ 0.20

**Tabla 46: Tarifas referenciales a implementar en DMQ**

Si el Municipio de Quito a través de sus agencias elabore plantas de tratamiento municipales la ordenanza 213 permite subsidiar el pago de agua residual a tratar generando un ahorro de 0.20 USD/m<sup>3</sup> por agua residual vertida.

		Costos a pagar sin planta de tratamiento de aguas durante 20 años USD					
		Valores costo presente					
Parámetros	Tarifas	Valor diario	Valor Mensual	Valor anual	Valor bianual	Multa	20 años
Ordenanza 213 & 12 ( Título V, "Del Medio Ambiente", Código Municipal DMQ) (Plan de manejo ambiental y plan de acción (licencia ambiental, costo bianual)	6 SMVG o SBU	-	-	-	\$ 2,310.00	-	\$ 23,100.00
Codificación a la Ley de Gestión Ambiental (Asumiendo dos sanciones)	20 SMVG o SBU	-	-	-	-	\$ 7,700.00	\$ 15,400.00
Valor sanción por día (Carga Contaminante)	0.00731 * SMVG o SBU (\$ 386)	\$ 2.82	\$ 84.60	\$ 1,029.30	\$ 2,058.60	-	\$ 20,586.00
Tarifa USD/m <sup>3</sup>	2082 m <sup>3</sup> /año	-	-	\$ 416.40	-	-	\$ 8,328.00
						<b>Gasto</b>	
						<b>Total USD</b>	<b>\$ 67,414.00</b>

**Tabla 47: Costo a pagar sin planta de tratamiento 20 años con valores presentes**

Por lo tanto, en el caso de no construir la planta de tratamiento se esperarían gastos durante 20 años con valores de costo presente de USD 67 414.00 frente a los \$ 23 759.39 USD invertidos en la elaboración de la planta. Sin embargo, los valores de costo a pagar sin planta de tratamiento serían beneficios que representaría a la USFQ por lo tanto se requiere un análisis más detallado para conocer los reales beneficios y costos del presente y futuro a través de un análisis costo beneficio.

#### 6.4 Análisis costo-beneficio

Se procede a realizar un análisis costo- beneficio considerando los siguientes valores:

- Costo de construcción de planta
- Costo de mantenimiento y operación
- Ordenanza 213 & 12 ( Título V, "Del Medio Ambiente", Código Municipal DMQ) (Plan de manejo ambiental y plan de acción (licencia ambiental, costo bianual)
- Codificación a la Ley de Gestión Ambiental (Asumiendo dos sanciones)
- Valor sanción por día (Carga Contaminante)
- Tarifa USD/m<sup>3</sup>

Para realizar el análisis de beneficio- costo se requiere considerar todos los valores a futuro para luego llevar a valor presente utilizando las siguientes ecuaciones.

$$VF = VP * (1 + i)^n$$

**Ecuación 50: Valor futuro**

Dónde:

VF: Valor futuro

VP: Valor Presente

i: 1.12% tasa de inflación (Cámara de la Industria de la Construcción , 2018)

n: Número de años

Año	Costo		Beneficios			
	Construcción proyecto	Operación y Mantenimiento	Ordenanzas	Ley gestión ambiental	Valor sanción por día (Carga contaminante)	Tarifa USD/m3
0	\$ 23,759.38	-	-	-	-	
1	-	\$ 922.53	\$ 2,310.00	\$ 7,700.00	\$ 2,058.60	\$ 416.40
2	-	\$ 932.86	-	-	\$ 2,081.66	\$ 421.06
3	-	\$ 943.31	\$ 2,362.03	-	\$ 2,104.97	\$ 425.78
4	-	\$ 953.88	-	-	\$ 2,128.55	\$ 430.55
5	-	\$ 964.56	\$ 2,415.24	-	\$ 2,152.39	\$ 435.37
6	-	\$ 975.36	-	-	\$ 2,176.49	\$ 440.25
7	-	\$ 986.29	\$ 2,469.64	-	\$ 2,200.87	\$ 445.18
8	-	\$ 997.33	-	-	\$ 2,225.52	\$ 450.16
9	-	\$ 1,008.50	\$ 2,525.27	-	\$ 2,250.45	\$ 455.21
10	-	\$ 1,019.80	-	\$ 8,607.19	\$ 2,275.65	\$ 460.30
11	-	\$ 1,031.22	\$ 2,582.16	-	\$ 2,301.14	\$ 465.46
12	-	\$ 1,042.77	-	-	\$ 2,326.91	\$ 470.67
13	-	\$ 1,054.45	\$ 2,640.32	-	\$ 2,352.97	\$ 475.94
14	-	\$ 1,066.26	-	-	\$ 2,379.32	\$ 481.27
15	-	\$ 1,078.20	\$ 2,699.80	-	\$ 2,405.97	\$ 486.66
16	-	\$ 1,090.28	-	-	\$ 2,432.92	\$ 492.12
17	-	\$ 1,102.49	\$ 2,760.61	-	\$ 2,460.17	\$ 497.63
18	-	\$ 1,114.83	-	-	\$ 2,487.72	\$ 503.20
19	-	\$ 1,127.32	\$ 2,822.79	-	\$ 2,515.59	\$ 508.84
20	-	\$ 1,139.95	-	-	\$ 2,543.76	\$ 514.53
Total por item	\$ 23,759.38	\$ 20,552.18	\$ 25,587.87	\$ 16,307.19	\$ 45,861.61	\$ 9,276.58
Total Valor Futuro	\$ 44,311.56		\$ 97,033.25			

Tabla 48: Análisis de valores futuros

De esta manera se procede a comparar su beneficio costo a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Valor presente de beneficios}}{\text{Valor presente de costos}}$$

Ecuación 51: beneficio costo

De esta manera se lleva todos los valores futuros de \$ 44 311.56 y \$ 97 033.25 a valor presente de \$ 40 207.51 y \$ 77 656.78 respectivamente por medio de la ecuación 47, con el fin de generar

el parámetro B/C donde se establece la siguiente escala acorde a *Principles of Engineering Economic Analysis* (White, 1998):

- $B/C > 1$  beneficios superan los costos, el proyecto es viable
- $B/C=1$  No existe ganancias, no es viable el proyecto
- $B/C < 1$  indica los costos son mayores que los beneficios, no es viable el proyecto

	<b>Costo</b>	<b>Beneficio</b>
<b>Valor presente</b>	\$ 40,207.51	\$77,656.78
<b>Beneficio/costo</b>	<b>1.93</b>	

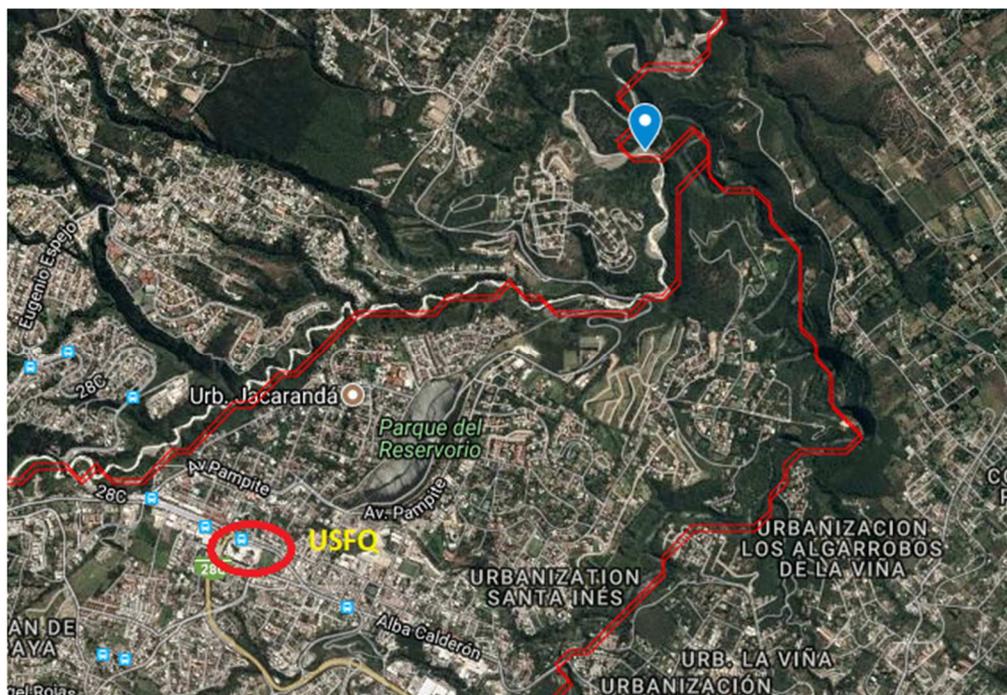
**Tabla 49: Beneficio/costo**

Así, se encuentra que el proyecto tiene un índice B/C de 1.93, siendo un proyecto viable es decir se espera por cada USD 1,93 en beneficios por cada \$1 de costos.

## **6.5 Impacto ambiental**

En base a al análisis costo/beneficio se encuentra que aparte de los beneficios económicos, el proyecto cumple con las normativas de licencia ambiental lo cual implica el cumplimiento de los límites máximos permitidos de descarga en aguas residuales.

Además, el presente proyecto permite disminuir la contaminación de sólidos sedimentable como el hormigón, sueldas y grasas. De esta manera, la Universidad San Francisco garantiza la disminución de contaminación de afluentes en sus laboratorios más contaminantes del campus. Las descargas de los laboratorios de ingeniería civil y mecánica reducirán el porcentaje de contaminación al alcantarillado público, lo cual permite a la USFQ ser una entidad precursora que vela el tratamiento de aguas residual, cuyas aguas terminan en el río Machangara y San Pedro acorde a la siguiente figura:



**Figura 50: Descargas hídricas unión Rio Machangara y San Pedro**

Fuente: El comercio & INAMHI (Díaz, 2018)

Dichos cauces hídricos tienen como punto final el río Esmeraldas, el cual recibe la mayor contaminación de los cantones Quito y Cotacachi. En este cauce se ha registrado la muerte de cientos de peces en Esmeraldas y Quinindé (Díaz, 2018). Además, el agua del río esmeraldas es utilizado para actividades cotidianas como: lavado de ropa, utensilios y pesca artesanal. De esta manera, el presente proyecto permite reflejar el impacto ambiental como entidad USFQ a estos cauces. Con el funcionamiento de la planta de tratamiento y con el ejemplo de comunidad universitaria se podrá crear una cultura de responsabilidad de las afectaciones al ecosistema por parte del cantón Quito y específicamente la parroquia de Cumbayá. El proyecto será un ejemplo de descontaminación por parte de entidades privadas (USFQ) que permite solucionar esta problemática de manera económica y efectiva para los recursos hídricos.

## Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

El presente proyecto técnico busca determinar el grado de contaminación existente en las aguas residuales industriales generadas en los laboratorios de Ingeniería civil y mecánica. Así, a través del aforo de puntos de recolección de aguas residuales se determina que la medida de biodegradabilidad está acorde de la relación DBO5/DQO donde valores superiores a 0.6 es vertido orgánico o domestico de 0.6 a 0.2 vertidos de industrias químicas y farmacéuticas y menores a 0.2 es vertido orgánico de proceso industriales como construcción o metalurgia. En el análisis de agua se encuentra que la medida de bio-degradabilidad es 0.043. Esta medida muestra que el grado de contaminación es toxico perteneciente a procesos industriales, hay una fuerte presencia de materia oxidable no biodegradable. En otro aspecto, queda demostrado que los puntos de desagüe provenientes del laboratorio de hormigones y mecánica generan valores de turbidez, solidos totales, solidos volátiles, DBO5 y DQO mayores a los límites máximos permisibles, lo cual demanda urgentemente un proceso de tratamiento de aguas residuales previa a su descarga.

Para estimar la población estudiantil a lo largo del periodo de diseño de 20 años se estima la descarga neta total (L/hab-día) basado en los estudiantes que ocupan a diario los laboratorios. De esta manera, se genera el caudal máximo horario que permite dimensionar las nuevas instalaciones sanitarias diseñadas a partir de los planos *as-built* proporcionados por el Paseo San Francisco que dirigen los desechos a la planta de tratamiento de agua. Así, a través del caudal de diseño se determina los diámetros de tuberías sanitarias requeridas. Las cuales son de PVC de 6 plg de diámetro conectadas a una cámara de llegada que permite contener los sólidos y reducir la

velocidad del agua residual, posteriormente llega a un pozo de bombeo donde se ubica una bomba mono-canal que permite bombear el agua a la planta de tratamiento de aguas residuales.

El dimensionamiento y diseño de procesos de una planta de tratamiento de aguas residuales sigue recomendaciones constructivas del Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras sanitarias y Normas para Estudio y Diseño de Sistema de Agua Potable y disposición de Aguas Residuales, Manual de depuración de aguas residuales de Uralita (Hernández & Galán, 2004) y Elementos de diseño de acueductos y alcantarillado (López, 2003). De esta manera, para el diseño de procesos y tecnología de una planta de aguas residuales se procede a crear una matriz de selección de tecnología para el diseño de una planta de tratamiento entre hormigón y acero en base a parámetros como: área disponible, costos, parámetros de descargas, olores, estética, entre otros. Acorde a estos criterios de selección se diseña una planta en acero Inoxidable AISI 304 2B.

En base a las estimaciones de descargas netas de aguas residuales, una matriz de decisión acorde a la tecnología adecuada y área disponible de construcción, se diseña una planta de tratamiento donde se establece etapas modulares para disminuir la contaminación y generar aguas con parámetros menores a los límites máximos permisibles. Dichas etapas están compuestas por: electrocoagulación, floculación, sedimentación-trampa de grasa y tanque de equilibrio. Aquellos módulos están compactados en una planta con capacidad de 7 m<sup>3</sup> para un caudal de diseño de 0.16 l/s detallados en los Anexos: Planos. El diseño de esta planta modular permite ser asequible a centros o lugares que tengan una población diaria de al menos 29 personas.

