



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES PARA LA EMPRESA NUVINAT S.A. UBICADA  
EN EL CANTÓN RIOBAMBA PARROQUIA SAN JUAN, AÑO  
2014”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**PAOLA NATHALI ARÉVALO ORTIZ**

**TUTOR:**

**DRA. YOLANDA DÍAZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA NUVINAT S.A. UBICADA EN EL CANTÓN RIOBAMBA PARROQUIA SAN JUAN, AÑO 2014**” de responsabilidad de la señorita egresada: Paola Nathalí Arévalo Ortiz ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Dra. Yolanda Díaz

**DIRECTOR DE TESIS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Fernanda Rivera

**ASESOR DE TESIS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser la luz que guía mi camino. A mi madre Marianita Ortiz, quien con su amor y apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera me ha permitido cumplir mis sueños, objetivos y metas planteadas. A todos quienes me apoyaron de corazón.

**PAOLA ARÉVALO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Divino Niño Jesús por brindarme la fortaleza y perseverancia para ver cumplida esta meta.

A mi Madre y hermanos en especial a mi hermana Janeth por su amor y comprensión incondicional, a todos quienes me han dado el apoyo y cariño en los momentos más difíciles para nunca rendirme.

A mi Amor Danilo Viteri quien me ha motivado con su amor a cumplir todos mis sueños.

A la Dra. Yolanda Díaz por su gran ayuda y asesoramiento en la dirección del presente trabajo.

A la Ing. Fernanda Rivera Miembro del Tribunal de Tesis por el aporte brindado en la elaboración del presente trabajo.

**PAOLA ARÉVALO**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>%</b>	Porcentaje
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>APHA</b>	American Public Health Association
<b>A</b>	Área
<b>b</b>	Ancho
<b>CEPIS</b>	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
<b>cm</b>	Centímetro
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>FAFA</b>	Filtro anaerobio de flujo ascendente
<b>H</b>	Altura
<b>Kg/L</b>	Kilogramo por litro
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>L</b>	Longitud
<b>L/s</b>	Litro por segundo
<b>mm</b>	Milímetro
<b>mg/L</b>	Miligramo por litro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud
<b>pH</b>	Potencial de hidrogeno
<b>RAS</b>	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico
<b>SS</b>	Sólidos Suspendidos
<b>UFC/100mL</b>	Unidades formadoras de colonias por 100mL
<b>UTM</b>	Sistema de coordenadas transversal de Mercator
<b>TULAS</b>	Texto unificado de legislación secundaria

Yo, Paola Nathalí Arévalo Ortiz, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

---

**PAOLA ARÉVALO**

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>iv</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>vi</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>vii</b>

### **CAPITULO II**

<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>1</b>
1.1. Aguas residuales .....	1
1.1.1. Tipos de aguas residuales .....	1
1.1.2. Composición de aguas residuales .....	2
1.1.3. Características del agua residual.....	3
1.2. Caudal.....	9
1.2.1. Tipos de caudales.....	9
1.3. Medición del caudal.....	10
1.3.1. Método volumétrico .....	11
1.3.2. Método velocidad/superficie .....	11
1.3.3. Caudal de Diseño.....	12
1.4. Muestreo de aguas residuales .....	12
1.5. Sistemas de tratamiento de aguas residuales .....	15
1.5.1. Tratamiento primario.....	15
1.5.2. Tratamiento secundario .....	16
1.5.3. Tratamiento terciario .....	16
1.6. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones .....	16
1.6.1. Rejas o rejillas .....	17
1.6.2. Trampa de aceites y grasas .....	21

1.6.3. Tanque séptico.....	25
1.6.4. Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).....	30
1.6.5. Desinfección.....	33
1.6.6. Eras de secado .....	36
1.7. Normativa ambiental .....	40

## **CAPITULO II**

<b>2. PARTE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>43</b>
2.1. Área de estudio.....	43
2.1.1. Descripción del lugar de estudio .....	44
2.2. Materiales reactivos y equipos .....	46
2.2.1. Materiales y equipos para levantamiento topográfico.....	46
2.2.2. Materiales y equipos para la medición del caudal.....	46
2.2.3. Materiales y Equipos de Muestreo .....	46
2.3. Metodología.....	47
2.3.1. Levantamiento topográfico.....	47
2.3.2. Medición de caudal.....	47
2.3.3. Muestreo del agua residual.....	48
2.3.4. Caracterización física, química y microbiológica .....	48
2.3.5. Dimensionamiento de la planta de tratamiento .....	50
2.3.6. Elaboración de planos.....	50
2.3.7. Identificación y evaluación de impactos ambientales .....	50

## **CAPITULO III**

<b>3. CÁLCULOS Y RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
3.1. CÁLCULOS .....	53
3.1.1. Población de diseño.....	53
3.1.2. Caudal de diseño.....	54
3.1.3. Caracterización del agua residual.....	55
3.1.4. Propuesta de la planta de tratamiento de agua residual para la empresa Nuvinat S.A. ...	55



3.1.5. Dimensionamiento de la planta de tratamiento .....	57
3.2. Cálculo para determinar la remoción de los contaminantes .....	71
3.3 Análisis de Resultados.....	75
3.3.1. Resultados topográficos.....	75
3.3.2. Resultados de medición de caudal.....	75
3.3.3. Resultados de la caracterización del agua residual.....	77
3.3.4. Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento de agua .....	78
3.4. Cumplimiento de la normativa ambiental .....	86
3.5. Impacto ambiental .....	87
3.6. Presupuesto .....	89

#### **CAPITULO IV**

<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
4.1. Conclusiones.....	91
4.2. Recomendaciones .....	92
<b>4.3 BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Factores considerados para la caracterización completa del olor. ....	3
<b>Tabla 2:</b> Criterios de diseño para rejillas de forma manual.....	18
<b>Tabla 3:</b> Coeficiente de pérdida para rejillas.....	18
<b>Tabla 4:</b> Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas .....	22
<b>Tabla 5:</b> Criterios de diseño para tanque séptico.....	26
<b>Tabla 6:</b> Criterios de diseño para filtro anaeróbico de flujo ascendente .....	31
<b>Tabla 7:</b> Criterios de diseño para desinfección.....	34
<b>Tabla 8:</b> Criterios de diseño para eras de secado.....	36
<b>Tabla 9:</b> Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	41
<b>Tabla 10:</b> Técnicas empleadas en la caracterización del agua residual.....	49
<b>Tabla 11:</b> Criterios cuantitativos de Evaluación de Impactos Ambientales .....	51
<b>Tabla 12:</b> Evaluación de impactos de acuerdo a la metodología de Leopold .....	52
<b>Tabla 13:</b> Personal de la empresa .....	53
<b>Tabla 14:</b> Resultados de medición de caudal .....	75
<b>Tabla 15:</b> Resultados de la caracterización del agua residual de la empresa Nuvinat S.A .....	77
<b>Tabla 16:</b> Resultados del cálculo del caudal de diseño .....	79
<b>Tabla 17:</b> Resultados del dimensionamiento de rejillas .....	79
<b>Tabla 18:</b> Resultados del dimensionamiento de la trampa de aceites y grasas .....	81
<b>Tabla 19:</b> Resultados del dimensionamiento del tanque séptico.....	82
<b>Tabla 20:</b> Resultados del dimensionamiento del FAFA.....	83
<b>Tabla 21:</b> Resultados del dimensionamiento del tanque de desinfección .....	84

<b>Tabla 22:</b> Resultados del dimensionamiento de las eras de secado.....	85
<b>Tabla 23:</b> Comparación de la remoción de contaminantes con el TULAS .....	86
<b>Tabla 24:</b> Matriz de Leopold .....	88
<b>Tabla 25:</b> Presupuesto para la implementación de la planta de tratamiento.....	89
<b>Tabla 29,</b> Cálculo del caudal monitoreado el día lunes .....	97
<b>Tabla 30:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día martes. ....	102
<b>Tabla 31:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día miércoles.....	106
<b>Tabla 32:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día jueves .....	110
<b>Tabla 33:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día viernes.....	115
<b>Tabla 34:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día sábado .....	119
<b>Tabla 35:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día domingo .....	123

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Vista planta de un sistema manual de rejillas con dos cámaras .....	17
<b>Figura 2:</b> Diferentes formas de barros de rejillas .....	18
<b>Figura 3:</b> Ubicación del lugar de estudio .....	43
<b>Figura 4:</b> Descripción del lugar de estudio.....	44
<b>Figura 5:</b> Esquema de la planta de tratamiento de agua residual propuesta.....	56
<b>Figura 6:</b> Variación diaria del caudal .....	76
<b>Figura 7:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día lunes .....	102
<b>Figura 8:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día martes .....	106
<b>Figura 9:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día miércoles .....	110
<b>Figura 10:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día jueves .....	114
<b>Figura 11:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día viernes .....	119
<b>Figura 12:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día sábado .....	123
<b>Figura 13:</b> Cálculo del caudal monitoreado el día domingo .....	127

## INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Método volumétrico para la medición del caudal.....	11
<b>Ecuación 2:</b> Método velocidad/superficie para la medición del caudal .....	11
<b>Ecuación 3:</b> Cálculo de caudal de diseño .....	12
<b>Ecuación 4:</b> Cálculo para determinar una muestra compuesta.....	13

### ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS

<b>Ecuación 5:</b> Velocidad a través de la rejillas.....	19
<b>Ecuación 6:</b> Altura del tirante de agua .....	19
<b>Ecuación 7:</b> Altura total del canal .....	20
<b>Ecuación 8:</b> Longitud de las barras .....	20
<b>Ecuación 9:</b> Número de barras .....	20
<b>Ecuación 10:</b> Suma de separaciones entre barras .....	21
<b>Ecuación 11:</b> Pérdida de carga .....	21

### ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TRAMPA DE ACEITES Y GRASAS

<b>Ecuación 12:</b> Área del tanque.....	23
<b>Ecuación 13:</b> Ancho del tanque.....	24
<b>Ecuación 14:</b> Largo del tanque.....	24
<b>Ecuación 15:</b> Volumen útil.....	24
<b>Ecuación 16:</b> Profundidad útil.....	25
<b>Ecuación 17:</b> Profundidad total del tanque.....	25

### ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE SÉPTICO

<b>Ecuación 18:</b> Periodo de retención hidráulica.....	27
<b>Ecuación 19:</b> Volumen requerido para la sedimentación .....	27
<b>Ecuación 20:</b> Volumen de digestión y almacenamiento de lodos.....	28

<b>Ecuación 21:</b> Volumen total .....	28
<b>Ecuación 22:</b> Cálculo del área del tanque.....	28
<b>Ecuación 23:</b> Longitud del tanque.....	29
<b>Ecuación 24:</b> Cálculo de la profundidad máxima de espuma sumergida .....	29
<b>Ecuación 25:</b> Cálculo de la longitud del compartimiento 1 .....	29
<b>Ecuación 26:</b> Cálculo de la longitud del compartimiento 2 .....	29
<b>Ecuación 27:</b> Altura.....	30
<b>Ecuación 28:</b> Altura total.....	30

### **ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE FAFA**

<b>Ecuación 29:</b> Volumen del filtro .....	32
<b>Ecuación 30:</b> Área horizontal del filtro .....	32
<b>Ecuación 31:</b> Longitud del filtro.....	33
<b>Ecuación 32:</b> Altura total de la cámara.....	33

### **ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE DE DESINFECCIÓN**

<b>Ecuación 33:</b> Dosis promedio del desinfectante.....	34
<b>Ecuación 34:</b> Peso requerido del desinfectante .....	35
<b>Ecuación 35:</b> Volumen del tanque.....	35
<b>Ecuación 36:</b> Altura del tanque .....	35
<b>Ecuación 37:</b> Cálculo de la altura total del tanque .....	36

### **ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ERAS DE SECADO**

<b>Ecuación 38:</b> Población equivalente.....	37
<b>Ecuación 39:</b> Carga de sólidos .....	38
<b>Ecuación 40:</b> Sólidos suspendidos.....	38
<b>Ecuación 41:</b> Masa de sólidos que conforman los lodos.....	38
<b>Ecuación 42:</b> Volumen diario de lodos digeridos.....	39
<b>Ecuación 43:</b> Volumen de lodos a extraerse.....	39
<b>Ecuación 44:</b> Área de eras de secado .....	40

<b>Ecuación 45:</b> Largo de eras de secado.....	40
--	----

**INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo A:</b>	Resultados de la medición del caudal.....	97
<b>Anexo B:</b>	Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos .....	128
<b>Anexo C:</b>	Fotos de la medición del caudal .....	137
<b>Anexo D:</b>	Fotos del muestreo del agua residual.....	138
<b>Anexo E:</b>	Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas.....	139
<b>Anexo F:</b>	Planimetría del área de estudio .....	140
<b>Anexo G:</b>	Planos .....	140



## **RESUMEN**

Se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa Nuvinat S.A., perteneciente a la parroquia rural de San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Aplicando la metodología de análisis se realizó la medición del caudal durante siete días consecutivos, 12 horas diarias, con intervalos de cinco minutos entre cada toma utilizando métodos volumétricos, obteniendo un caudal de diseño 5.2 L/min. Para la caracterización física, química y microbiológica se efectuó muestreos durante 3 días empleando el método compuesto. Los resultados de los análisis de laboratorio indican valores de: conductividad 1034  $\mu$ Siems/cm, DQO 605mg/L, DBO5 456 mg/L, nitratos 14 mg/L, sólidos disueltos 876 mg/L, sólidos sedimentables 49 mg/L, sólidos suspendidos 1400 mg/L, aceites y grasas 30.20 mg/L, tensoactivos 16.2 mg/L, coliformes fecales 900 UFC/100mL, verificando que estos se encuentran fuera de los límites permisibles según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

El diseño propuesto consta de: pre tratamiento (rejillas), tratamiento primario (trampa de aceites y grasas) tratamiento secundario (tanque séptico y filtro anaerobio de flujo ascendente) logrando una eficiencia total promedio de 68.05%.

La planta de tratamiento de aguas diseñada es eficiente para la disminución de la concentración de contaminantes presentes en el efluente de descarga, cumpliendo con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa vigente (TULSMA), contribuyendo a mejorar el desarrollo social y ambiental en la parroquia rural de San Juan.

Se recomienda la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa Nuvinat S.A.

## ABSTRACT

A wastewater treatment plant was designed for Nuvinat S.A. which is in the rural parish of San Juan, city of Riobamba, province of Chimborazo.

Caudal measure was performed applying analysis methodology for seven days, 12 hours a day, with intervals of five minutes between each one by using volumetric methods, obtaining a caudal of design 5.2 L/min. Sampling for 3 days using a complex method was made for physical, chemical, and microbiological characterization. Results of lab analysis show values of: conductivity 1034  $\mu\text{Siemens/cm}$ , DQO 605mg/L, surfactants 16.2 mg/L, fecal coliforms 900 UFC/ 100mL, verifying that these are outside the permissible limits according to Unified Text of Secondary Legislation of Ministry of Environment (TULSMA).

The proposal design has • re-treatment (grid), primary treatment (oil and fat trap), secondary treatment (septic tank and anaerobic filter of upward flow) reaching an average total efficiency of 68.05%

The designed wastewater treatment plant is efficient for decreasing concentration of contaminants that are in effluent water discharge, fulfilling with the maximum permissible limits established by current norms (TULSMA), contributing to better social and environmental development in the rural parish of San Juan.

It is recommended the implementation of a wastewater treatment plant was designed for Nuvinat S.A. company.

## INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales constituyen uno de los problemas de contaminación de mayor importancia en los sistemas naturales acuáticos, requiriendo por razones estéticas y salud la incorporación de diversos sistemas de tratamiento previo a la descarga, evitando así la contaminación y pérdida del ecosistema. La implementación de estos tratamientos ha dado resultados satisfactorios, evidenciados por la disminución del nivel de contaminación de ríos y otros sistemas acuáticos, alentándonos con la posibilidad de la reutilización de las mismas.

Cada región y ciudad se maneja con requerimientos específicos en cuanto a sistemas de tratamiento (dependiendo de las características de las aguas residuales), considerando opciones modernas o tradicionales disponibles para el diseño de la planta.

En el Ecuador el tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales es reducido, ya que no se cuenta con tecnología suficiente para proponer un sistema de tratamiento específico (físico, químico o biológico), además que el uso y manejo de los mismos no es el correcto, hay excepciones en municipios de ciudades grandes que cuentan con el financiamiento e interés para invertir en estos procesos y cumplir así con la normativa ambiental vigente.

## ANTECEDENTES

La contaminación del agua se produce por el vertimiento en ella de compuestos orgánicos e inorgánicos que al ser disueltos o suspendidos alcanzan una concentración superior al límite tolerable para su uso. La creciente importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en el hombre la necesidad de buscar métodos para cuidarlos y recuperarlos y así mejorar la calidad de vida de los seres vivos; de aquí que uno de los recursos de vital importancia para el hombre, sea objeto de estudio, pues el agua una vez que es utilizada se vierte a diferentes cuerpos receptores, ocasionando impacto al ambiente y a la salud de los seres humanos, sobre todo si se trata de aguas utilizadas por la industria.

En México Jesús García López, 2010, efectuó el estudio de “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Número Uno de Tlalnepantla de Baz”, para el municipio de Tlalnepantla, para lo cual realizó los estudios preliminares como: muestreo de cargas de aguas residuales, topografía y geotecnia, estudios de impacto ambiental, estudio de mercado, supervisión física, técnica y administrativa entre otros, adicionalmente estudió y desarrolló la ingeniería básica y de detalle para obtener un proyecto ejecutivo integral que contempló todas las instalaciones, equipos, instrumentos, edificios y obras inducidas e instalaciones complementarias necesarias para la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. La construcción en la primera parte consistió en el equipamiento, montaje, instalación, pruebas, puesta en marcha, y estabilización. Contemplando todas las instalaciones, equipos, instrumentos, edificios y obras complementarias necesarias para el tratamiento de aguas residuales con dos módulos (reactores biológicos) con una capacidad para producir de manera continua un gasto medio de 100 litros por segundo.