Dentro de las consideraciones beneficio costo se encuentra que acorde a las normativas municipales de descarga de afluentes del sistema de manejo ambiental (Ordenanza 213, 320),

código municipal del Distrito Metropolitano de Quito y Codificación a la Ley de Gestión Ambiental el costo de no uso de una planta de tratamiento modular podría generar un gasto total en valor presente para el año base de planificación del 2018 de \$ 77 656.78 por conceptos de multas, subsidios y tarifas, frente a los \$ 40 207.51 invertidos en la elaboración de la planta, operación y mantenimiento. De esta manera, se generaría un ahorro en valor presente para el año 2018 de \$ 37 444.27 USD, en otras palabras, los beneficios son mayores a los costos de inversión. Por lo tanto, el proyecto genera ganancia económica, garantiza responsabilidad ambiental y cumplimiento legal por parte de la USFQ; entre las cuales destacan la Ordenanza 213 & 320, Título V, "Del Medio Ambiente", Código Municipal DMQ (Plan de manejo ambiental y plan de acción), La Ley de Gestión Ambiental y el Código Orgánico del Ambiente, La Ley de Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del agua (LORHUyA) y la Constitución Ecuatoriana. Por otro lado, permite el estudio académico del funcionamiento de las plantas residuales por parte de los estudiantes de Ingeniería ambiental e Ingeniería Civil.

## **7.2 Recomendaciones**

Se recomienda que para futuros proyectos se considere aumentar el número de muestras analizadas sustentadas por una campaña de muestreo es decir realizar muestras consecutivas durante al menos una semana, la creación de un manual de usuario para la planta de tratamiento de aguas residuales donde se detalle instrucciones importantes, asesorías y proveedores. De igual manera, se debe considerar una matriz de selección de tecnología basada en experiencias prácticas y no solo teóricas. Por otro lado, se recomienda el desarrollo del diseño del sistema eléctrico y electrónico en conjunto con la bomba mono canal a través de planos eléctricos.

El análisis de costos considera que la elaboración de la planta sea con materiales disponibles en el mercado. Así, es necesario consultar la disponibilidad de las planchas de acero

inoxidable AISI 304 en los espesores requeridos de 4 mm y 8 mm ya que para estos espesores se requiere contactarse directamente con un proveedor de este material. También, debe considerarse en base al costo por metro el posible uso de tuberías de acero inoxidable en lugar de tuberías de PVC para transportar las aguas residuales de los puntos de descarga a la planta de tratamiento. Es necesario recalcar el uso de electrodos disponible en el mercado bajo pedido como el ER308 LSI y E309 L16.

Por último, se recomienda que la elaboración en obra del proyecto sea realizado por contratistas o personal con experiencia previa en plantas de tratamiento de aguas residuales y soldadura de perfiles de acero. Además, el costo total de la obra no considera el sistema de diseño eléctrico y electrónico, lo cual podría incrementar el costo de la misma.

## Bibliografía

- Acosta, G., & Coy, C. (Marzo de 2013). *Universidad Militar Nueva Granada* . Obtenido de La electrocoagulación como un tratamiento eficiente para la eliminación de metales presentes en aguas residuales: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/download/389/168>
- Aguas Andinas S.A. (2018). *Tarifas*. Obtenido de [www.siss.gob.cl/577/articulos-4625\\_Aguas\\_Andinas\\_G1\\_dic\\_2017.pdf](http://www.siss.gob.cl/577/articulos-4625_Aguas_Andinas_G1_dic_2017.pdf)
- ANSI/AISC. (2010). *Especificación para construcción en acero* . Obtenido de [http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion\\_ansi-aisc\\_360-10\\_para\\_construcciones\\_de\\_acero.pdf](http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion_ansi-aisc_360-10_para_construcciones_de_acero.pdf)
- AWS America Welding Society. (1996). *Manual de Soldadura Tomo 1*. Mexico .
- Bermeo, L., & Santin, J. (2010). *Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá*. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1346/3/Lorena.pdf>
- Cámara de la Industria de la Construcción . (2018). *Revista Construcción* .
- Díaz, V. (2018). *A donde va parar las aguas de Quito*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/afull/quito-aguasresiduales-riomachangara-cuencadelguayllabamba-esmeraldas.html>
- El Tiempo. (2017). *Diario El Tiempo*. Obtenido de Incremento de Tarifas: [www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/en-diciembre-subiran-las-tarifas-del-alcantarillado-41894](http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/en-diciembre-subiran-las-tarifas-del-alcantarillado-41894)
- Gudiño, P., & Rubio, S. (Septiembre de 2017). *Escuela Politécnica Nacional* . Obtenido de Diseño y construcción de un tanque en Acero Inoxidable para un sistema de tratamiento de aguas residuales del Hospital Monte Sinaní: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18753>
- Hernández, A., & Galán, P. (2004). *Manual de depuración Uralita*. Madrid: Thomson Paraninfo.
- Krammer, D. (2010). *Escala de biodegradabilidad* . Obtenido de Agencia Catalana del Agua : [http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educacion\\_ambiental/educ/publicaciones/ciclo\\_del\\_agua/cicag/2/2\\_5\\_1/main.html](http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/main.html)
- Lopez, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado*. Bogota. Obtenido de <https://muisfv.usfq.edu.ec/d2l/le/content/79690/viewContent/757215/View>
- Megysey, E. (1992). *Manual de recipientes a presión: Diseño y Calculo*. Ciudad de Mexico: Editorial Limusa .

- MESS. (2010). *Ministerio de Empleo y Seguridad Social de España*. Obtenido de <http://calculadores.insht.es/SuperficieM%C3%ADnimadeTrabajo/Introducci%C3%B3n.aspx>
- Metcalf & Eddy. (2008). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: McGraw-Hill.
- Ministerio del Ambiente . (2014). *Codificación a la Ley de Gestion Ambiental* . Obtenido de Titulo V, De la información y vigilancia : [www.ambiente.gob.ec/biblioteca/](http://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/)
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA : <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- Morales, P. (2015). *Instituto Politécnico Nacional* . Obtenido de Tratamiento de agua residual de biodiesel por electrocoagulación : [tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/18232/1/25-1-16843.pdf](http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/18232/1/25-1-16843.pdf)
- Municipio de Quito . (2013). *Ordenanza 404 y 320* . Obtenido de [http://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202013/ORDM%200404%20-%20MEDIO%20AMBIENTE-ORD.%202013-REFORMATORIA.pdf](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202013/ORDM%200404%20-%20MEDIO%20AMBIENTE-ORD.%202013-REFORMATORIA.pdf)
- Municipio de Quito. (2007). *Ordenanza Metropolitana 213: Sustitutiva del Titulo V, "Del Medio Ambiente"*. Obtenido de [www.amt.gob.ec/files/AMT-Ordenanza-213.pdf](http://www.amt.gob.ec/files/AMT-Ordenanza-213.pdf)
- NORMA CO 10.7-601. (1992). Código Ecuatoriano para diseño de construcción de obras sanitarias . MIDUVI.
- Noyola, A., Morgan , J., & Guereca, L. (2013). *Pronatura* . Obtenido de Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales : [http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia\\_Aguas\\_Residuales.pdf](http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf)
- Occupational Safety and Health Administration . (2003). *Occupational Safety and Health Administration* . Obtenido de Exposición a la Silice : <https://www.osha.gov/Publications/osha3179.pdf>
- Orbe, C. (2013). *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. Obtenido de Diseño de plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales : <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6232/T-PUCE-6406.pdf;sequence=1>
- Organización Panamericana de la Salud . (2008). *Organización Panamericana de la Salud* . Obtenido de Diseño de Plantas Comunes para tratamientos de efluentes para aguas residuales industriales no peligrosos : <http://www.bvsde.paho.org/es/www/fulltext/resipeli/preven/web/filespdf/sec5.pdf>
- Proactiva S.A. (2017). *Tarifas Alcantarillado*. Obtenido de [www.proactiva.com.co/tunja/sobre-el-incremento-en-las-tarifas-de-acueducto-y-alcantarillado/](http://www.proactiva.com.co/tunja/sobre-el-incremento-en-las-tarifas-de-acueducto-y-alcantarillado/)

Recalde, J. (2017). Notas Tipos de estimaciones . *Ingenieria de Costos* . Cumbaya.

Rock, C., & Rivera , B. (Marzo de 2014). *The Arizona University* . Obtenido de La calidad el agua, E. coli y Salud : <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>

Russel, D. (2008). Tratamiento de aguas residuales . REVERTE.

Sistema Oficial de Contratación Pública. (2017). *ADQUISICIÓN DE SOLDADURA PARA REPOSICIÓN DEL STOCK DE LOS ALMACENES DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN*. Obtenido de <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/app/webroot/compras/ProcesoContratacion/ResumenPuja.php?id=84y3JMa1gxzApSJBcFGiTLaupU4E1DurHxLOT5y886g>,

SUNASS. (2018). *Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento*. Obtenido de [www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/eps/estudios-tarifarios](http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/eps/estudios-tarifarios)

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2018). *Gobierno de Chile Siss*. Obtenido de Facturación: [http://www.siss.gob.cl/577/articles-4825\\_facturacion.pdf](http://www.siss.gob.cl/577/articles-4825_facturacion.pdf)

White, C. (1998). *Principles of Engineering Economic Analysis*. New York: John Wiley & Sons.



## 8.2 Población

### 8.2.1 Número de estudiantes ingeniería civil e ingeniería mecánica según USFQ-Banner

Clases	Numero de estudiantes											
	ene- may 2013	ago- dic 2013	ene-may 2014	ago-dic 2014	ene- may 2015	ago- dic 2015	ene- may 2016	ago- dici 2016	ene- may 2017	ago- dici 2017	ene- may 2018	ago- dici 2018
<b>Año</b>		2013		2014		2015		2016		2017		2018
Laboratorio de hormigones	15	0	0	25	16	12	12	10	16	31	31	31
Laboratorio de mecanica de	0	20	16	11	14	13	0	11	23	34	21	34
taller Mecanico-mecanizado	7	27	8	42	13	49	25	45	47	50	15	52
Taller mecanico-soldadura	25	6	19	6	38	5	39	23	46	35	52	54
<b>Total Semestral</b>	47	53	43	84	81	79	76	89	132	150	119	171
<b>Total anual</b>		100		127		160		165		282		290

Estudiantes por Clase	Año					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Laboratorio de hormigones	15	25	28	22	47	62
Laboratorio de mecanica de suelo	20	27	27	11	57	55
taller Mecanico-mecanizado	34	50	62	70	97	67
Taller mecanico-soldadura	31	25	43	62	81	106
<b>Total</b>	100	127	160	165	282	290

### 8.2.2 Tasa de matriculación que no exceda capacidad máxima

Tasa de matriculacion	
k 2019-2023	0.7
k 2024-2028	0.6
K 2029-2033	0.5
K 2034-2039	0.4

### 8.2.3 Método lineal

Metodo lineal con Puc 2018		Estudiantes																				
Pei	k	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
2013	38	317	343	370	396	423	427	450	472	495	518	499	518	537	556	575	533	548	564	579	594	609
2014	41	319	347	376	404	433	437	461	486	510	535	514	535	555	575	596	551	567	583	600	616	632
2015	43	320	351	381	411	442	420	442	463	485	507	528	550	572	593	615	567	585	602	619	637	654
2016	63	334	378	421	465	509	440	465	490	515	540	634	665	696	728	759	690	715	740	765	790	815
2017	8	296	301	307	312	318	319	324	328	333	338	334	338	342	346	350	341	344	348	351	354	357
<b>Promedio</b>	<b>39</b>	<b>317</b>	<b>344</b>	<b>371</b>	<b>398</b>	<b>425</b>	<b>408</b>	<b>428</b>	<b>448</b>	<b>468</b>	<b>487</b>	<b>502</b>	<b>521</b>	<b>540</b>	<b>560</b>	<b>579</b>	<b>537</b>	<b>552</b>	<b>567</b>	<b>583</b>	<b>598</b>	<b>614</b>

## 8.2.4 Método geométrico

Metodo geometrico con Puc 2018		Estudiantes																				
Pci	r	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
2013	0.237	336	394	460	536	625	644	736	840	960	1096	994	1112	1244	1391	1556	1235	1352	1481	1621	1775	1943
2014	0.223	336	390	453	526	610	628	714	812	924	1051	956	1065	1187	1323	1474	1179	1287	1405	1533	1674	1827
2015	0.219	334	386	445	513	592	608	688	779	881	997	909	1009	1120	1242	1378	1111	1209	1315	1430	1555	1691
2016	0.326	356	437	537	660	810	847	1013	1211	1448	1731	1527	1776	2065	2402	2793	2061	2330	2634	2977	3365	3804
2017	0.028	296	301	307	313	320	320	326	331	337	343	338	343	347	352	357	347	350	354	358	362	366
Promedio	0.208	332	382	440	510	591	610	695	795	910	1043	945	1061	1193	1342	1512	1187	1306	1438	1584	1746	1926
Poblacion Promedio ajustado	0.208	332	382	440	510	591	610	695	795	910	1043	1052	1061	1193	1342	1376	1409	1424	1438	1584	1746	1926

## 8.2.5 Método logarítmico

Metodo Logaritmico		
Año	Estudiantes	Estuorances promedio ajustado
2013	100	100
2014	127	127
2015	160	160
2016	165	165
2017	282	282
2018	290	290
2019	245	245
2020	284	284
2021	330	330
2022	382	382
2023	444	444
2024	408	408
2025	463	463
2026	526	526
2027	598	598
2028	680	680
2029	549	549
2030	611	611
2031	680	680
2032	756	756
2033	841	841
2034	598	746
2035	651	728
2036	709	709
2037	772	772
2038	841	841
2039	916	916

Año	K
2014-2013	0.239
2015-2014	0.231
2016-2015	0.031
2017-2016	0.536
2018-2018	0.028
K promedio	0.213

## 8.3 Parámetros agua residual

### 8.3.1 Normativa urbana para estudios y diseños sanitarios



PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO
Temperatura	°C	45
Aceites y grasas	mg/l	100
pH	U	5 - 9
Sólidos en suspensión	mg/l	1200
Sólidos sedimentables	ml/l	10
Sustancias solubles en hexano	mg/l	50
DBO 5 d, 20 °C	mg/l	1000
Sulfatos	mg/l	500
Cianuros	mg/l	1
Arsénico	mg/l	0,1
Cadmio	mg/l	0,02
Cromo exavalente	mg/l	5
Hierro	mg/l	20
Mercurio	mg/l	0,01
Níquel	mg/l	2
Plomo	mg/l	0,5
Cobre	mg/l	1
Zinc	mg/l	5
Cloroformo	mg/l	0,1
Pentaclorofenol	mg/l	1
Hidrocarburos	mg/l	20
Cloro activo	mg/l	0,5
Pesticidas	mg/l	1

### 8.3.2 Libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente

TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

**TABLA B.1: Para todos los sectores productivos, exceptuando al sector textil y al sector de bebidas gaseosas, embotelladoras y cervecera.**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE		
			Junio 2006 a Mayo 2008	Junio 2008 a Mayo 2010	Junio 2010
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5 DÍAS)	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	172(A) 122 (C)	146(A) 96 (C)	120(A) 70 (C)
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	D.Q.O	mg/l	344(A) 214 (C)	292(A) 168 (C)	240(A) 123 (C)
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SS	mg/l	137(A) 92 (C)	116(A) 72 (C)	95(A) 53 (C)
CAUDAL	Q	l/s	4,5 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>

Fuente: Dirección Metropolitana Ambiental, Resolución No 003, Capítulo III. 14 Octubre 2005

Nota. 1. (A) Alcantarillado y (C) Cauce de agua.

2. <sup>a</sup> dato referencial para el cálculo de la carga contaminante para descargas líquidas

## ANEXO B

**TABLA B.1: Para todos los sectores productivos, exceptuando al sector textil y al sector de bebidas gaseosas, embotelladoras y cervecera.**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE		
			Junio 2006 a Mayo 2008	Junio 2008 a Mayo 2010	Junio 2010
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5 DÍAS)	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	172(A) 122 (C)	146(A) 96 (C)	120(A) 70 (C)
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	D.Q.O	mg/l	344(A) 214 (C)	292(A) 168 (C)	240(A) 123 (C)
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SS	mg/l	137(A) 92 (C)	116(A) 72 (C)	95(A) 53 (C)
CAUDAL	Q	l/s	4,5 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>

Fuente: Dirección Metropolitana Ambiental, Resolución No 003, Capítulo III. 14 Octubre 2005

Nota. 1. (A) Alcantarillado y (C) Cauce de agua.

2. <sup>a</sup> dato referencial para el cálculo de la carga contaminante para descargas líquidas

### 8.3.3 Matriz de selección

#	A	B	C	D	E
	%	PROCESO EVALUADO: UASB+FILTRO PERCOLADOR RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3= adecuado 5= muy bueno	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	3	0.6	3
2	10	GENERACIÓN DE RESIDUOS	5	1	10
3	0	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	5	1	0
4	10	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	5	1	10
5	5	VIDA ÚTIL	5	1	5
6	0	REQUERIMIENTO DE ÁREA	5	1	0
7	35	COSTO			
7.1		Inversión	5		
7.2		Operación y mantenimiento	5		
7.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3 D		1	35
8	10	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
8.1		Criterios de diseño	3		
8.2		Experiencia del contratista	1		
8.3		Tecnología ampliamente probada	1		
8.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	5		
8.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 8.5D		0.5	5
9	20	OPERACIÓN			
9.1		Flexibilidad de operación	5		
9.2		Confiabilidad del proceso	3		
9.3		Complejidad de operación del proceso	3		
9.4		Requerimiento de personal	5		
9.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	5		
9.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 9.6D		0.84	16.8
10	5	ENTORNO			
10.1		Influencia de la temperatura	5		
10.2		Producción de ruido	5		
10.3		Contaminación visual	5		
10.4		Producción de malos olores	1		
10.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	5		
10.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	5		
10.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6 y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 10.7D		0.87	4.4
11	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			89

## 8.4 Bomba Agua residual

Esquema Instalación

M 65/2 C.236-237

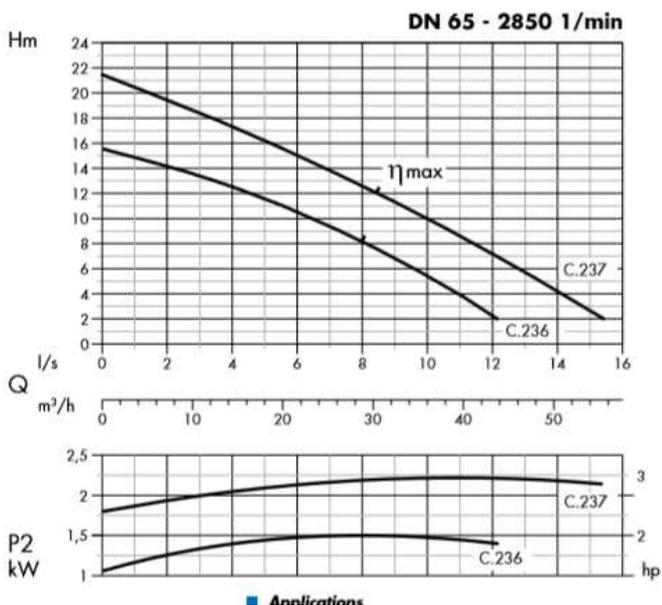


Girante - Impeller  
MONOCANALE  
SINGLE CHANNEL

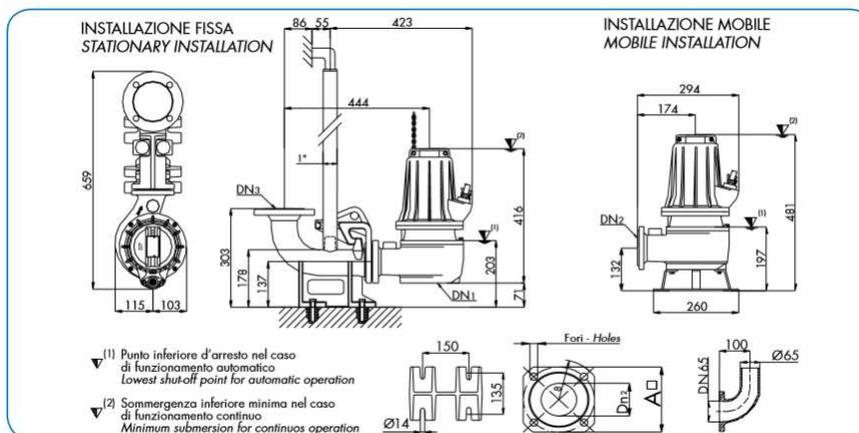


Passaggio corpi solidi  
Free passage  
Ø 40 mm

■ Applicazioni



■ Applications



**Dati Tecnici - Specifications**

Tipo - Type	Q	l/s	1	2	4	6	8	10	12	14	15
		l/m	60	120	240	360	480	600	720	840	900
		m <sup>3</sup> /h	3,6	7,2	14,4	21,6	28,8	36	43,2	50,4	54
M 65/2 C.236	H m	15	14	12,5	10,5	8,0	5,5	2,0			
M 65/2 C.237		20,5	19,5	17,2	15	12,5	10	7,0	4,0	2,5	

Tipo - Type	Mandata Delivery	kW		Hp	R.p.m. l/min	Poli Poles	Hz	A			
		P1	P2					1 -		3 -	cos φ
								230 V	μf		
M 65/2 C.236	Dn2 - 65	2,1	1,5	2	2850	2	50	11	40	3,6	0,86
M 65/2 C.237		3,1	2,2	3	2850	2	50			5,3	0,84



**SUMERGIBLES FECALES TURBINA MONOCANAL SERIE "M"**

Modelos a 2.850 r.p.m.

M 65-2 C.236	2	1.388,00
M 65-2 C.237	3	1.614,00
M 65-2 C.247	5,5	2.866,00
M 80-2 C.257	10	4.229,00
M 80-2 C.267	15	6.247,00
M 80-2 C.268	20	7.745,00
MG213R1M3-M40AA2	13,4	CONSULTAR
MG213R1M1-M40AA2	20,7	CONSULTAR

Modelos a 1.450 r.p.m.

M 80-4 C. 242	1,7	1.690,00
M 80-4 C. 244	3	2.088,00
M 80-4 C. 245	4	2.319,00
M 100-4 C. 243	2	2.050,00
M 100-4 C. 244	3	2.305,00
M 100-4 C. 245	4	2.560,00
M 100-4 C. 255	5,5	3.481,00
M 100-4 C. 256	7,5	4.060,00
M 150-4 C. 258	10	5.561,00
M 150-4 C. 260	13,5	6.676,00
M 150-4 C. 263	22	7.424,00
M 150-4 C. 264	15	7.587,00
M 150-4 C. 265	20	10.085,00
M 150-4 C. 275	30	12.195,00
M 150-4 C. 280	35	14.120,00
M 150-4 C. 285	40	17.090,00
M 150-4 C. 290	50	21.114,00
M 150-4 C. 295	60	24.518,00

Coefficiente de rugosidad Manning

**Tabla 14.3**  
 Coeficiente de rugosidad de Manning para alcantarillados, RAS-2000

Material de la tubería	Coefficiente de rugosidad, n
<i>Conductos cerrados</i>	
Asbesto-cemento	0,011 - 0,015
Concreto interior liso	0,011 - 0,015
Concreto interior rugoso	0,015 - 0,017
Arcilla vitrificada, gres	0,011 - 0,015
PVC y fibra de vidrio	0,010 - 0,015
Metal corrugado	0,022 - 0,026
<i>Canales abiertos</i>	
Revestimiento en ladrillo	0,012 - 0,018
Revestimiento en concreto	0,011 - 0,020
Revestimiento rip-rap	0,020 - 0,035
Sin revestimiento	0,018 - 0,035

## Longitudes Equivalentes accesorios

**Tabla 7.7**  
Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta)

Elemento	mm	13	19	25	32	38	50	63	75	100	125	150	200	250	300	350
	pulg	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14
<b>Codo 90°</b>																
Radio largo		0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7	3,4	4,3	5,5	6,1	7,3
Radio medio		0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,1	2,8	3,7	4,3	5,5	6,7	7,9	9,5
Radio corto		0,5	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,5	4,9	6,4	7,9	9,5	10,5
<b>Codo 45°</b>		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9	2,3	3,0	3,8	4,6	5,3
<b>Curva 90°</b>																
R/D: 1 1/2		0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4
R/D: 1		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1	2,5	3,3	4,1	4,8	5,4
<b>Curva 45°</b>		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5
<b>Entrada</b>																
Normal		0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,6	2,0	2,5	3,5	4,5	5,5	6,2
De borde		0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0	5,0	6,0	7,5	9,0	11,0
<b>Válvula</b>																
Compuerta		0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,1	2,4
Globo		4,9	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	45,3	51,0	6,7	85,0	102	120
Ángulo		2,6	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0	26,0	34,0	43,0	51,0	60,0
de pie		3,6	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	20,0	23,0	31,0	39,0	52,0	65,0	78,0	90,0
<b>Retención</b>																
T. liviano		1,1	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	6,4	10,4	12,5	16,0	20,0	24,0	38,0
T. pesado		1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1	19,3	25,0	32,0	38,0	45,0
<b>Te de paso</b>																
Directo		0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7	3,4	4,3	5,5	6,1	7,3
Lateral		1,0	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0
<b>Te de salida</b>																
Bilateral		1,0	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0
<b>Salida de tubería</b>																
		0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0	5,0	6,0	7,5	9,0	11

## Coeficiente de Hazem Williams

**Tabla 1 Valores del coeficiente C de Hazem Williams**

Descripción de la tubería	Valor de C
Tuberías rectas muy lisas	140
Tuberías de fundición lisas y nuevas	130
Tuberías de fundición usadas y de acero roblonado nuevas	110
Tuberías de alcantarillado vitrificadas	110
Tuberías de fundición con algunos años de servicio	100
Tuberías de fundición en malas condiciones	80
Tuberías de concreto	120
Tuberías de plástico	150
Tuberías de asbesto-cemento	140

Fuente: Mecánica de los fluidos e hidráulica *Shaum* (Ronald V. Giles pag. 250)

## 8.5 Diseño Planta de tratamiento de aguas residuales

### Caudales de diseño

**TABLA 5-1**

Caudales y factores de carga típicos empleados para el proyecto y explotación de plantas de tratamiento de aguas residuales

Factor	Aplicación
<b>Basado en el caudal</b>	
Hora punta	Dimensionamiento de las instalaciones de bombeo y de las conducciones; dimensionamiento de rejillas. Dimensionamiento de las operaciones físicas unitarias; desarenadores, tanques de sedimentación, y filtros; tanques de cloración.
Máximo diario	Dimensionamiento del bombeo de fangos.
Mayor que el máximo diario	Almacenamiento de arenas y residuos eliminados en el proceso de tamizado.
Máximo semanal	Elaboración de registros de datos e informes.
Máximo mensual	Elaboración de registros de datos e informes; dimensionamiento de los depósitos de almacenamiento de los productos químicos.
Mínimo horario	Paro de los grupos motobombas y valor inferior del intervalo de medida del caudalímetro de la planta.
Mínimo diario	Dimensionamiento de los canales de interconexión, para evitar la deposición de sólidos; dimensionamiento de los sistemas de recirculación para filtros percoladores.
Mínimo mensual	Elección del número mínimo de unidades de proceso necesarias durante los períodos de caudales reducidos.