En Perú Ramón Enrique Espinoza Paz, 2010, efectuó el estudio “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Juan de Miraflores” en la ciudad de Lima, para lo cual usó el método de tratamiento intermedio entre los sistemas lagunares y los sistemas avanzados, con

lo cual dedujo, que no existe un comportamiento completamente definido de las características de las aguas residuales (caudal, concentración).

En la Provincia de Chimborazo, Jeaneth Valencia, 2012, “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el área de bovinos en el camal frigorífico municipal de Riobamba” en el cantón Riobamba, su estudio de investigación tiene un carácter experimental utilizando como procesos lógicos la inducción, en la cual partió de la observación de los procesos que se desarrollan en el camal, posteriormente realizó la deducción del diseño terminando describiendo cada etapa del tratamiento, y como parte fundamental el método experimental, tomó muestras y datos, usando recipientes, termómetro y cronómetro para la medición del caudal; posteriormente realizó el análisis y caracterización de estas aguas, cuyos resultados revelan que los vertidos de esta área están fuera de los límites establecidos en la Normativa Ambiental (TULAS).

## **JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad las aguas residuales generadas por la población representan una fuente importante de contaminación influyendo en la disminución de las fuentes hídricas las cuales son el suministro de agua de consumo. El desarrollo tecnológico promueve la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales los que puede contribuir a la conservación del entorno.

La empresa Nuvinat S.A. está ubicada en la parte periférica de la parroquia rural de San Juan, la falta del sistema de alcantarillado ha provocado que el efluente residual generado en la empresa sea descargado en cisternas de cemento, acarreando la generación de vectores, lo que está provocando una eventual contaminación ambiental producida por algunos agentes, tanto a la salud humana como a los factores ambientales (agua, suelo y aire).

La empresa se ha visto en la necesidad de plantear soluciones, siendo de primordial interés realizar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas en busca de la minimización del impacto producido por el vertido de sus aguas no tratadas, además de posibles sanciones. La futura implementación de este proyecto beneficiará al ambiente y empleados, promoviendo así el desarrollo socioeconómico de la empresa y de la parroquia rural de San Juan, además de la acción responsable que la empresa tiene con las exigencias políticas y legislación de nuestro país.

La empresa Nuvinat S.A.; se ha comprometido en facilitar el aspecto técnico, logístico, para el desarrollo del proyecto utilizando una propuesta económicamente rentable para la empresa. De la misma forma el presente proyecto de investigación representará un aporte como material guía y de información para la ESPOCH y la comunidad en general.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa Nuvinat S.A. ubicada en la parroquia rural de San Juan cantón Riobamba, año 2014.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el caudal de las aguas residuales en las descargas.
- Caracterizar el agua residual generada por la empresa Nuvinat S.A. a través de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- Establecer los parámetros de diseño para la planta de tratamiento de aguas residuales.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Aguas residuales

Las aguas residuales proceden de distintas actividades domésticas, recreativas, industriales y agrícolas cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido modificadas por la incorporación de materiales, sustancias, y residuos producidos por la población de un determinado sector, ciudad o región, las cuales tras recorrer un sistema de tubería llegan a la red de alcantarillado para desembocar en un punto de descarga específico. Además se debe considerar que el agua de corriente superficial, subterránea y de precipitación fluvial de manera ocasional llega a formar parte del agua residual. (Fair, 1973)

##### 1.1.1. Tipos de aguas residuales

- **Agua Residual Doméstica:** Procedentes de diversas actividades (baño, cocina, lavandería, etc.) de domicilios, residenciales, edificios, sectores comerciales públicos entre otras.
- **Agua Residual Municipal:** Constituyen residuos líquidos recogidos, trasladados y distribuidos por el sistema de alcantarillado público, para posteriormente ser tratados en plantas de tratamiento de aguas residuales.



- **Agua Residual Industrial:** Procedentes de la actividad industrial (características específicas).
- **Aguas Pluviales:** Procedentes de la escorrentía superficial (lluvia), considerada agua residual porque en su recorrido arrastra tierra, arenas, hojas y diversos residuos existentes en el suelo.
- **Infiltración y aportaciones incontroladas:** Forma parte de la red de alcantarillado directa e indirectamente por medio de fallas o defectos en su estructura. La aportación incontrolada se debe a la recolección en la red de alcantarillado del agua lluvia. (Metcalf & Eddy, 1995)

### **1.1.2. Composición de aguas residuales**

El agua residual tiene una composición variada, esto se debe a los distintos componentes y factores que afectan su concentración. Generalmente el agua residual posee una cantidad aproximada del 99.9% agua y 0.01% materia sólida de diversa procedencia.

La materia sólida está compuesta de: minerales (subproductos eliminados por el ser humano y calidad del suministro de agua), material orgánico (compuestos de proteínas, materia carbonacea y principalmente grasa) y elementos contaminantes (materia orgánica biodegradable, compuestos fosforados, compuestos nitrogenados, microorganismos patógenos y saprófitos). Además contiene contaminantes procedentes del agua lluvia en forma diluida generando inconvenientes en el entorno ambiental y situando en riesgo la salud del ser humano. (Romero, 2009)

### 1.1.3. Características del agua residual

#### 1.1.3.1. Características físicas

Las principales características físicas presentes en el agua residual se describen a continuación:

- **Olor**

El olor característico de las aguas residuales es similar al huevo podrido esto se debe a la descomposición en condiciones anaeróbicas de sustancias orgánicas además de compuestos presentes como el sulfuro de hidrógeno. El olor es imperceptible e inofensivo cuando el agua se encuentra fresca en un entorno abierto, pero no deja de ser perjudicial para la salud y el ambiente. Existen diversos compuestos como mercaptano e indol formados en condiciones anaeróbicas pueden provocar olores más intensos que el sulfuro de hidrógeno. (Fair, 1973)

**Caracterización y medida de olor:** Metclaf & Eddy sugieren que la medición de este parámetro, requiere de factores como: carácter, sensación, intensidad, siendo la detectabilidad el único factor tomado en cuenta para realizar normas o regulaciones.

**Tabla 1 Factores considerados para la caracterización completa del olor.**

<b>FACTOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Carácter</b>	Su determinación puede resultar subjetiva ya que refiere a asociaciones mentales creadas por el sujeto que percibe el olor.
<b>Sensación</b>	Sensación relativa de agrado o desagrado sentido por el sujeto que percibe el olor.
<b>Intensidad</b>	Medido con instrumentación (olfatómetro de butanol).
<b>Detectabilidad</b>	Medido a través de diluciones necesarias para reducir el olor a su concentración del umbral mínimo detectable.

Fuente: Metclaf & Eddy., Ingeniería de Aguas Residuales., Pp 66.

- **Presencia de sólidos**

El agua residual en su composición tiene una diversidad de materiales sólidos que van desde partículas de diámetro diminuto hasta grandes materiales. Esta materia sólida se la conoce como sólidos totales que se encuentran en forma de: sólidos suspendidos (sedimentables tras un determinado tiempo y no sedimentables por su estado coloidal o peso específico cercano al del líquido que dificulta la sedimentación), sólidos disueltos (se encuentran en estado molecular o iónico, no se sedimentan), sólidos fijos y sólidos volátiles. (Fair, y otros, 1973)

- **Turbiedad**

Es la medida indicador de la calidad del agua con relación al material residual en suspensión coloidal, presente en aguas naturales o vertidas. Para efectuar la medición se compara la intensidad de la luz dispersa en la muestra de análisis y una muestra referenciada en condiciones similares, utilizando como equipo de medición el turbidímetro. Se la representa en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

- **Color**

La presencia de color en el agua se debe a varios factores y componentes como coloides, sólidos suspendidos y otras sustancias que se encuentran en solución, cuando el color es provocado por sólidos en suspensión se denominan color aparente, cuando el color es provocado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero.

Una unidad de color concierne al color producido por 1mg/L de platino, la fuente de color incluye distintos factores como; infiltración, descomposición de material orgánico, aporte de conexiones erradas, sustancias húmicas (color amarillo), el color del agua nos da una idea del tipo de agua residual como; color café claro característico de aguas descargadas más de 6 horas, color gris en aguas con un elevado grado de descomposición claro y un color gris oscuro o negro fuerte descomposición bacteriana en condiciones anaeróbicas. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

- **Densidad**

Característica del agua residual indicador de la posible formación de fangos sedimentados por corrientes de densidad formadas al aumentar este valor ya sea por la presencia de residuos industriales desechados u otras actividades. Se expresa en  $\text{Kg/m}^3$ . (Cidta, 2014)

- **Temperatura**

En las aguas residuales este parámetro generalmente es elevado producto de las distintas actividades domésticas, industriales, agrícolas entre otras, que al compararla con el agua de suministro que mantiene su temperatura ambiente con variación de entre  $10 - 20^\circ\text{C}$ , la mayoría de los procesos biológicos se aceleran con un incremento de temperatura afectando directamente a la velocidad de reacción química y la capacidad de agua para ciertos usos, esto se debe a que el oxígeno es poco soluble a temperaturas elevadas. Se considera entre  $25 - 35^\circ\text{C}$  como temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana. (Metcalf & Eddy, 1995)

### **1.1.3.2. Características químicas**

Las aguas residuales poseen componentes químicos clasificados en compuestos orgánicos procedentes de la materia orgánica (nitratos, fosfatos, sulfatos, otros) y compuestos inorgánicos como elementos procedentes de la tabla periódica encontrados en forma individual (calcio, cromo, hierro, plomo, otros):

- **Materia orgánica**

Compuesta principalmente de carbono, oxígeno, nitrógeno, proteínas ( $40 - 60\%$ ), carbohidratos ( $25 - 50\%$ ), grasas y aceites ( $10\%$ ), y otros elementos como el azufre, hierro, fósforo en determinados casos.

La presencia de materia orgánica en el agua representa la fracción más importante de contaminación ya que agota el oxígeno disuelto requerido por la fauna y flora acuática para subsistir. Para la medición de este parámetro se toma en cuenta DBO y la DQO (Metcalf & Eddy, 1995)

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química o destrucción de materia orgánica presente en el agua residual mediante la acción de bacterias en condiciones aeróbicas, el tiempo que tarda en agotarse totalmente la materia orgánica es de 5 días a una temperatura aproximada de 20 °C, el ensayo es de tipo biológico, e involucra la presencia de oxígeno, nutrientes, bacterias, etc. (drcaideronlabs, 2014)

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Parámetro analítico que mide la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química o destrucción de la materia orgánica presente en la muestra de análisis. Se encuentra presente tanto en aguas residuales como naturales. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Su medición se efectúa a través de la oxidación del agua en solución ácida de permanganato o dicromato de potasio, la reacción se facilita usando el catalizador sulfato de plata a elevadas temperaturas. La DQO será mayor que el de la DBO en muestras que predominan material químicamente oxidable pero no oxidable biológicamente, esto se evidencia en aguas residuales domésticas.

La relación entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO en una muestra de agua residual indica la posible biodegradabilidad de la materia orgánica y el contenido de sustancias tóxicas presentes en la muestra. (drcaideronlabs, 2014)

- **Oxígeno disuelto**

Parámetro indicador de la cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua, es requerido para la mayoría de organismos que dependen de este parámetro para realizar y mantener sus procesos metabólicos obteniendo así energía y efectuar su reproducción, es ligeramente soluble en agua teniendo ciertas condiciones para mantenerse como: temperatura, presión, pureza, solubilidad del gas, salinidad y solidos presentes en el agua. Este parámetro es el principal indicador de contaminación de un cuerpo de agua. (drcalderonlabs, 2014)

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Parámetro que mide el grado de acidez o alcalinidad del agua (concentración del ion hidrógeno), tiene una escala indicadora que va desde 0 (muy ácido) hasta un valor de 14 (muy básico), con punto medio de 7 (neutro).

Cuando la concentración de este parámetro es inapropiada dificulta la aplicación de tratamientos biológicos, por lo que se recomienda realizar un seguimiento de este parámetro para evitar inconvenientes al ejecutar el tratamiento, debido a esto el pH del agua residual que ha recibido tratamiento debe ser calibrado antes de la descarga a un cuerpo de agua. (Metcalf & Eddy, 1995)

- **Materia inorgánica**

Formada de componentes geológicos procedentes del permanente rose y arrastre de rocas y minerales que al disolverse forman parte del agua, algunos de estos elementos llegar a ser contaminantes que alteran la calidad y dificulta el uso de la misma provocando afectaciones a la salud del ser humano, siendo necesario tomar en cuenta estos componentes al momento de efectuar la caracterización. (Metcalf & Eddy, 1995)

- **Sulfactantes**

Denominados tensoactivos o agentes de actividad superficial, son grandes moléculas orgánicas compuestas por un grupo hidrofílico (solubles en agua) e hidrofóbico (insolubles en agua).

Su presencia en aguas residuales se debe a detergentes o jabones usados en limpieza, los mismos que producen espuma, y tienden a acumularse en la interface aire/agua originando problemas en la aireación. Se clasifican en compuestos aniónicos, catiónicos y no iónicos. (Romero, 2009)

### 1.1.3.3. Características biológicas

El control de esta característica evita la proliferación de enfermedades causadas por microorganismos patógenos específicamente clasificados, estos microorganismos requieren para su crecimiento y desarrollo nutrientes inorgánicos principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, además de energía. (Metcalf & Eddy, 1995). Las aguas residuales tienen diversos grupos de microorganismos detallados a continuación:

- **Eucariotas:** caracterización multicelular (diferenciación de células y tejidos) y unicelular (diferenciación escasa o nula de tejidos). Los organismos pertenecientes a este grupo son: plantas (helechos y musgos), animales (vertebrados e invertebrados), protistas (hongos, algas y protozoos).
- **Bacterias:** caracterización química parecida a la célula eucariota.
- **Arqueobacterias:** caracterización química celular distinta. Los organismos pertenecientes a este grupo son: halófitos, metanógenos, termoacidófilos.

## 1.2. Caudal

Se define como el volumen de agua residual por unidad de tiempo, su cuantificación determina las condiciones y parámetros de diseño óptimos para la implementación de plantas de tratamiento de aguas.

### 1.2.1. Tipos de caudales

- **Caudal promedio diario.-** Se obtiene en un periodo de 24 horas, basado en la información del caudal total del año. Los caudales promedios son usados para determinar el caudal de diseño y la capacidad de una planta de tratamiento de aguas.
- **Caudal máximo diario.-** Se obtiene en un periodo de 24 horas obtenido a partir de los datos anuales de monitoreo. Se considera de especial interés en sistemas que involucren tiempo de retención.
- **Caudal pico horario.-** Es el flujo pico que se produce en un periodo de 24 horas, tomando en cuenta datos del caudal total en un año. Se considera de especial interés en medidores de aguas residuales, canales de sistemas de tratamiento de cualquier tipo, diseño de colectores, bombas, tanques de sedimentación, cloración etc.
- **Caudal mínimo diario.-** Es el caudal mínimo que se produce en un tiempo de 24 horas basándose en datos anuales del caudal. Se usa para el dimensionamiento de los caudalímetros en especial los que controlan la adición de reactivos, además de usarse para la detección de posibles defectos en los procesos de tratamiento.
- **Caudal mínimo horario.-** Este caudal es requerido para el diseño de conductos en donde exista una posible sedimentación por la circulación de pequeños caudales.



- **Caudal permanente.-** Este caudal se caracteriza por tener un valor persistente o excedido durante un número de días consecutivos, se obtienen de datos anuales, esta información es importante para el dimensionamiento de sistemas hidráulicos. (Metcalf & Eddy, 1995)

### 1.3. Medición del caudal

La medición del caudal es importante para obtener una operación óptima de los distintos sistemas de tratamiento, ya sea de agua residual industrial o doméstica, este nos permite llevar un registro de datos sobre la cantidad de agua de infiltración y de otros caudales afluentes que aporten al sistema de tal forma que se pueda obtener el caudal óptimo considerado para el diseño de los sistemas de tratamiento.

Por esta razón se considera preciso implementar dispositivos que midan el caudal tanto a la entrada como en la salida del sistema de tratamiento. La medición del caudal se puede llevar a cabo por diversos métodos: (OPS, sf)

- Canaletas Parshall o instalaciones de vertederos (canales abiertos o alcantarillados parcialmente llenos).
- Método volumétrico (apropiados para caudales pequeños).
- Evaluación de caudales de bombeo.
- Registrando la distancia de un objeto flotante entre dos puntos fijos a lo largo de un recorrido.
- Examen de los registros de uso de agua residual, teniendo en consideración las pérdidas debido a la evaporación. Cronometrando las variaciones de nivel en tanques, reactores que tengan descargas discontinuas. (Ramalho, 2003)

### 1.3.1. Método volumétrico

Su fundamento es la medición directa del tiempo que tarda en llenarse un recipiente graduado, el cual es controlado mediante un cronómetro. El tiempo de llenado se lo hace con mayor precisión cuando es en segundos, o varias repeticiones para evitar errores en la medición; otra forma de realizar la medición del caudal es con la trayectoria que toma el caudal en las tuberías parcialmente llenas tanto verticales como horizontales, considerando que los resultados tienen una confiabilidad menor. (FAO, sf). El caudal es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$Q = V/t \qquad \text{Ecuación 1}$$

**Dónde:**

**Q** = Caudal (m<sup>3</sup>/s).

**V** = Volumen (m<sup>3</sup>).

**t** = tiempo (s).

### 1.3.2. Método velocidad/superficie

Este método requiere de la velocidad y la superficie de recorrido del fluido, (FAO, sf), los datos requeridos se reemplazan en la siguiente fórmula:

$$Q = A * V \qquad \text{Ecuación 2}$$

**Dónde:**

**Q** = Caudal (m<sup>3</sup>/s).

**A** = Área (m<sup>2</sup>).

**V** = Velocidad (m/s).

### 1.3.3. Caudal de Diseño

El caudal de diseño es el primer parámetro que se obtiene, y es considerado el más importante al momento de realizar el dimensionamiento, ya que de este dependen los siguientes sistemas de tratamiento que se pretenden implementar. (Metcalf & Eddy, 1995). Para la determinación del caudal de diseño se requiere conocer los siguientes parámetros:

$$Q_d = P * D \qquad \text{Ecuación 3}$$

#### **Dónde:**

**P**=Población servida (hab).

**D**= Dotación (L/hab\*día).

### 1.4. Muestreo de aguas residuales

Las técnicas de muestreo de aguas residuales deben diseñarse de acuerdo a la situación y características del área de estudio, considerando la variación de resultados obtenidos en la caracterización del agua, es necesario utilizar procedimientos especiales, esto implica la selección adecuada de la muestra que se desea analizar considerando; procedencia del agua residual, caudal, accesibilidad, frecuencia de medición.