TABLA X.6 Porcentajes de remoción recomendados

PERIODO DE RETENCION NOMINAL, H	PORCENTAJES DE REMOCION RECOMENDADOS			
	DBO 100 a 200 mg/l		DBO 200 a 300 mg/l	
	DBO	SS <sup>+</sup>	DBO	SS <sup>+</sup>
0.5	16	32	19	35
1.0	23	45	26	50
1.5	30	50	32	56
2.0	33	53	36	60
3.0	37	58	40	64
4.0	40	60	42	66
6.0	41	61	43	68

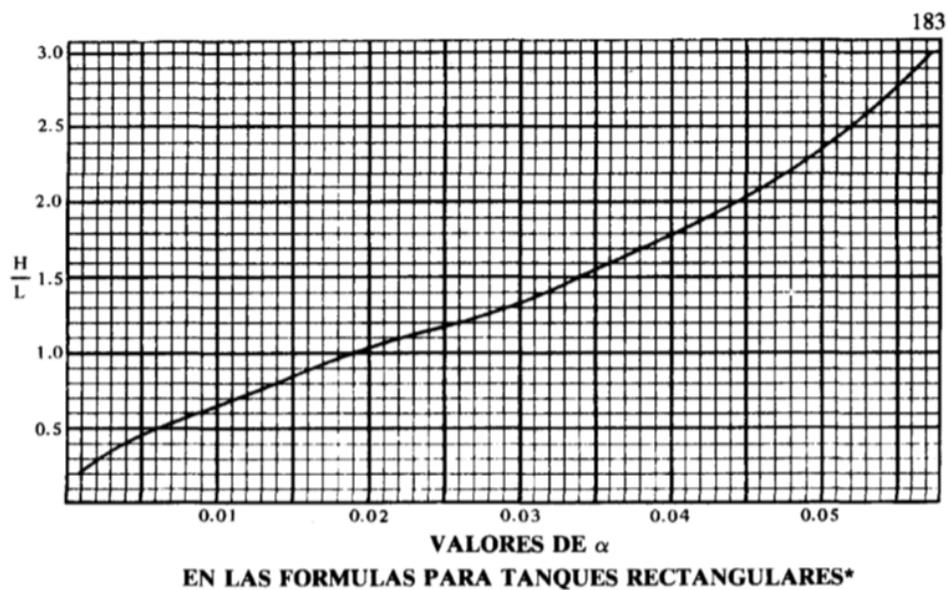
$$DBO_{efectiva} = 1,25 (DBO_5) (1,07)^{T-20} \quad (15.7)$$

en donde T es la temperatura del agua en grados centígrados.

**Tabla 15.3**  
Velocidades mínimas reales para residuos industriales

DBO efectiva (mg/L)	Velocidad mínima (m/s)
< 225	0,50
225 - 350	0,65
351 - 500	0,75
501 - 690	0,90
691 - 900	1,00

Relación H/L



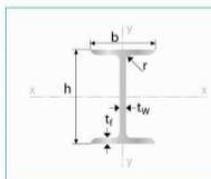
Planchas AISI 304/ 2B



CALIDAD: AISI - 304 / 316  
 OTRAS CALIDADES: PREVIA CONSULTA  
 FORMATO: 1220 X 2440  
 OTROS FORMATOS: PREVIA CONSULTA  
 ACABADOS: 2B / N° 1 / N° 4  
 OTROAS ACABADOS: PREVIA CONSULTA

ESPESOR	DIMENSIONES		PESO
	ancho	largo	
mm	mm	mm	kg.
0.50	1220	2440	11.89
0.70	1220	2440	16.65
1.00	1220	2440	23.78
1.50	1220	2440	35.67
2.00	1220	2440	47.56
3.00	1220	2440	71.34
4.00	1220	2440	95.12
6.00	1220	2440	142.68
8.00	1220	2440	190.24
10.00	1220	2440	237.80
12.00	1220	2440	285.36
15.00	1220	2440	356.70

Vigas IPN Laminadas



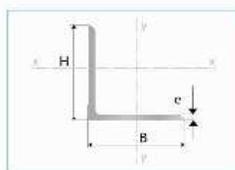
Largo normal:  
6 metros / 12 metros  
Requisimiento:  
Negro  
Calidad de acero:  
ASTM A-36 / ASTM A 572 Gr. 50  
Norma de fabricación:  
INEN 2230 / EN 10034  
Observaciones:  
Otras dimensiones y largos previa consulta.

- Aplicaciones
- Estructuras.
  - Soporte de polipasto en puente grúas o techos.
  - Puentes.
  - Rieles.
- 

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico		Cons Tors
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x			Zx	Zy	
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	cm³	cm³	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm²	kg/mt	cm⁴	cm³	cm	cm⁴	cm³	cm	cm³	cm²	cm⁴
IPN 80	80,00	3,90	42,00	5,90	3,90	2,30	59,00	7,57	5,94	77,80	19,50	3,20	6,29	3,00	0,91	22,80	4,99	0,87
IPN 100	100,00	4,50	50,00	6,80	4,50	27,00	75,00	10,60	8,34	171,00	34,20	4,01	12,20	4,88	1,07	39,80	8,09	1,60
IPN120	120,00	5,10	58,00	7,70	5,10	3,10	92,00	14,20	11,10	328,00	54,70	4,81	21,50	7,41	1,23	63,60	12,30	2,71
IPN 140	140,00	5,70	66,00	8,60	5,70	3,40	109,00	18,20	14,30	573,00	81,90	5,61	35,20	10,70	1,40	95,40	17,90	4,32
IPN 160	160,00	6,30	74,00	9,50	6,30	3,80	125,00	22,80	17,90	935,00	117,00	6,40	54,70	14,80	1,55	136,00	24,90	6,57
IPN 180	180,00	6,90	82,00	10,40	6,90	4,10	142,00	27,90	21,90	1450,00	161,00	8,20	81,30	19,80	1,71	187,00	33,20	9,58

## Ángulos L Laminados

### Productos Laminados Ángulo



Largo normal:  
6 metros  
Recubrimiento:  
Negro  
Espesores:  
Desde 2,00 a 12,70 mm  
Norma de Calidad:  
ASTM A-36  
Calidad de Acero:  
DIN 7100 / ST 37-2 / ASTM A-36  
Observaciones:  
Otras dimensiones y largos previa  
consulta.

Aplicaciones  
- Torres metálicas.  
- Muebles metálicos.  
- Carpintería metálica.



Dimensiones		Espesor	Peso
H	B	e	P
mm	mm	mm	kg/m
20	20	2,00	3,81
20	20	3,00	5,23
25	25	2,00	4,52
25	25	3,00	6,74
25	25	4,00	9,20
30	30	3,00	8,24
30	30	4,00	10,61
40	40	3,00	11,11
40	40	4,00	14,53
40	40	6,00	21,12
50	50	3,00	13,99
50	50	4,00	18,36
50	50	5,00	22,62
50	50	6,00	26,86
60	60	5,00	26,95
60	60	6,00	32,52
60	60	8,00	45,22
65	65	6,00	35,48
70	70	6,00	38,43
75	75	6,00	40,69
75	75	8,00	54,18
75	75	10,00	65,94
100	100	6,00	56,68
100	100	7,00	63,63
100	100	8,00	72,34
100	100	10,00	90,21
100	100	12,00	108,25
125	125	12,00	141,30
127	127	12,70	144,00

## Soldadura AWS

Símbolos estándares para soldadura, soldadura fuerte y examen no destructiva AWS

2.4:2012

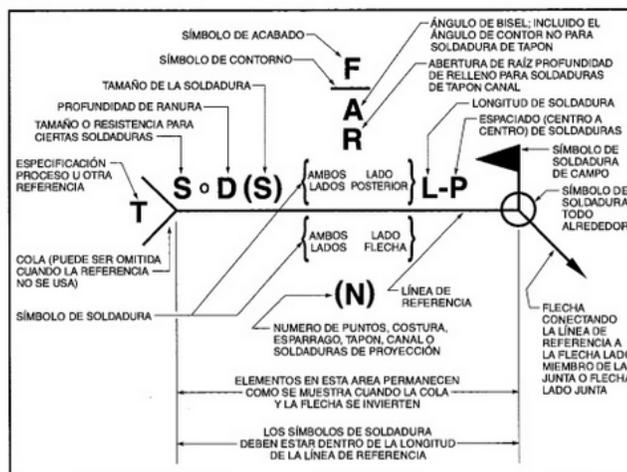
SOLDADURA TODO ALREDEDOR	SOLDADURA DE CAMPO	EXCESO DE PENETRACIÓN	INSERTO CONSUMIBLE (CUADRADO)	RESPALDO (RECTÁNGULO)	SEPARADOR (RECTÁNGULO)	CONTORNO		
						RASO O PLANO	CONVEXO	CONCAVO

AWS A2.4:2012

BISEL							
BORDES RECTOS	EMPALME	V	MEDIO V	U	J	ABOCINADO	MEDIO ABOCINADO

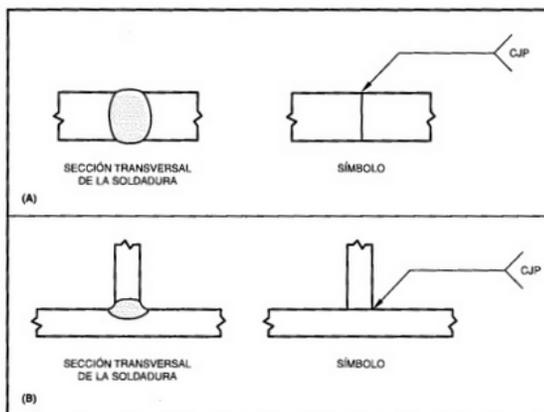
FILETE	TAPON	CANAL	ESPARRAGO	PUNTO O PROYECCIÓN	COSTURA	RESPALDO	RECUBRI- MIENTO	BORDE

Nota: La línea de referencia se muestra punteada con líneas ilustrativas.



Nota: Ver D4.5 en el anexo D para el comentario en la Figura 3.

Aplicación de símbolos para juntas con penetración total y con geometría de juntas como opcional (AWS American Welding Society, 1996, pag 24)



Condiciones típicas soldadura arco sumergido

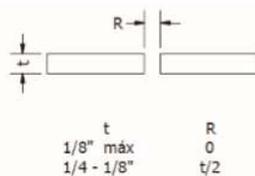
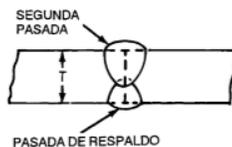
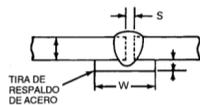


Tabla 6.5  
Condiciones típicas para soldadura por arco sumergido, con un solo electrodo, de placas de acero con dos pasadas (surco cuadrado)



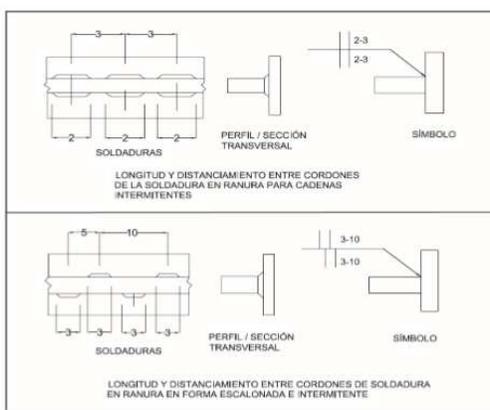
Soldadura semiautomática															
Espesor de la placa T		Segunda pasada				Pasada de respaldo									
pulg	mm	Corriente CCEP A	Voltaje CCEP A	Velocidad desplazamiento pulg/min	mm/s	Diámetro electrodo		Corriente CCEP A	Voltaje V	Velocidad desplazamiento pulg/min	mm/s	Consumo electrodo			
						pulg	mm					pulg	mm	lb/pies	kg/m
cal. 10	3.6	325	27	50	21	1/16	1.6	250	25	50	21	1/16	1.6	0.070	0.104
3/16	4.8	350	32	46	19	1/16	1.6	300	29	46	19	1/16	1.6	0.088	0.131
1/4	6.4	375	33	42	18	1/16	1.6	325	34	42	18	1/16	1.6	0.106	0.158
3/8	9.5	475	35	28	12	5/64	2.0	425	33	28	12	5/64	2.0	0.18	0.268
1/2	12.7	500	36	21	9	5/64	2.0	475	34	21	9	5/64	2.0	0.28	0.417
5/8	15.9	500	37	16	7	5/64	2.0	500	35	16	7	5/64	2.0	0.43	0.640
Soldadura mecanizada															
1/4	6.4	575	32	48	20	5/32	4.0	475	29	48	20	5/32	4.0	0.11	0.164
3/8	9.5	850	35	32	14	5/32	4.0	500	33	32	14	5/32	4.0	0.23	0.343
1/2	12.7	950	36	27	11	3/16	4.8	700	35	27	11	3/16	4.8	0.34	0.506
5/8	15.9	950	36	22	9	3/16	4.8	900	36	22	9	3/16	4.8	0.50	0.745

**Tabla 6.4**  
Condiciones típicas para soldadura por arco sumergido mecanizada, con un solo electrodo, de placas de acero con una sola pasada (surco cuadrado)



Espesor de la placa T		Abertura de raíz S		Corriente	Voltaje CCEP	Velocidad de desplazamiento		Diámetro del electrodo		Consumo de electrodo		t, min.		W, min.	
pulg	mm	pulg	mm			pulg/min	mm/s	pulg	mm	lb/pies	kg/m	pulg	mm	pulg	mm
cal. 10	3.6	0-1/16	1.6	650	28	48	20	1/8	3.2	0.070	0.104	1/8	3.2	5/8	15.3
3/16	4.8	1/16	1.6	850	32	38	15	3/16	4.8	0.13	0.194	3/16	4.8	3/4	19.0
1/4	6.4	1/8	3.2	900	33	26	11	3/16	4.8	0.20	0.248	1/4	6.4	1	25.4
3/8	9.5	1/8	3.2	950	33	24	10	7/32	5.6	0.24	0.357	1/4	6.4	1	25.4
1/2	12.7	3/16	4.8	1100	34	18	8	7/32	5.6	0.46	0.685	3/8	9.5	1	25.4

Soldaduras continuas y discontinuas (Bermeo & Santin, 2010)



Soldaduras usadas

SOLDADURA		
Símbolo	Especificación	Electrodo
	Soldadura de campo en ambos lados, penetración completa, doble cordón cuadrado de 1/8 plg	ER308 LSI
	Soldadura de campo en ambos lados intermitente de 2 plg de longitud cada 3 plg entre centros, doble cordón cuadrado de 1/8 plg	E309L 16
	Soldadura de campo en ambos lados, doble cordón cuadrado de 1/8 plg	E7018

## 8.6 Costos

Cantidades de materiales y sueldos

Materiales	Cantidad de material				
	Unidad	Unidad/KG	KG	Total	Total comercial
Disco de corte para acero	kg	0.045	951.2	42.80	43
Anticorrosivo mate oxido rojo	gl	0.01	150.34	1.50	2
electrodo E7018 usado para vigas	kg	0.05	951.4	47.57	48
Electrodo 309	kg	0.0167	951.4	15.89	16
Electrodo inox 308	kg	0.005	951.4	4.76	5
Thinner comercial	gl	0.01	951.4	9.51	10