La muestra obtenida debe ser representativa ya que es la base para el diseño de un sistema de tratamiento que solucione inconvenientes denotados en la caracterización de la misma. (Metcalf & Eddy, 1995)

Además existen otros propósitos por los cuales se realiza el muestreo tales como:

- Registro de datos para conocer el desempeño de la planta de tratamiento.
  
- Registro de datos para futura implementación de nuevos proyectos.

- Registro de datos para reportar el seguimiento y cumplimiento de la normativa vigente.

El grado de variación del caudal está condicionado a los intervalos del de tiempo con que se toma la muestra, los cuales deben ser cortos para lograr encontrar la máxima representatividad. Para lograr estos requerimientos la recolección de datos debe ser sustentada representativa, reproducible. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

#### 1.4.1.1. La clasificación general de las muestras

**a) Muestra simple:** Usada cuando el caudal del agua que se va a caracterizar tiene una composición constante, el flujo del agua es intermitente y la muestra compuesta podría ocultar condiciones extremas. El volumen mínimo para considerar una muestra simple está en el intervalo de 1 a 2 litros los que dependerán de los parámetros que se desee analizar. (Metcalf & Eddy, 1995)

**b) Muestra compuesta:** formada por la mezcla de muestras individuales tomadas en tiempos distintos. La cantidad de agua añadida a la mezcla compuesta deberá ser proporcional al flujo del caudal en el momento de tomar la muestra. (Ramalho, 2003). Para el cálculo se tiene a continuación la ecuación:

$$V_i = (Q_i * V_i) / (Q_p * n) \quad \text{Ecuación 4}$$

**Dónde:**

**V<sub>i</sub>** = Volumen de cada muestra individual.

**V** = Volumen total de la muestra compuesta.

**Q<sub>p</sub>** = Caudal promedio.

$Q_i$  = Caudal instantáneo.

$n$  = número de muestras tomadas.

c) **Muestra integrada:** Se basa en el análisis de muestras instantáneas en puntos de muestreo distintitos o los más cercanos posible simultáneamente, la integración debe ejecutarse de manera proporcional al caudal obtenido en el momento de muestreo. (RAS, 2000)

#### 1.4.1.2. Cadena de custodia

Para realizar el muestreo del agua residual se debe considerar diversas definiciones que garanticen que el muestreo se realizó de manera efectiva:

- **Métodos de muestreo:** Son técnicas y equipos apropiados usados en el instante de realizar el muestreo de aguas.
- **Plan de muestreo:** Es el método, volumen, clase y puntos de muestreo con tiempos correspondientes.
- **Componentes de la muestra:** Es la descripción de parámetros a ser medidos dependiendo de las características de la muestra que se va a analizar. (Crites & Tchobanoglous, 2000)
- **Sellado de muestras:** Las muestras de aguas son herméticamente cerradas, para impedir pérdidas en el volumen, además de evitar la falsificación de la muestra.
- **Preservación y rotulado de la muestra:** Es el tiempo máximo que una muestra puede permanecer en un sitio determinado, además de la identificación con etiquetas permite

llevar un orden específico en el momento de su traslado y posterior análisis en el laboratorio. (RAS, 2000)

- **Transporte de muestras:** Se debe cumplir estrictamente con la cadena de custodia previamente llenada y su etiquetado respectivo, las muestras deben ser trasladadas lo más pronto posible al lugar de análisis.
  
- **Almacenamiento de la muestra:** Se debe prever el tipo de recipiente en el que se va a almacenar la muestra (plástico, vidrio, etc.). (Crites & Tchobanoglous, 2000)
  
- **Análisis de la muestra:** El análisis se realiza in situ (pH, temperatura) o ex situ en un laboratorio.

## **1.5. Sistemas de tratamiento de aguas residuales**

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son una combinación de operaciones y procesos unitarios diseñados para reducir ciertos componentes presentes en el agua residual, estos procesos tienen la función de mejorar la calidad de los recursos hídricos mediante la reducción de la contaminación a través de procesos, físicos, químicos y biológicos, estos van a depender de las características del agua residual a tratar. (Rojas, 2002)

### **1.5.1. Tratamiento primario**

El principal objetivo del tratamiento primario es la separación a través de medios físicos o mecánicos de material sólido, partículas en suspensión y arenas contenidas en el agua residual a tratar. Los sólidos de mayor tamaño pueden retirarse mediante rejillas o rejas, dispositivos de trituración o desbaste, los sólidos inorgánicos son removidos en unidades desarenadores y los sólidos suspendidos orgánicos por sedimentación.

Los tratamientos primarios comúnmente usados son los siguientes: flotación, coagulación, floculación, precipitación química, sedimentación primaria, oxidación química y filtración. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

### **1.5.2. Tratamiento secundario**

Son procesos biológicos o secundarios que sirven para remover la DBO soluble y sólidos suspendidos sobrantes acumulados en tanques que sedimentan estos residuos de tratamientos anteriores; estos tratamientos pueden efectuarse en medios anaerobios o aerobios dependiendo de las características y criterios del lugar donde se pretende diseñar. Existen diversos tratamientos entre los más importantes: filtro anaerobio, lodos activos, lagunaje. (Rojas, 2002)

### **1.5.3. Tratamiento terciario**

Son procesos de tratamiento avanzado con costos elevados debido a sus componentes y complejidad, complementan el tratamiento de agua residual proporcionando una depuración y remoción más eficiente de elementos como: nitrógeno, fósforo, minerales, metales pesados, compuestos orgánicos, entre otros, la cual no se pudo lograr con el tratamiento primario y secundario. Existen diversos tratamientos los usuales son: filtración rápida, adsorción en carbón activado, osmosis inversa, intercambio ión. (Rigola, 1999)

## **1.6. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones**

Los sistemas de tratamiento de aguas residual constituyen los principales generadores de salud pública, por tanto, si podemos acceder a servicios de agua salubre, se evitará enfermedades de origen hídrico, que afectan la salud del ser humano y al entorno ambiental.

Los representantes adecuados para este tipo de sistema son viviendas, comunidades pequeñas, hoteles, instituciones, y otros, que requieren la implementación de sistemas descentralizados

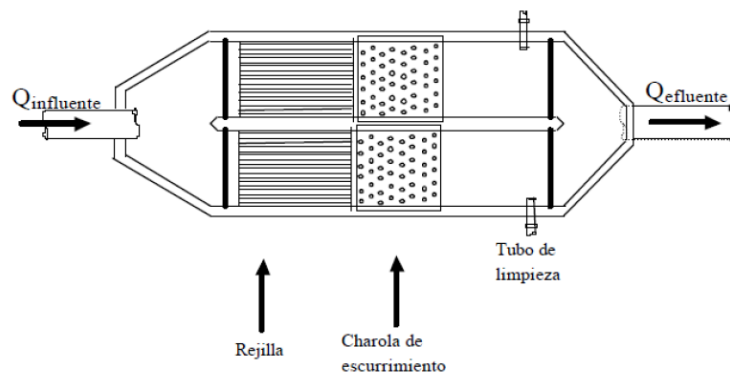
de manejo de aguas; lo cual implica recolección, tratamiento, vertimiento o reutilización del agua residual. Para la elaboración del diseño se debe tomar en cuenta las condiciones financieras para la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

### 1.6.1. Rejas o rejillas

Cuando el agua residual ingresa a la planta de tratamiento lo hace por gravedad, su función es la retención de sólidos gruesos, además de proteger válvulas, tuberías, bombas y otros elementos de posibles daños ocasionados por obstrucción con ramas, piedras, entre otros materiales de diferente tamaño. (Metcalf & Eddy, 1995). La limpieza se puede efectuar de forma manual o mecánica ya que la estructura es inclinada con relación al piso donde se pretende instalar el canal de ingreso a la planta.