Salario trabajadores	Valor de trabajos				
	Peon (Estruct. Ocup. E2)	Maestro de Obra (Estruc. Ocup. C1)	Soldador (Estr. Oc D2)	Rresidente de Obra (Estruc. Ocup. B1)	Plomero (Estruc. Ocup. D2)
Sueldo	\$ 400.00	\$ 600.00	\$ 750.00	\$ 900.00	\$ 500.00
Decimo tercero	\$ 400.00	\$ 600.00	\$ 750.00	\$ 900.00	\$ 500.00
Decimo Cuarto	\$ 386.00	\$ 386.00	\$ 386.00	\$ 386.00	\$ 386.00
Aporte patronal 12.15%	\$ 48.60	\$ 72.90	\$ 91.13	\$ 109.35	\$ 60.75
Fondo de reserva	\$ 400.00	\$ 600.00	\$ 750.00	\$ 900.00	\$ 500.00
Total annual	\$ 6,569.20	\$ 9,660.80	\$ 11,979.50	\$ 14,298.20	\$ 8,115.00
Total Mensual	\$ 566.31	\$ 832.83	\$ 1,032.72	\$ 1,232.60	\$ 699.57
Total Quincenal	\$ 283.16	\$ 416.41	\$ 516.36	\$ 616.30	\$ 349.78
Total Semanal	\$ 141.58	\$ 208.21	\$ 258.18	\$ 308.15	\$ 174.89
Total Diario (232 dias)	\$ 28.32	\$ 41.64	\$ 51.64	\$ 61.63	\$ 34.98
USD/hr (8 horas)	\$ 3.54	\$ 5.21	\$ 6.45	\$ 7.70	\$ 4.37

Mano de obra elaboración Tanque residual	
Trabajo	Total Quincenal
Peon (Estruct. Ocup. E2)	\$ 283.16
Maestro de Obra (Estruc. Ocup. C1)	\$ 416.41
Soldador (Estr. Oc D2)	\$ 516.36
Rresidente de Obra (Estruc. Ocup. B1)	\$ 616.30
Total USD/15 días	\$ 1,832.23

Mano de obra elaboración redes Sanitaria	
Trabajo	Total Quincenal
Peon (Estruct. Ocup. E2)	\$ 141.58
Maestro de Obra (Estruc. Ocup. C1)	\$ 208.21
Plomero (Estruc.Ocup. D2)	\$ 174.89
Total USD/semanal	\$ 524.68

## Pintura anticorrosiva

## Ficha Técnica

### HEMPADUR MULTI-STRENGTH 35530



35530 : BASE 35530 : CURING AGENT 95530

<b>Descripción</b>	Recubrimiento epoxi de capa gruesa, de dos componentes, sin disolventes, curado con poliamina. Resistente al agua dulce, agua de mar, petróleo y a la abrasión. Aplicable en capas gruesas con pistola sin aire. Inocuo para las cargas de grano.
<b>Uso recomendado:</b>	Como recubrimiento de elevada resistencia sobre superficies de acero expuestas a la abrasión cuando se requiere un producto sin disolvente y el acabado estético no es relevante. Si se admite un producto con disolvente se recomienda HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45751. Como recubrimiento interior de depósitos y tuberías para agua potable: Ver Certificados. Para aplicaciones en climas cálidos: Ver CONDICIONES DE APLICACION.
<b>Temperatura de servicio:</b>	Máximo, exposición en seco: 140°C. En inmersión en agua (sin gradiente de temperatura): 35°C
<b>Certificados:</b>	Aprobado por WRAS para agua potable hasta 23°C Certificado por la NSF International de acuerdo al Standard 61 de la NSF/ANSI para agua potable. Por favor consulte en <a href="http://info.nsf.org/Certified/PwsComponents/">http://info.nsf.org/Certified/PwsComponents/</a> para información detallada. Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j.
<b>Disponibilidad</b>	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
<b>DATOS TECNICOS:</b>	
Colores	10500 <sup>9</sup> / Gris.
Acabado	semi brillante
Volumen de sólidos, %:	100
Rendimiento teórico:	3.3 m <sup>2</sup> /l [132.3 sq.ft./US gallon] - 300 micras.
Punto de inflamación	100 °C [212 °F]
Peso específico	1.3 kg/ltr [11.2 lb/gal EE. UU.]
Secado superficial	6 hora(s) 20°C
Seco en profundidad:	15 hora(s) 20°C
Curado completo	7 día(s) 20°C
Contenido en COV:	9 g/l [0.1 lb/gal EE. UU.] * otros colores según carta.
<small>Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.</small>	
<b>DETALLES DE APLICACIÓN:</b>	
<b>Versión, producto mezclado:</b>	35530
<b>Proporción de mezcla:</b>	BASE 35530 : CURING AGENT 95530 3 : 1 en volumen
<b>Método de aplicación:</b>	Agitar el AGENTE DE CURADO antes de añadirlo a la BASE Pistola airless / Brocha
<b>Diluyente (vol. máx.):</b>	No diluir (Consultar las Instrucciones de aplicación)
<b>Vida de la mezcla:</b>	1 hora(s) aprox. 20°C (Consultar las Instrucciones de aplicación)
<b>Boquilla:</b>	0.019 - 0.031 "
<b>Presión:</b>	>250 bar [>3625 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
<b>Limpieza de utensilios:</b>	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610
<b>Espesor recomendado, seco:</b>	300 micras [12 mils] Ver OBSERVACIONES al dorso.
<b>Espesor recomendado, húmedo:</b>	300 micras [12 mils]
<b>Intervalo de repintado, min</b>	Ver OBSERVACIONES al dorso.
<b>Intervalo de repintado, max.</b>	Ver OBSERVACIONES al dorso.
<b>Seguridad:</b>	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

**PREPARACION DE SUPERFICIE:** **Acero nuevo:** Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa, etc. con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. Chorro abrasivo hasta metal casi blanco Sa 2½ (ISO 8501-1:2007) con un perfil de rugosidad equivalente al Rugolast N° 3, BN10a, Keane-Talor Comparator 3,0 G/S, o ISO Comparator grado de rugosidad medio (G). Aplique inmediatamente después de la limpieza. Antes de repintar, elimine a fondo todos los desperfectos del shopprimer y la contaminación por el almacenamiento y la fabricación.

**Reparación y mantenimiento:** Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa, etc. con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. En las superficies de acero que han estado expuestas a agua salada, la concentración excesiva de sales en las corrosiones puede requerir que, tras el chorreado abrasivo seco, se lave la superficie con agua dulce a alta presión, y tras el secado, volver a chorrear.

**Hormigón:** Retire el agente desmoldeante y demás contaminantes con agentes emulsionantes seguido de un aclarado con agua dulce a presión. Elimine la lechada de fraguado y los materiales

## Electrodo 7018

**INDURA 7018-AR**

**Marca:** INDURA  
**Modelo:** 7018-AR  
**SAP:** VARIOS  
**Proceso:** Metalmeccánico

**Presentación****Características**

El electrodo 7018-AR es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad. Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición. Su arco suave y la pérdida por espaladuras son bajos.

Soldadura Indura E-7018 Ar 3/32 C/ 25kg

Soldadura Indura E-7018 Ar 1/8 C/ 25kg

Soldadura Indura E-7018 Ar 5/32 C/ 25kg

**Usos**

El 7018-AR es recomendado para trabajos donde se requiere alta calidad radiográfica, particularmente en calderas y cañerías. Sus buenas propiedades físicas son ideales para ser usado en astilleros.

**Aplicaciones**

Aceros Cor-Ten, Mayari-R

Lukens 45 y 50.

Yoloy y otros aceros estructurales de baja aleación.

**Seguridad**

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre. En la soldadura en posición sobre cabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo.

**Certificación**

American Bureau of Shipping

Lloyd's Register of Shipping

Germanischer Lloyd

Nippon Kaiji Kyokai

**Formato**

Envase de 1 Kg.

## Electrodo 309 L-16

# Excalibur® 309/309L-16

Acero inoxidable - AWS E309-16, E309L-16

**Aplicaciones típicas**

- Unir acero inoxidable a acero dulce o de baja aleación
- ASTM A240 tipo 309S

**Cumplimientos**

AWS A5.4/A5.4M: 2006:	E309-16, E309L-16
ASME SFA-A5.4:	E309-16, E309L-16
ABS:	E309-16, E309L-16
CWB/CSA W48-06:	E309-16, E309L-16
MIL-E-22200/2:	MIL-309-16, MIL-309L-16

**Posiciones de soldadura**

Todas, excepto vertical descendente

**DIÁMETROS/EMPAQUE**

Diámetro in (mm)	Largo in (mm)	8 lb (3.6 kg) Lata abre-fácil	10 lb (4.5 kg) Lata abre-fácil
3/32 (2.4)	12 (300)	ED033097	ED033094 ED033095 ED033096
1/8 (3.2)	14 (350)		
5/32 (4.0)	14 (350)		
3/16 (4.8)	14 (350)		

**PROPIEDADES MECÁNICAS<sup>(1)</sup>: según requisitos de AWS A5.4/A5.4M: 2006**

	Resistencia a la Cedencia <sup>(2)</sup> MPa (ksi)	Resistencia a la Tensión MPa (ksi)	Elongación %	Ferrita Número
Requerimientos AWS E309-16 AWS E309L-16	No especificado No especificado	550 (80) mín. 520 (75) mín.	30 mín. 30 mín.	No especificado No especificado
Resultados típicos <sup>(3)</sup> : tal como se soldó	455-470 (66-68)	580-585 (84-85)	38-47	10-18

**COMPOSICIÓN DE DEPÓSITO<sup>(1)</sup>: según requisitos de AWS A5.5/A5.5M: 2006**

	%C <sup>(4)</sup>	%Cr	%Ni	%Mo	%Mn
Requisitos: AWS E309L-16	0.04 máx.	22.0-25.0	12.0-14.0	0.75 máx.	0.5-2.5
Resultados típicos <sup>(5)</sup>	0.02-0.04	23.9-24.5	12.6-13.2	0.05-0.09	1.0-1.5
	%Si	%P	%S	%Cu	
Requisitos: AWS E309L-16	1.00 máx.	0.04 máx.	0.03 máx.	0.75 máx.	
Resultados típicos <sup>(6)</sup>	0.33-0.38	≤0.03	≤0.02	≤0.09	

**PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES TÍPICOS**

Polaridad <sup>(7)</sup>	Corriente (amperes)			
	3/32 in (2.4 mm)	1/8 in (3.2 mm)	5/32 in (4.0 mm)	3/16 in (4.8 mm)
CD+	40-70	60-100	90-140	120-185
CA	40-70	60-100	90-140	120-185

**¡IMPORTANTE! SE REQUIERE VENTILACION Y/O ESCAPE ESPECIAL**  
 De gase del uso normal de algunos productos de este tipo pueden contener cantidades importantes de compuestos como oxígeno y nitrógeno, que pueden bajar al nivel mínimo de exposición a 0.3 mg/m<sup>3</sup> para los gases de soldadura general.  
 INTENTE EL USO, LEA Y COMPRENDE LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL (MSDS) PARA ESTE PRODUCTO Y LA INFORMACION ESPECIFICA IMPRESA EN EL CONTENIDOR DEL PRODUCTO.

(1) (1) Metal depositado en la soldadura; (2) Medido a un 0.2%; (3) Ver el descargo de responsabilidad de los resultados de prueba en la siguiente página; (4) Requisito AWS para E309-16 es 0.03% máx. de carbono; (5) La polaridad preferida se indica primero.

## Electrodo MIG 308 LSI

ALAMBRE MIG (GMAW)

**Blue Max<sup>®</sup> MIG 308LSi**

Acero inoxidable • AWS ER308Si, ER308LSi

**Características principales:**

- ▶ Alto nivel de silicio para mayor fluidez del charco y mojado de la punta
- ▶ Lubricante patentado de superficie para una alimentación estable y estabilidad del arco
- ▶ Versátil electrodo diseñado para soldar aceros inoxidables Cr/Ni austeníticos
- ▶ Q2 Lot<sup>®</sup>: certificado que muestra la composición real del alambre y el número calculado de ferrita (FN) disponible en línea
- ▶ Contenido controlado de ferrita para una máxima resistencia a la corrosión

**Aplicaciones típicas**

- ▶ Aceros inoxidables tipo 304 y 304L
- ▶ Aceros inoxidables austeníticos comunes denominados aceros "18-8"
- ▶ ASTM A743 o A744 tipo CF-8 y CF-3

**Cumplimientos**

AWS A5.9/A5.9M: 2006:	ER308Si, ER308LSi
ASME SFA-A5.9:	ER308Si, ER308LSi
ABS:	ER308Si, ER308LSi
CWB/CSA W48-06:	ER308LSi
EN ISO 14343-B:	SS308LSi

**Posiciones de soldadura**

Todas

**Gas protector**

Transferencia de corto circuito:  
90% Helio / 7-1/2% Argón / 2-1/2% CO<sub>2</sub>

Transferencia de spray axial:  
98% Mezcla Argón / Oxígeno

**DIÁMETROS/EMPAQUE**

Diámetro in (mm)	25 lb (11.3 kg) Carro de plástico	500 lb (227 kg) Tambo Accu-Trak <sup>®</sup>	1000 lb (454 kg) Roal Precise-Trak <sup>™</sup>
0.030 (0.8)	ED022961		
0.035 (0.9)	ED019292	ED029768	
0.045 (1.1)	ED019293	ED029769	ED032834
1/16 (1.6)	FD019294		

**PROPIEDADES MECÁNICAS<sup>(1)</sup>, según requisitos de AWS A5.9/A5.9M: 2006**

	Resistencia a la Cedencia <sup>(2)</sup> MPa (ksi)	Resistencia a la Tensión MPa (ksi)	Elongación %	Ferrita Número
Requisitos: AWS ER308Si, ER308LSi	No especificado			
Resultados de prueba <sup>(2)</sup> , como se soldó	455 (66)	635 (92)	46	13

## Código Municipal DMQ: Ordenanza 12 y 213

## ORDENANZA METROPOLITANA No. 014

- b) Con multa que va de cincuenta (50) a cien (100) salarios mínimos vitales generales se sancionarán las faltas constantes en los literales j) y k) del artículo anterior.
- c) Con multa que irá de cien (100) a ciento cincuenta (150) SMVG, las infracciones a las disposiciones de los literales c),d),e),f),g) y h) de la Categoría II, del artículo anterior.