- a) **Limpieza manual:** Utilizada en plantas de tratamiento pequeñas, la longitud de las rejillas no deberá excederse para permitir su adecuada limpieza, se coloca en la parte superior una bandeja perforada para sólidos removidos que se podrán ser almacenados temporalmente para su deshidratación. (RAS, 2000)

**Figura 1 Vista planta de un sistema manual de rejillas con dos cámaras**



Fuente: Allende., 2001.



- b) **Limpieza mecánica:** Usa cables o mecanismos de ruedas reciprocantes que mueven un rastrillo empleado para mover los residuos acumulados por la rejilla. Las rejas que mayor uso tienen en plantas de tratamiento son las de funcionamiento a través de cadenas. (RAS, 2000)

### 1.6.1.1. Criterios de diseño para rejillas

**Tabla 2 Criterios de diseño para rejillas de forma manual**

<b>PARÁMETRO DE DISEÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Inclinación de las rejillas</b>	70° a 80° con respecto a la horizontal	-
<b>Separación libre entre barras</b>	20 a 40	mm
<b>Velocidad del flujo</b>	0.6	m/s

Fuente: Norma RAS 2000., Título E., Literal .4.4.2, Pp 50.

### Coefficiente de pérdida para rejillas

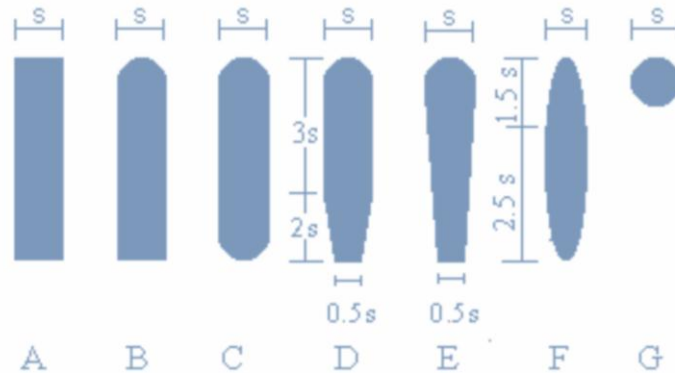
Este coeficiente permite obtener el cálculo de pérdida de carga, dependiendo de las diferentes formas de rejillas que se muestran a continuación:

**Tabla 3 Coeficiente de pérdida para rejillas**

<b>Forma</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
$\beta$	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: NORMA RAS 2000., Título E., Pp51.

**Figura 2** Diferentes formas de barrotos de rejillas



Fuente: Norma RAS, 2000.

### 1.6.1.2. Dimensionamiento

#### Velocidad a través de las rejillas

$$A = \frac{Q}{v}$$

Ecuación 5

**Dónde:**

A= Área (m<sup>2</sup>).

V= Velocidad (m/s).

#### Altura del tirante del agua

$$ha = \frac{A}{w}$$

Ecuación 6

**Dónde:**

ha= Altura del tirante del agua (m).

$w$  = Ancho asumido (m).

**Altura total del canal**

$$H = ha + hs$$

**Ecuación 7**

**Dónde:**

$H$  = Altura total (m).

$hs$  = Altura de seguridad (m).

**Longitud de barras**

$$\text{Sen } \alpha = \frac{H}{L}$$

**Ecuación 8**

**Dónde:**

$\alpha$  = Ángulo de inclinación de barras.

$H$  = Altura total (m).

$L$  = Longitud de barras (m).

**Número de barras**

$$n = \frac{w}{e + s}$$

**Ecuación 9**

**Dónde:**

$n$  = Número de barros.

$b$  = Ancho del canal (m).

**e** = Separación entre barras (mm).

**s**= Espesor de barras (mm).

### Suma de separaciones entre barras

$$bg = \left( \frac{w - e}{s + e} + 1 \right) e \quad \text{Ecuación 10}$$

**Dónde:**

**w** = Ancho del canal (m).

**e** = Separación entre barras (mm).

**s**= Espesor de barras (mm).

### Pérdida de carga

$$h = \beta \left( \frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \left( \frac{v^2}{2g} \right) \text{Sen} \alpha \quad \text{Ecuación 11}$$

**Dónde:**

$v^2 / 2g$  =carga de velocidad antes de las rejillas (m).

$\alpha$  = ángulo de inclinación de barras.

$\beta$  = coeficiente de pérdida para rejillas.

### 1.6.2. Trampa de aceites y grasas

Los aceites y grasas son compuestos orgánicos formados especialmente por ácidos grasos de origen vegetal o animal, hidrocarburos de petróleo además de otros materiales extraídos por el solvente; entre sus características específicas están: baja o nula biodegradabilidad, baja densidad y poca solubilidad en agua por lo cual tienden a separarse de la fase acuosa, ocupan la superficie del líquido que las contiene y por esto forman “natas”.

A nivel doméstico el aporte de grasas y aceites en el agua residual puede ser de 30 a 50 mg/L y componer alrededor del 20% de la DBO, estas pueden acumularse en el sistema de alcantarillado, bombas, tuberías provocando obstrucción en los sistemas de tratamiento causando problemas de flujo, además de dificultar el proceso de secado de los lodos debido a su naturaleza.

Una trampa de aceites y grasas consiste en una cámara pequeña de flotación en la que los aceites y grasas flotan a la superficie libre, mientras que el agua más clara es descargada. Para que el sistema tenga un funcionamiento óptimo se debe evitar cargas hidráulicas súbitas, ya que estas pueden producir agitación excesiva del contenido impidiendo la reacción y flotación normal de la grasa. (Romero, 2009)

#### 1.6.2.1. Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas

**Tabla 4 Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas**

<b>PARÁMETRO DE DISEÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>*Área horizontal del tanque</b>	0.25 x 0.25 por lado	m
<b>Relación ancho/longitud</b>	1:4 - 1:18	-
<b>* Tiempo de retención</b>	2.5 - 3	min
<b>*Profundidad</b>	< 0.80	m
<b>Velocidad ascendente mínima</b>	4	mm/s
<b>*Ingreso</b>	Codo de 90° diámetro mínimo de 75	mm

<b>*Parte inferior del codo de entrada</b>	0.15 por debajo del nivel de líquido.	m
--	---------------------------------------	---

Continúa...

Continúa...

<b>* Parte superior de la tubería de salida deberá tener una ventilación</b>	No menor de 0.05	m
<b>* El espacio sobre el nivel del líquido</b>	0.30 Mínimo	m
<b>*Salida</b>	Tee con diámetro mínimo de 75	mm
<b>* Pendiente</b>	45 a 60	°
<b>* Diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y tubería de salida</b>	>0.05	m
<b>Diámetro de tuberías de entrada</b>	>Mínimo 50	mm
<b>* Parte inferior de la tubería de salida</b>	No menos de 0.075 ni más de 0.15 del fondo.	m
<b>Diámetro de tuberías de salida</b>	> 100 por lo menos	mm

\*Fuente: OPS/CEPIS., 2003.

Fuente: Norma RAS., 2000., Título E.4.3., Pp28.

### 1.6.2.2. Dimensionamiento

#### Área del tanque

$$A = \frac{Q * a}{60L/min}$$

Ecuación 12

**Dónde:**

A=área del tanque (m<sup>2</sup>).

**Q** = caudal (L/ min).

**a**= área (m<sup>2</sup>).

**Ancho del tanque**

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

**Ecuación 13**

**Dónde:**

**b** = Ancho del tanque (m).

**A**=Área del tanque (m<sup>2</sup>).

**Largo del tanque**

$$L = b * 4$$

**Ecuación 14**

**Dónde:**

**L** =Largo (m).

**b** = Ancho del tanque (m).

**Volumen útil**

$$V_u = Q * Tr$$

**Ecuación 15**

**Dónde:**

**V<sub>u</sub>**= Volumen útil (L).

**Q**=caudal (L/min).

$T_r$  = Tiempo de retención hidráulica (min).

**Profundidad útil**

$$P_u = \frac{V_u}{A} \qquad \text{Ecuación 16}$$

**Donde**

$V_u$  = Volumen útil ( $m^3$ ).

$A$  = Área ( $m^2$ ).

**Profundidad total del tanque**

$$P_t = P_u + P_s \qquad \text{Ecuación 17}$$

**Dónde:**

$P_t$  = Profundidad total del tanque (m).

$P_u$  = Profundidad útil (m).

$P_s$  = Profundidad de seguridad (m).

**1.6.3. Tanque séptico**

La función del tanque séptico es la recepción de aguas residuales generadas en viviendas, instituciones educativas, hoteles, campamentos, entre otras edificaciones que no poseen sistema de alcantarillado. Emplea tratamiento anaerobio para el proceso de digestión y



sedimentación dentro del tanque, permitiendo así la eliminación de sólidos suspendidos y material flotante.

Su estructura consta principalmente de los siguientes compartimientos: un tanque hermético para la recolección de materiales sólidos de mayor tamaño que van al fondo por sedimentación, una segunda cámara a donde pasa el efluente que contiene residuos más livianos (grasas, natas, aceites, entre otros) que permanecen en la superficie del agua por flotación y no fueron retenidos en la primera cámara, un dispositivo para evitar salpicaduras, tuberías de conducción, ventilación y otros accesorios afines. (Romero, 2009).

### 1.6.3.1. Criterios de diseño para tanque Séptico

**Tabla 5 Criterios de diseño para tanque séptico**

<b>PARÁMETRO DE DISEÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Ancho del tanque</b>	No menor a 0.60	m
<b>Profundidad neta</b>	No menor a 0.75	m
<b>Relación largo ancho</b>	2:1	-
<b>Tapa del tanque</b>	No menor a 0.60 x 0.60	m
<b>* Altura útil</b>	1.2 m – 1.7	m
<b>* Resguardo</b>	> 0.3	m
<b>* Compartimentos (2)</b>	60/40	-
<b>Diámetro de la tubería de entrada</b>	Mínimo 100	mm
<b>Diámetro de la tubería de salida</b>	Mínimo 75	mm
<b>* Tasa acumulación del lodo</b>	0.04	m <sup>3</sup> /hab*año
<b>Diámetro del registro de inspección</b>	Mínimo 150	mm

<b>Nivel de la tubería de salida</b>	0.05 por debajo de tubería de entrada	m
<b>Dispositivos de entrada y salida tendrá una ventilación</b>	Luz libre para ventilación no más de 0.05	mm

\*Fuente: Método USPHS.  
Fuente: OPS/CEPIS., 2003.

### 1.6.3.2. Dimensionamiento

#### Período de retención hidráulica

$$P_r = 1.5 - 0.3 \log(P * Q) \quad \text{Ecuación 18}$$

**Dónde:**

**Pr**= Periodo de retención (días)

**P**= Población servida (hab).

**Q** = Caudal de aporte unitario de aguas residuales (L/hab \* día.).

#### Volumen requerido para la sedimentación

$$V_s = 10^{-3} * (P * Q) * Pr \quad \text{Ecuación 19}$$

**Dónde:**

**V<sub>s</sub>** = Volumen de sedimentación (m<sup>3</sup>).

**P** = Población servida (hab).

**Q** = Caudal de aporte unitario de aguas residuales (L/hab \* día.).

**Pr**= Periodo de retención (días).

### **Volumen de digestión y almacenamiento de lodos**

$$Vd = P * G * N * 10^{-3} \quad \text{Ecuación 20}$$

#### **Dónde:**

**Vd** = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (m<sup>3</sup>).

**P** = Población servida (hab).

**G** = Volumen de lodos producidos (L/hab \* año).

**N** = Intervalo deseado entre operaciones sucesivas de remoción de lodos (años).

### **Volumen total**

$$Vt = Vs + Vd \quad \text{Ecuación 21}$$

#### **Dónde:**

**Vt** = Volumen total (m<sup>3</sup>).

**Vs** = Volumen de sedimentación (m<sup>3</sup>).

**Vd** = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (m<sup>3</sup>).

### **Cálculo del área del tanque**

$$A = L * b * Hu \quad \text{Ecuación 22}$$

#### **Dónde:**

**A**= Área del tanque (m<sup>2</sup>).

**L**=Longitud (m).

**Hu** = Altura útil (m).

### Longitud del tanque

$$L = \frac{A}{b}$$

**Ecuación 23**

**Dónde:**

**L**=Longitud del tanque (m).

**A**= Área del tanque (m<sup>2</sup>).

### Cálculo de la profundidad máxima de espuma sumergida

$$He = \frac{0.7}{A}$$

**Ecuación 24**

**Dónde:**

**He**= Área superficial del tanque séptico en (m<sup>2</sup>).

**A**= Área del tanque (m<sup>2</sup>).

### Cálculo de la longitud de los compartimentos

$$L_1 = 0.6L$$

**Ecuación 25**

$$L_2 = 0.4L$$

**Ecuación 26**

**Dónde:**

$L_1$  = Longitud de compartimento 1.

$L_2$  = Longitud de compartimento 2.

**Altura**

$$Vd = L * b * h_L$$

**Ecuación 27**

**Dónde:**

$Vd$  = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos ( $m^3$ ).

$L$  = Longitud de compartimento (m).

$H_L$  = Altura (m).

**Altura total**

$$H_T = H_U + H_S$$

**Ecuación 28**

**Dónde:**

$H_T$  = Altura total (m).

$H_U$  = Altura útil (m).

$H_S$  = Altura de seguridad (m).

#### **1.6.4. Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)**

Tiene la finalidad de tratar residuos solubles, debido a su constitución es el más sencillo de mantener. Es un tanque relleno de medio microbiano sólido, el cual está en contacto el agua residual.

Este sistema resulta eficiente para desnitrificar efluentes y para pre tratamiento en plantas purificadoras de agua, ya que el agua a tratar se hace pasar a través de un cuerpo poroso, llevándola al contacto con una fina biopelícula de microorganismos floculados o adheridos a la superficie, donde se realiza el proceso de degradación anaerobia, como su flujo es ascendente existe un mínimo de riesgo de taponamiento.

La principal ventaja del proceso es la producción mínima de lodos ya que no utiliza calentamiento ni recirculación, usando como medio de crecimiento microbiano piedras, arena, anillos de plástico, colocados al azar. La mayor parte de la biomasa se acumula en los espacios vacíos intersticiales, consiguiendo una concentración de biomasa alta y un efluente clarificado. (Romero, 2009)

#### 1.6.4.1. Criterios de diseño para filtro anaerobio de flujo ascendente

**Tabla 6 Criterios de diseño para filtro anaeróbico de flujo ascendente**

<b>PARÁMETRO DE DISEÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>*Profundidad útil</b>	no menor a 1.80	m
<b>*Ancho</b>	0.85 – 5.40	m
<b>*Volumen útil mínimo</b>	no menor a 1.25	m <sup>3</sup>
<b>*Alto medio de soporte</b>	no menor a 1.2	m
<b>*Salida del efluente</b>	no menor a 30 sobre el lecho	cm
<b>Tiempo de retención</b>	24 – 48	h
<b>Carga orgánica</b>	1 - 30	kg DQO/m <sup>3</sup>

<b>Velocidad del flujo</b>	< 10	m/días
<b>Edad de lodos</b>	0.5 - 5	días
<b>Distancia entre orificios de entrada</b>	1 - 2	m
<b>Diámetro de la grava</b>	4 - 7	cm

Fuente: Norma RAS., 2000., Título E.4.7.9.

\*Fuente: Norma Brasileira ABNT.

### 1.6.4.2. Dimensionamiento

#### Volumen del filtro

$$V_f = Q_d * T_r \quad \text{Ecuación 29}$$

**Dónde:**

$V_f$  = Volumen del filtro (m<sup>3</sup>)

$Q_d$  = Caudal de diseño (m<sup>3</sup> / día).

$T_r$  = Tiempo de retención hidráulica (día).

#### Área horizontal del filtro

$$A_f = \frac{V_f}{H_u} \quad \text{Ecuación 30}$$

**Dónde:**

$A_f$  = Área horizontal del filtro (m<sup>2</sup>).

$V_f$  = Volumen del filtro (m<sup>3</sup>)

$H_u$  = Profundidad útil del filtro (m).

### Longitud del filtro

$$L = \frac{A_f}{b} \quad \text{Ecuación 31}$$

#### Dónde:

**L** = Longitud del filtro (m).

**b** = Ancho del filtro (m).

**A<sub>f</sub>** = Área horizontal del filtro (m<sup>2</sup>).

### Altura total de la cámara

$$H_{Tf} = H_u + 0.30 \quad \text{Ecuación 32}$$

#### Dónde:

**H<sub>Tf</sub>** = Altura total de la cámara (m).

**H<sub>u</sub>** = Altura útil (m).

### 1.6.5. Desinfección

La desinfección se refiere a la destrucción de organismos (bacterias, protozoos, virus y tremátodos) mediante la oxidación del material celular. Algunas alternativas empleadas en la desinfección incluyen desinfectantes físicos que incluyen rayos ultravioleta y calor, desinfectantes químicos en diferente composición como el cloro. (Arboleda, 1992)

El suministro de cloro puede darse en muchas formas que incluyen: gas de cloro, soluciones de hipoclorito y otros compuestos clorinados en forma líquida o sólida, su aplicación depende del medio que se desea desinfectar.



El cloro es empleado en plantas de tratamiento de aguas medianas y grandes, el hipoclorito en plantas pequeñas, piscinas y pozos, pues es más sencillo de manejar, la capacidad de disolución del cloro en agua dependen de la temperatura, ya que está relacionado directamente a mayor temperatura menor solubilidad. La eficiencia de remoción del cloro en microorganismos patógeno en aguas es del 100%. (Romero, 2009)

### 1.6.5.1. Criterios de diseño para tanque de desinfección

**Tabla 7 Criterios de diseño para desinfección**

Producto	Tiempo de almacenamiento (Meses)	Dosis(mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión ( Cl )	3-6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio(Ca(ClO) <sub>2</sub> )	3-6	1.4	4.3	10000-50000
Hipoclorito de sodio (NaClO)	< 1 Mes	1.7	23.1	10000-50000

Fuente: Rodríguez Arraya., Criterios de diseño para estaciones de cloración. Pp.235.