La reincidencia de las faltas correspondientes a la Categoría I, y literales c),d),e),f),g),h),j) y k) de la Categoría II, serán sancionadas cada vez con el recargo del cien por ciento de la última sanción.

Para fines del juzgamiento de las infracciones determinadas en este artículo, la unidad administrativa encargada del área de medio ambiente, enviará al Comisario Metropolitano un informe técnico en el cual se incluirán los criterios atenuantes o agravantes, según el caso, el mismo que servirá para la imposición de sanciones por parte de este funcionario.

**Art. II.373.h.-** Para la infracción al literal a) de la Categoría II, del Art. II.373.g, se aplicarán las sanciones por contaminación de acuerdo al siguiente mecanismo:

- 1) Cálculo de la carga contaminante:
  - 1.1) Para descargas líquidas

Ecuación 1.1

$$C_{lm} = ((2DBO + DQO) / 3) + SS, \text{ donde:}$$

**C<sub>lm</sub>** = carga contaminante (kg/d) de descarga líquida medida, sobre la base de tres parámetros

**DBO** = carga de DBO medida a los cinco (5) días, que es el producto de la concentración (mg/l) de DBO5 por el caudal (l/s) promedio de descarga y por el tiempo efectivo de descarga en horas por día.

**DQO** = carga de DQO, que es el producto de la concentración (mg/l) de DQO por el caudal (l/s) promedio de descarga y por el tiempo efectivo de descarga en horas por día.

**SS** = carga de SS, que es el producto de la concentración (mg/l) de SS por el caudal (l/s) promedio de descarga y por el tiempo efectivo de descarga en horas por día.

Caudal y tiempo de descargas según realidad particular del establecimiento.

**NOTA:** Para la aplicación de la ecuación 1.1 se deberán realizar las conversiones de las unidades hasta expresarlas en kg./d.

1.2) Para emisiones a la atmósfera

Ecuación 1.2

$$CG_m = (P_s + CO + SO_2 + NO_x) \text{ donde:}$$

**CG<sub>m</sub>** = carga contaminante (kg./d) de emisión al aire medida, sobre la base de cuatro parámetros.

**P<sub>s</sub>** = carga de partículas, que es el producto de la concentración (mg/m<sup>3</sup> de gas seco medido a condiciones de: 25°C de temperatura y 1 atmósfera de presión) de partículas por el flujo promedio de gases y por el tiempo de emisión, en horas por día.

**CO** = carga de monóxido de carbono, que es el producto de la concentración (mg/m<sup>3</sup> de gas seco medido a condiciones de: 25°C de temperatura y 1 atmósfera de presión) de monóxido de carbono por el flujo promedio de gases y por el tiempo de emisión, en horas por día.

**SO<sub>2</sub>** = carga de dióxido de azufre, expresado como dióxido de azufre, que es el producto de la concentración (mg/m<sup>3</sup> de gas seco medido a condiciones de: 25°C de temperatura y 1 atmósfera de presión) de dióxido de azufre, por el flujo promedio de gases y por el tiempo de emisión, en horas por día.

**NO<sub>x</sub>** = carga de óxidos de nitrógeno, expresado como dióxido de nitrógeno, que es el producto de la concentración (mg/m<sup>3</sup> de gas seco medido a condiciones de: 25°C de temperatura y 1 atmósfera de presión) de dióxido de nitrógeno, por el flujo promedio de gases y por el tiempo de emisión, en horas por día.

**NOTA:** Para la aplicación de la ecuación 1.2 se deberán realizar las conversiones de las unidades hasta expresarlas en Kg./d

2) Si el valor de carga contaminante, sea para descargas líquidas o para emisiones al aire, supera el valor de carga contaminante referencial, se aplicará la siguiente ecuación para establecer el monto total de la SANCION:

$$C = (CC(L/G)m - CCr) * 0.017$$

Dónde:

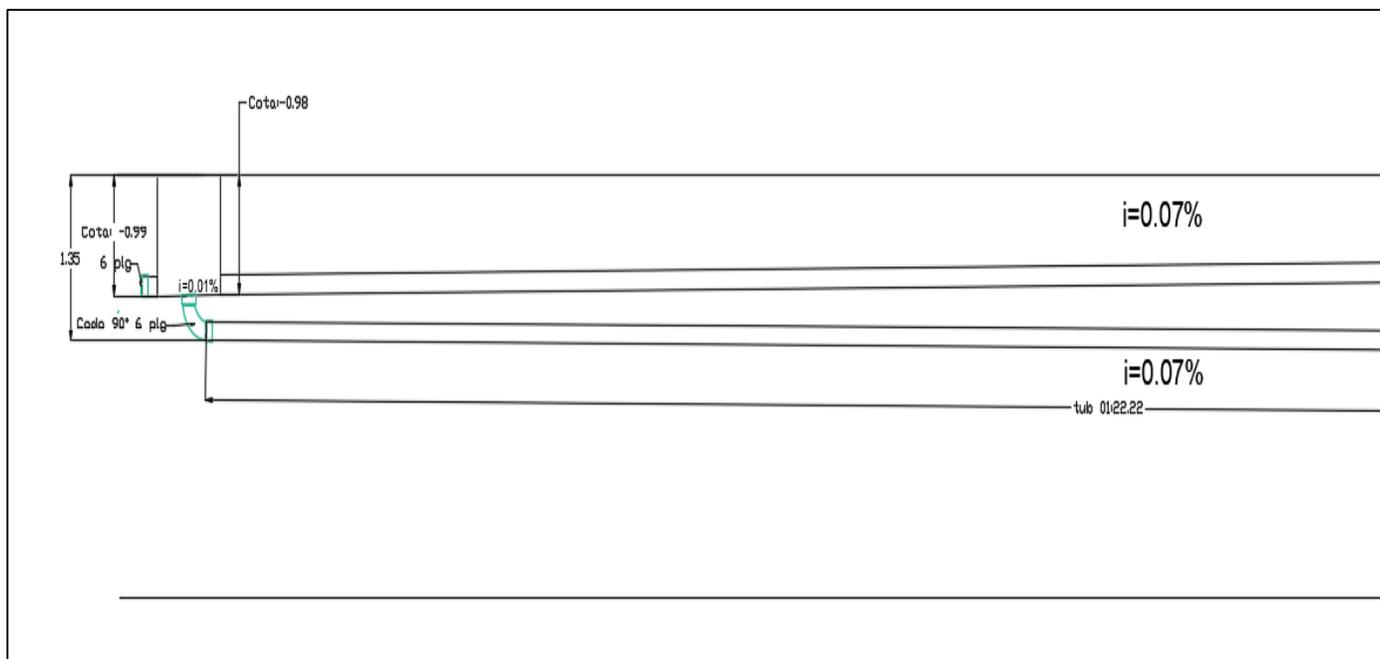
**C** = valor de la sanción por día, en Salarios Mínimos Vitales Generales (SMVG)

## 8.7 Planos

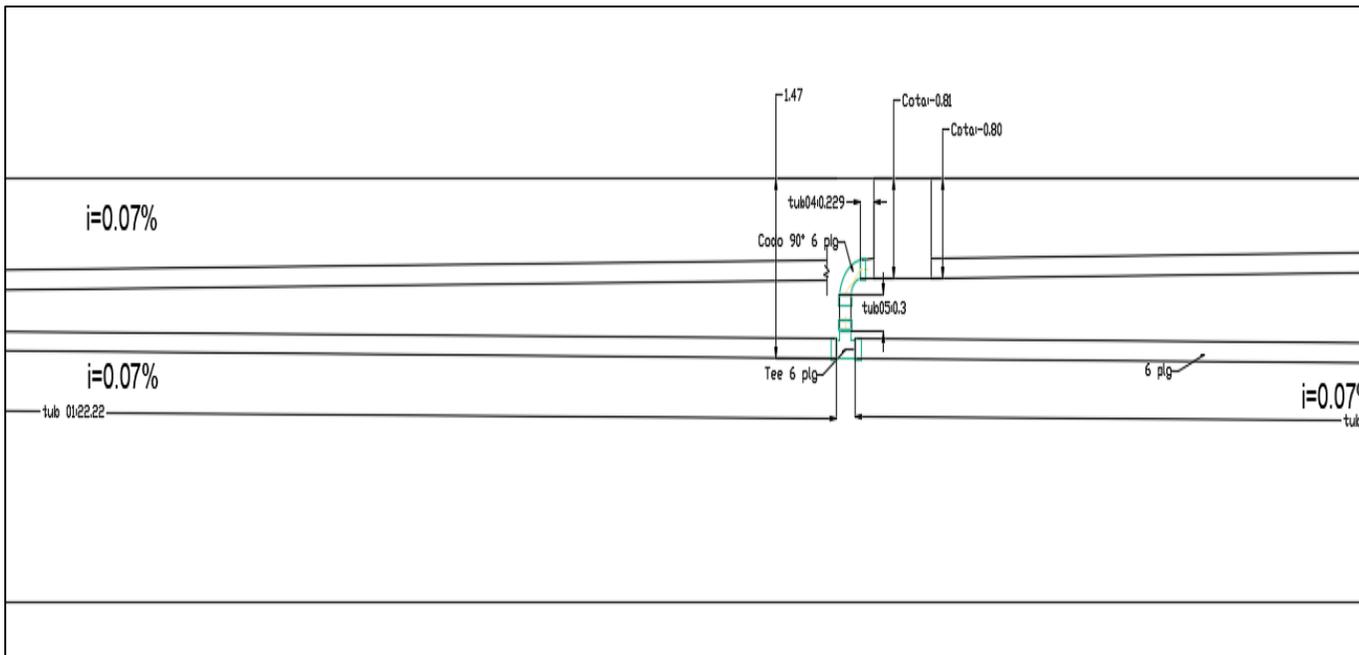
### Materiales de tuberías

Tubo	Material	Longitud (m)	Diametro (plg)	Longitud comercial 3m (m)	Cantidad (3m)
tub01	PVC	22.3	6	3	7
tub02	PVC	14.8	6	3	5
tub03	PVC	16.07	6	3	5
tub04	PVC	0.2	6	0.2	2
tub05	PVC	0.29	6	0.3	1
tub06	PVC	0.47	6 <td 0.5	1	
tub07	PVC	0.5	6	0.5	1
tub08	PVC	1.08	6	1.1	1
tub09	PVC	0.59	6	0.6	1
tub10	PVC	3.23	3	3.3	1
Codo 90 6 plg	AISI 304 2B				5
Tee 6 plg	AISI 304 2B				2
Codo 90 3 plg	AISI 304 2B				1

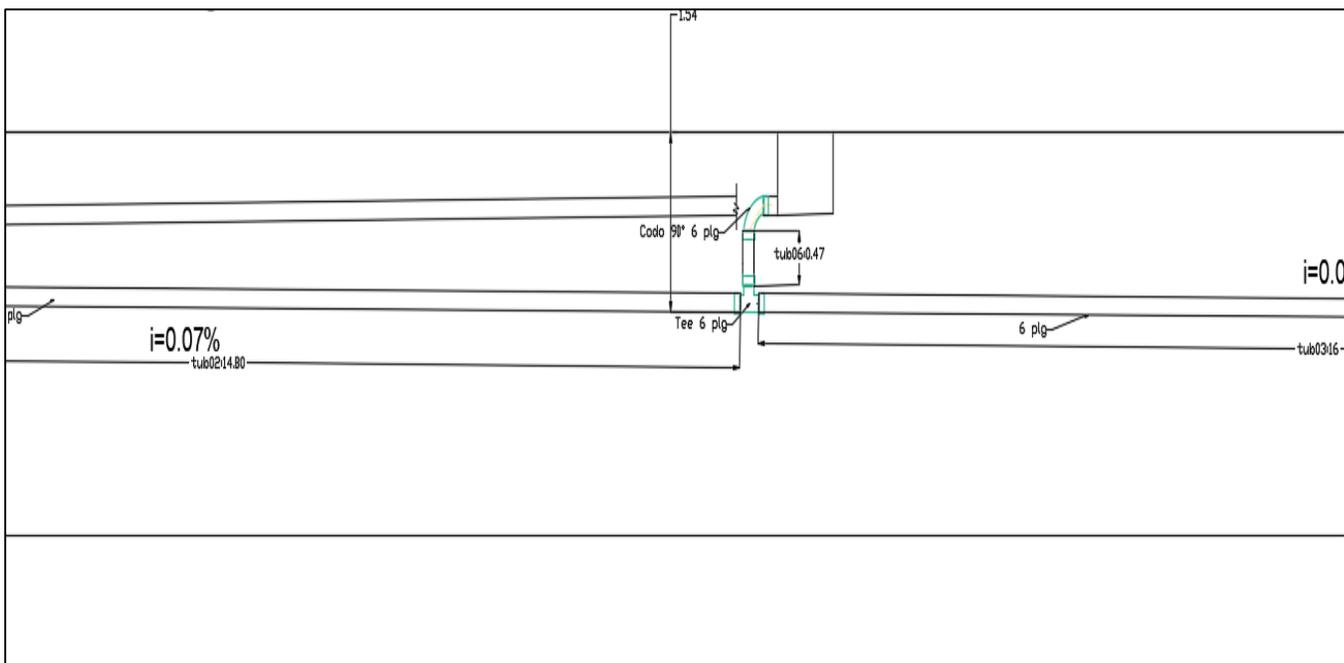
### Tramo 1 Plano Tuberías



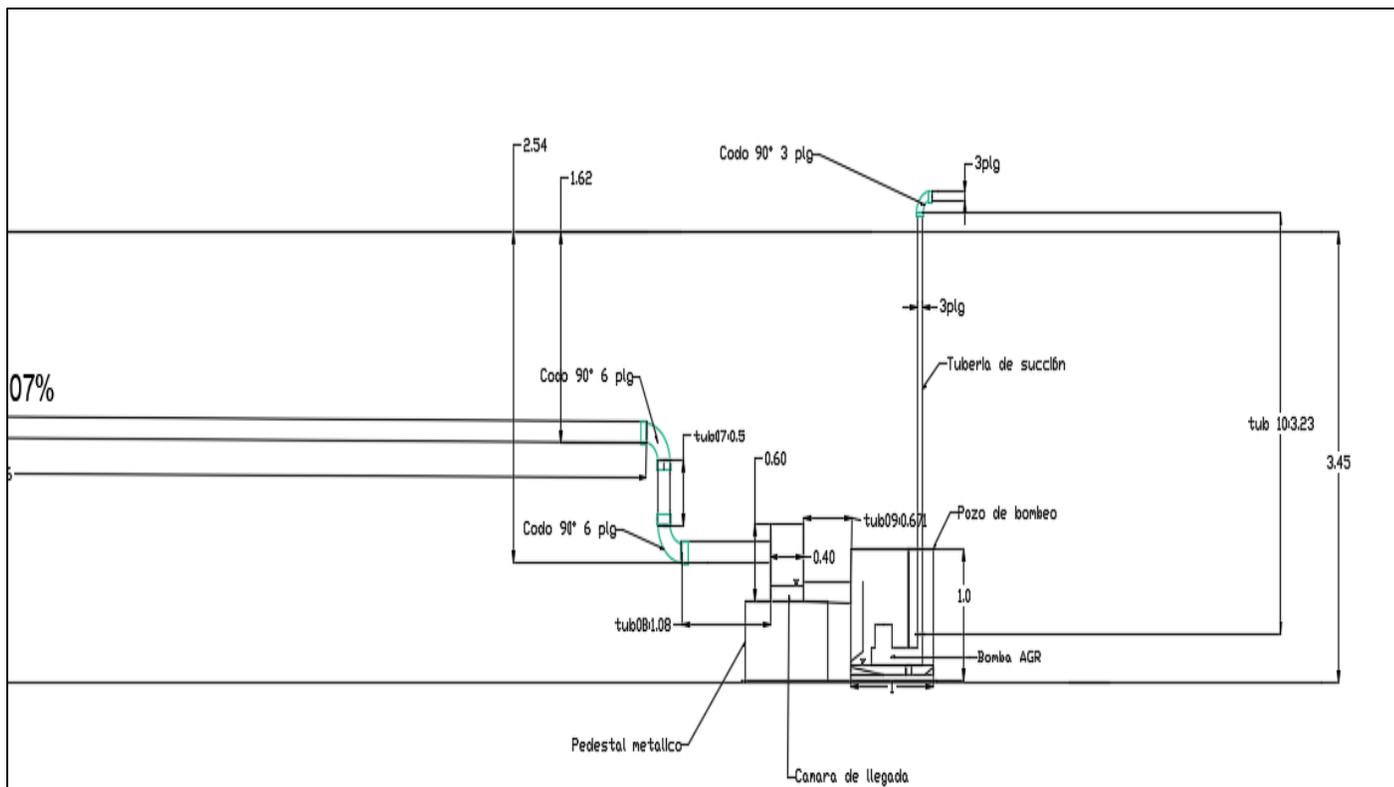
Tramo 2 Plano Tuberías



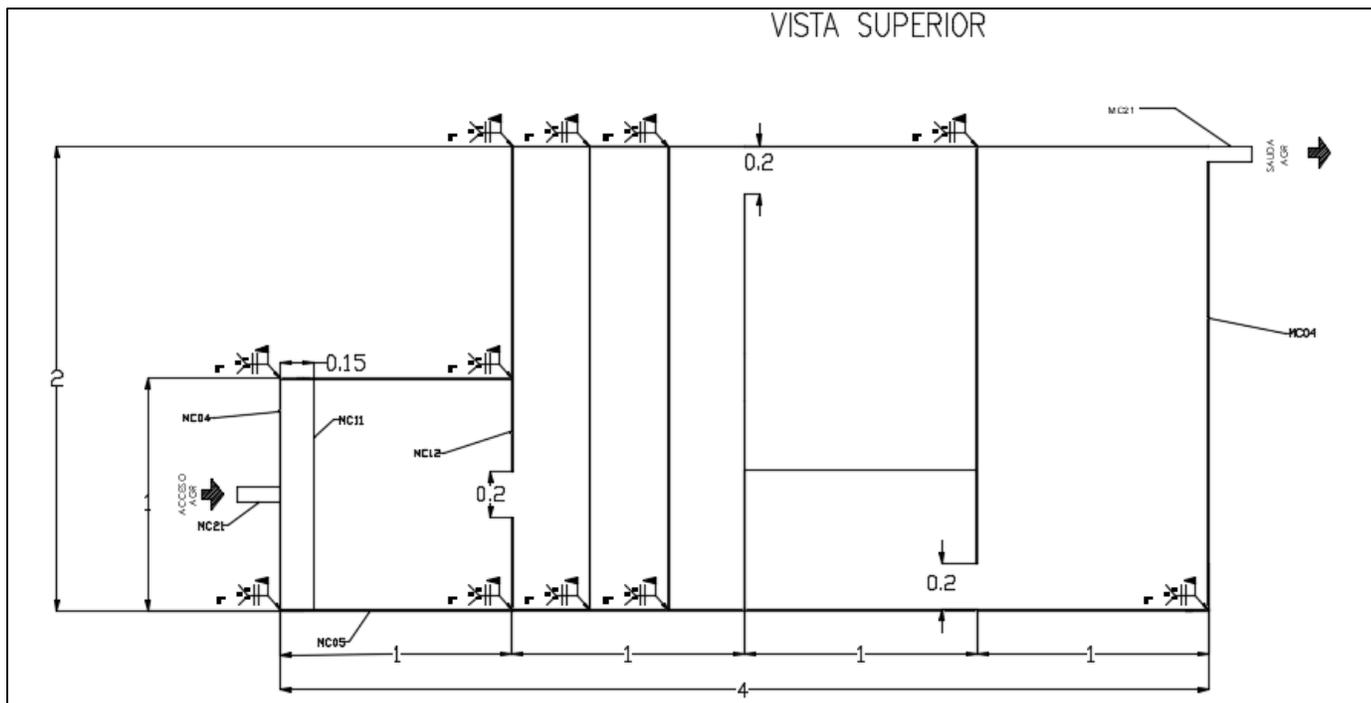
Tramo 3 Plano Tuberías

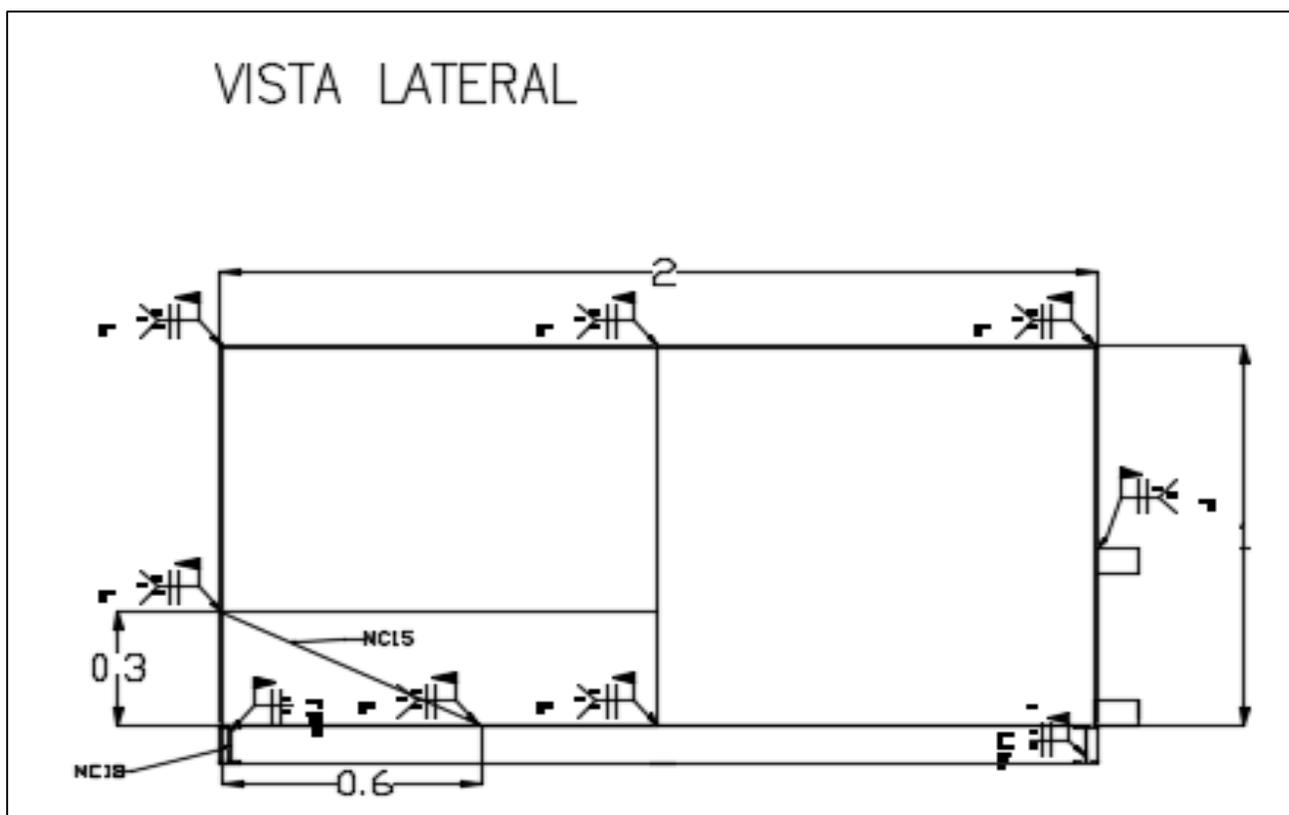
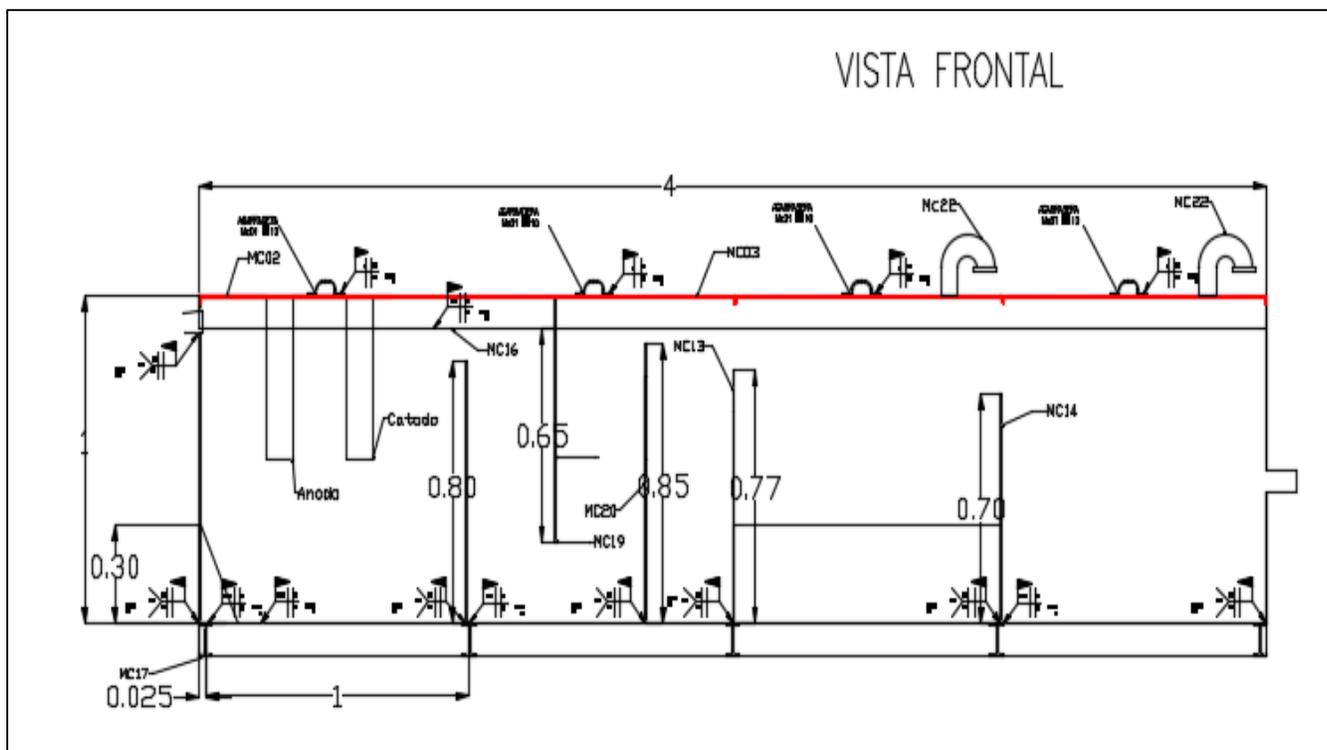


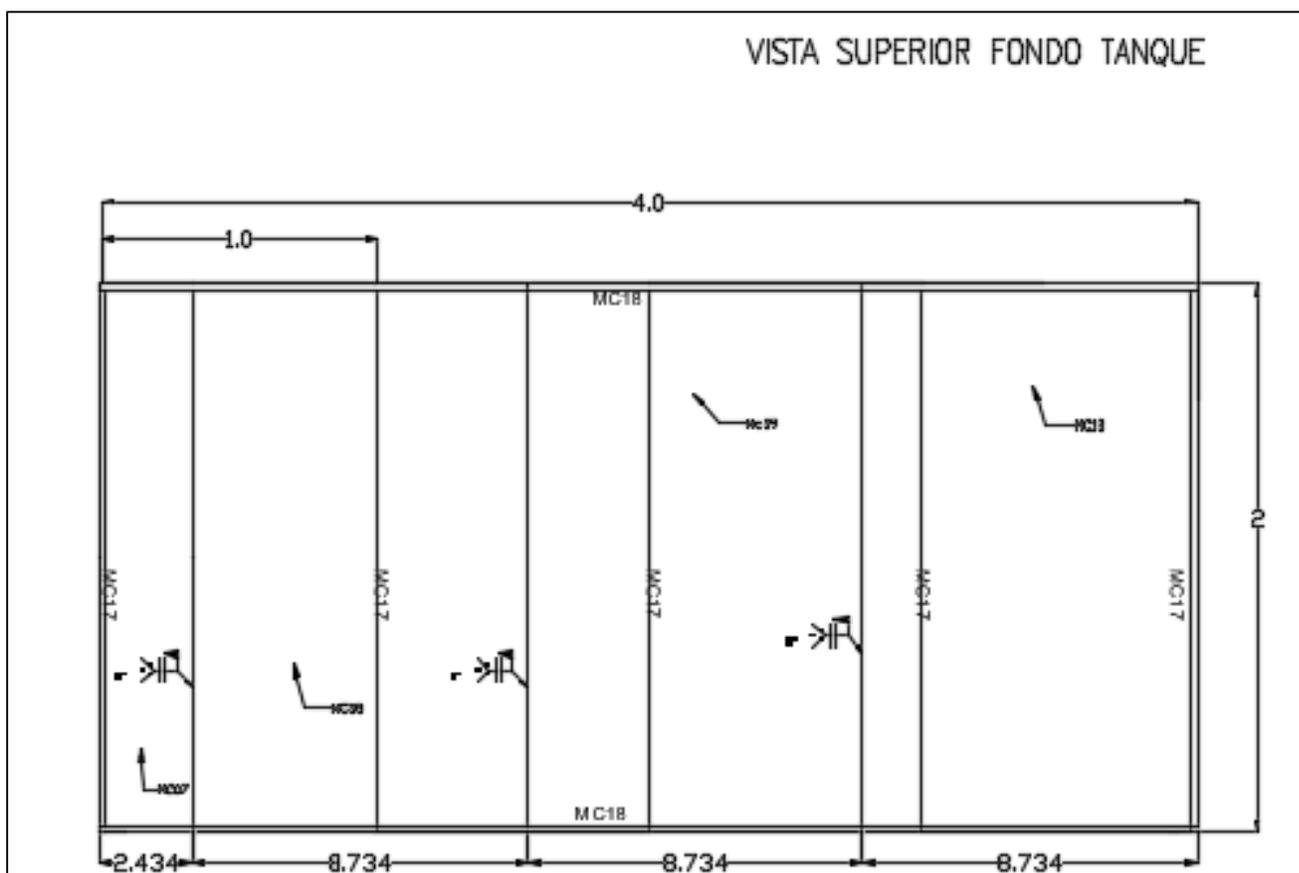
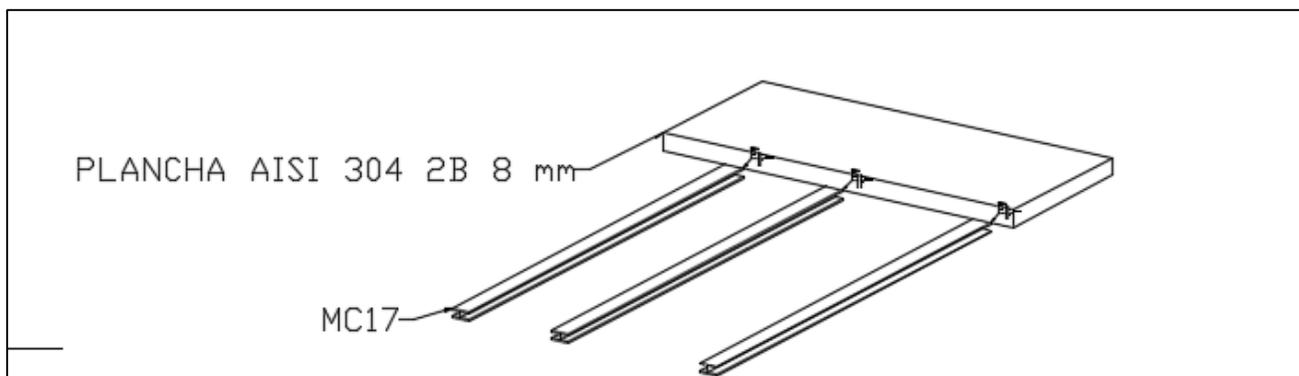
Cámara de llegada y pozo de bombeo

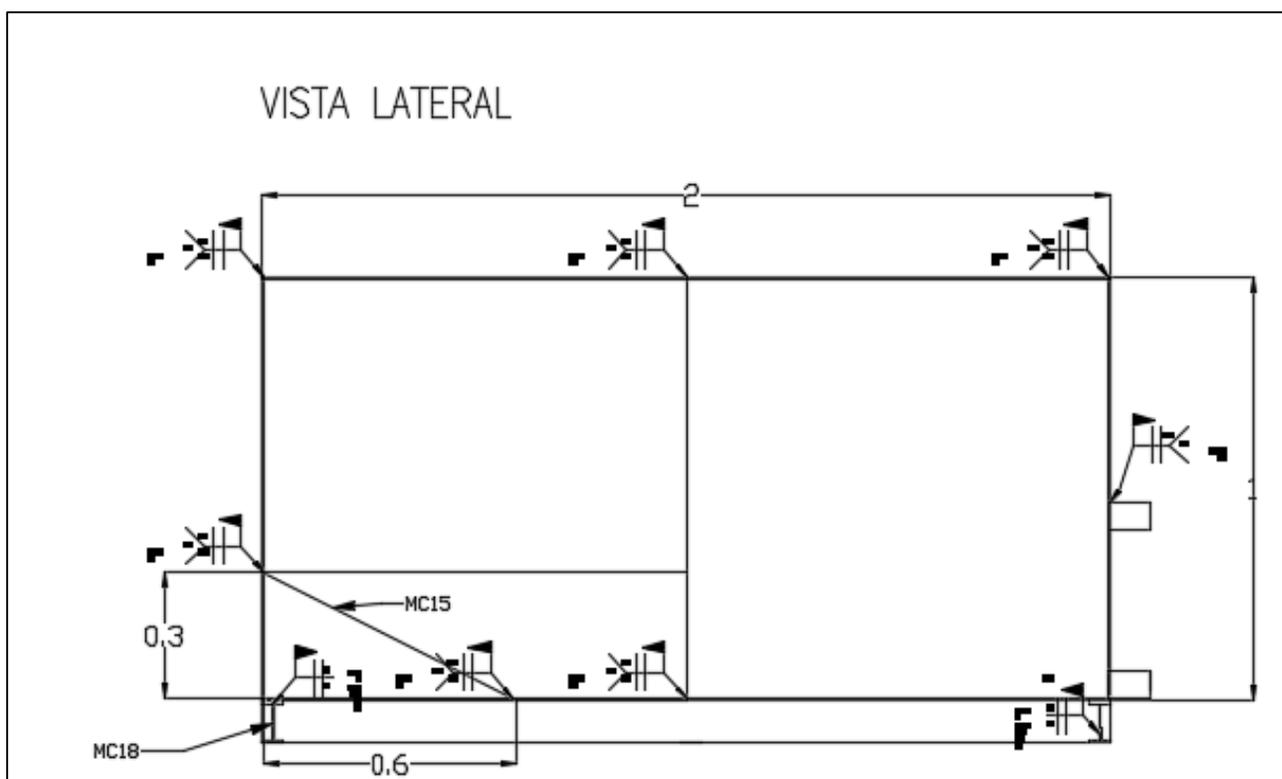
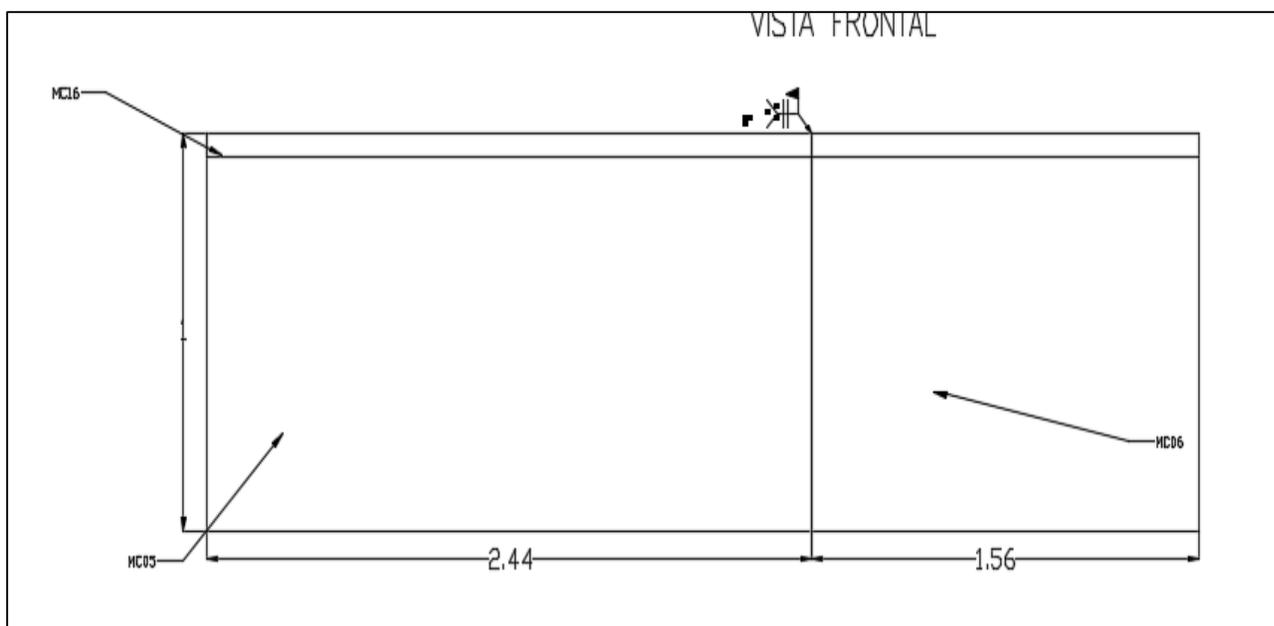


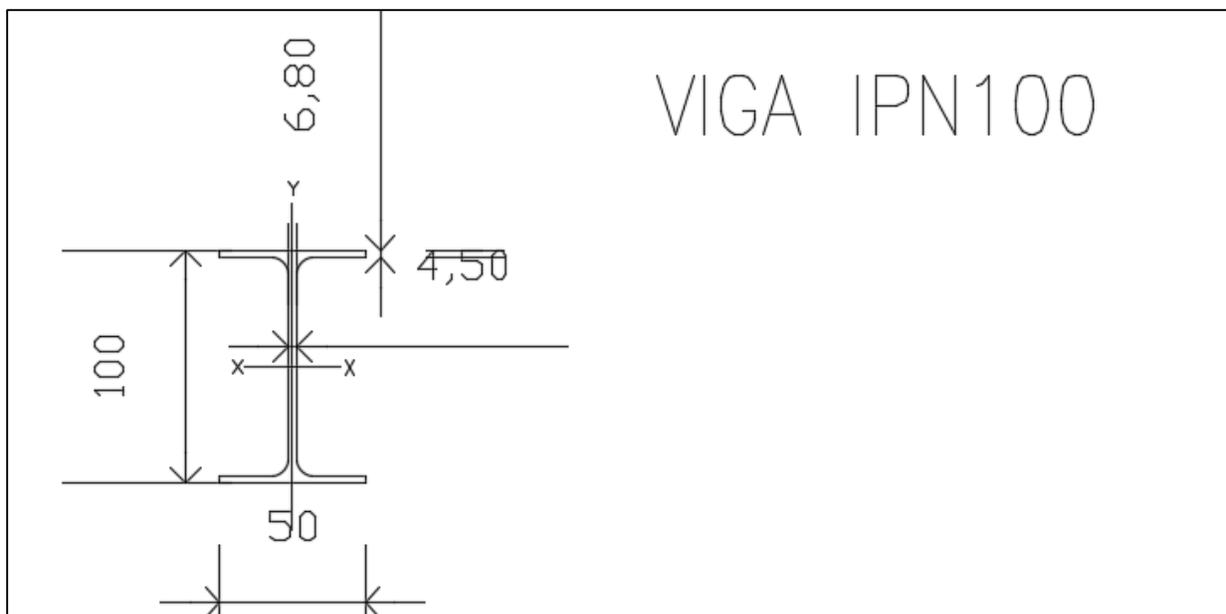
Detalle planos planta de aguas residuales











## Materiales de planos

Marca	Nombre	Ancho (a) (m)	Alto (H) (m)	Longitud (L) (m)	Espesor (mm)	Area (m2)	Cantidad
MC01	Varilla $\Phi$ 10 mm			0.3			4
MC02	Cubierta plancha AISI 304 2B	1		1	4	1	1
MC03	Cubierta plancha AISI 304 2B	2		1	4	2	3
MC04	Lados logitudinales Plancha AISI 304 2B	2	1		4	2	2
MC05	Lados transversales 1 Plancha AISI 304 2B		1	2.44	4	2.44	2
MC06	Lados transversales 2 Plancha AISI 304 2B		1	1.56	4	1.56	2
MC07	Fondo plancha 1 AISI 304 2B	2		0.34	8	0.68	1
MC08	Fondo plancha 2 AISI 304 2B	2		1.22	8	2.44	1
MC09	Fondo plancha 3 AISI 304 2B	2		1.22	8	2.44	1
MC10	Fondo plancha 4 AISI 304 2B	2		1.22	8	2.44	1
MC11	Lado Inclinado electrocoagulación Plancha AISI 304 2B	1		0.33	4	0.33	1
MC12	Lado transversal electrocoagulación Plancha AISI 304 2B	1	0.8		4	0.8	1
MC13	Lado transversal Floculación Plancha AISI 304 2B	2	0.77		4	1.54	1
MC14	Lado transversales sedimentación Plancha AISI 304 2B	2	0.7		4	1.4	1
MC15	Lado inclinado sedimentación Plancha AISI 304 2B	0.67		1	4	0.67	1
MC16	Atiesador A36 Angulo L 75x75x8 mm			6			2
MC17	Viga transversal IPN 100 A36 100x50x4.50x6.8 mm	1.95					5
MC18	Viga Longitudinal IPN 100 A36 100x50x4.50x6.8 mm			4			2
MC19	Placa floculante 1 AISI 304 SB	2	0.65		4	1.3	1
MC20	Placa floculante 2 AISI 304 SB	2	0.85		4	1.7	1
MC21	Tubería 3 plg acero inoxidable AISI 304 3B			0.5			2
MC22	Codo 90° 3 plg acero inoxidable AISI 304 3B						2