### 1.6.5.2. Dimensionamiento

**Dosis promedio del desinfectante**

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

**Ecuación 33**

**Dónde:**

**D<sub>M</sub>** = Dosis máxima (mg/ L).

$D_m$  = Dosis mínima (mg/ L).

### **Peso requerido de desinfectante**

$$P = Q * D$$

**Ecuación 34**

**Dónde:**

$P$ = Peso requerido de desinfectante (mg/s o Kg/d).

$D$ =Dosis promedio del desinfectante (mg/L)

$Q$ = Caudal (L/s).

### **Volumen del tanque**

$$V = Q * Tr$$

**Ecuación 35**

**Dónde:**

$V$  = Volumen del tanque ( $m^3$ ).

$Q$ = Caudal ( $m^3/s$ ).

$Tr$  = tiempo de retención hidráulica (s).

### **Altura del tanque**

$$At = \frac{V}{L * b}$$

**Ecuación 36**

**Dónde:**

$At$  = Altura del tanque (m).

$V$  = Volumen del tanque ( $m^3$ ).

L= Largo del tanque (m).

### Cálculo de la altura total del tanque

$$A_T = A_t + A_s \quad \text{Ecuación 37}$$

**Dónde:**

$A_T$  = Altura total del tanque (m).

$A_t$  = Altura del tanque (m).

$A_s$  = Altura de seguridad (m).

### 1.6.6. Eras de secado

Se fundamenta en la deshidratación de material sólido de manera natural por acción del sol y viento, es una de los métodos más antiguos usados para el tratamiento de agua residual. Existen ciertas variaciones en las eras de secado para su uso como: eras pavimentadas rectangulares que poseen una banda central de drenaje que está situada en la sección pavimentada para evitar el ingreso de lluvia, eras secadoras de arena que son lechos rectangulares convencionales. (Romero, 2009)

#### 1.6.6.1. Criterios de Diseño para eras de secado

**Tabla 8 Criterios de diseño para eras de secado**

<b>PARÁMETROS DE DISEÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Profundidad total útil</b>	50- 60	cm

<b>Ancho de eras de secado</b>	3 -6	m
<b>*Diámetro de tuberías de drenaje</b>	no menor de 100	mm
<b>Medio de drenaje</b>	0.30 de espesor	m
<b>Profundidad aplicable</b>	0.20 – 0.40	m

Continúa...

Continúa...

<b>*Pendiente</b>	no menor a 1	%
<b>*Medio de soporte</b>	capa de 15	cm
<b>* Canales laterales de alimentación de las tuberías principales (espaciamento)</b>	2.5 y 3	m
<b>*Arena</b>	tamaño de 0.3 a 1.3	mm
<b>*Grava</b>	Entre 51 y 200 de espesor.	mm

\*Fuente: Norma RAS., 2000.

Fuente: OPS/CEPIS 2005 /05.163., Pp 18.

### 1.6.6.2. Dimensionamiento

#### Población Equivalente

$$PE = \frac{VDBO}{C}$$

Ecuación 38

**Dónde:**

**PE**=Población Equivalente (hab).

**V**= Volumen (m<sup>3</sup>/d).

**DBO**= Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L).

C= Carga orgánica contaminante típica per cápita g/hab\*día.

### Carga de sólidos

$$SS = SS * Q * 1/PE$$

**Ecuación 39**

#### Dónde:

SS= Sólidos suspendidos (g /m<sup>3</sup>).

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/día).

PE=Población Equivalente (hab).

### Sólidos suspendidos

$$Cs = (P * SS)/1000$$

**Ecuación 40**

#### Dónde:

Cs = Contribución per cápita (KgSS/hab\*día).

SS= Sólidos suspendidos (g /m<sup>3</sup>).

P=Población (hab).

### Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Ms = (0.5 * 0.7 * 0.5 * Cs)(0.5 * 0.3 * Cs)$$

**Ecuación 41**

#### Dónde:

**Ms** = Masa de sólidos (KgSS/hab\*día).

**Cs** = Contribución per cápita (KgSS/hab\*día).

### **Volumen diario de lodos digeridos**

$$V_{ld} = \frac{Ms}{\rho_{lodos} * (\%solidos/100)}$$

**Ecuación 42**

#### **Dónde:**

**Vld** = Volumen diario de lodos digeridos (L/día).

**Ms** = Masa de sólidos (KgSS/hab\*día).

### **Volumen de lodos a extraerse**

$$V_{le} = \frac{V_{ld} * T_r}{100}$$

**Ecuación 43**

#### **Dónde:**

**Vle** = Volumen de lodos a extraerse (m<sup>3</sup>).

**Vld** = Volumen diario de lodos digeridos (L/día).

**Tr** = Tiempo de retención hidráulica (día).

### **Cálculo de área de eras de secado**

$$A_{ls} = \frac{V_{le}}{H_A}$$

**Ecuación 44**

**Dónde:**

**A<sub>ls</sub>** = Área de eras de secado (m<sup>2</sup>).

**V<sub>le</sub>** = Volumen de lodos a extraerse (m<sup>3</sup>).

**H<sub>A</sub>**= Altura (m)

**Largo de eras de secado**

$$L = \frac{A_{ls}}{b}$$

**Ecuación 45**

**Dónde:**

**L**= Largo (m).

**A<sub>ls</sub>** = Área de eras de secado (m<sup>2</sup>).

### **1.7. Normativa ambiental**

Para realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se consideró las normas que se presentan a continuación:

- Constitución de la república del ecuador de Registro Oficial 449 del 20 de octubre del 2008 Art.14.
  
- Ley de gestión ambiental que incluye el Art.19 Art.20 Art. 21

- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULAS, libro VI, Tabla 6, Anexo I y libro VI, Tabla 12, Anexo I.

**Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
<b>Potencial hidrógeno</b>	pH		5-9
<b>Temperatura</b>	°C		< 35
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno(5 días)</b>	DBO <sub>5</sub>	mg/L	100
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/L	250
<b>Fósforo Total</b>	P	mg/L	10
<b>Nitrógeno Kjeldahl total</b>	N	mg/L	15
<b>Coliformes Fecales</b>	Nmp/100 mL	-	Remoción > al 99,9
<b>Sólidos totales</b>		mg/L	1600
<b>Sólidos sedimentables</b>		mg/L	1,0
<b>Sólidos Suspendidos</b>		mg/L	100
<b>Aceites y grasas</b>	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0.3
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias activas al	mg/L	0.5



	azul de metileno		
--	------------------	--	--

Fuente: TULAS., Libro VI., 2003., Pp. 29 – 30.

- Código orgánico de organización territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD).
  
- Para realizar el diseño y dimensionamiento de la planta de tratamiento se utilizara las siguientes normas técnicas: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Sección II Título B, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Sección II Título E Tratamiento De Aguas Residuales, Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización (Norma OPS/ CEPIS 2005). Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa (Norma OPS/ CEPIS 2005).

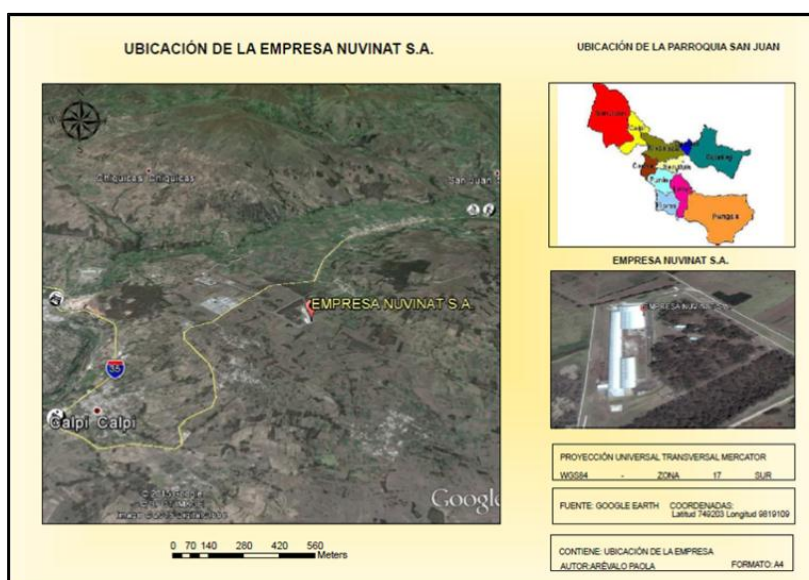
## CAPITULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.1. Área de estudio

El presente proyecto de investigación se realizó en la empresa “Nuvinat S.A.”, la cual se encuentra ubicada en la parroquia rural de San Juan, a 15 Km del Cantón Riobamba en la provincia de Chimborazo a una altitud de 3242 msnm, sus coordenadas UTM son x 749203 y 9819109; DATUM WGS84.

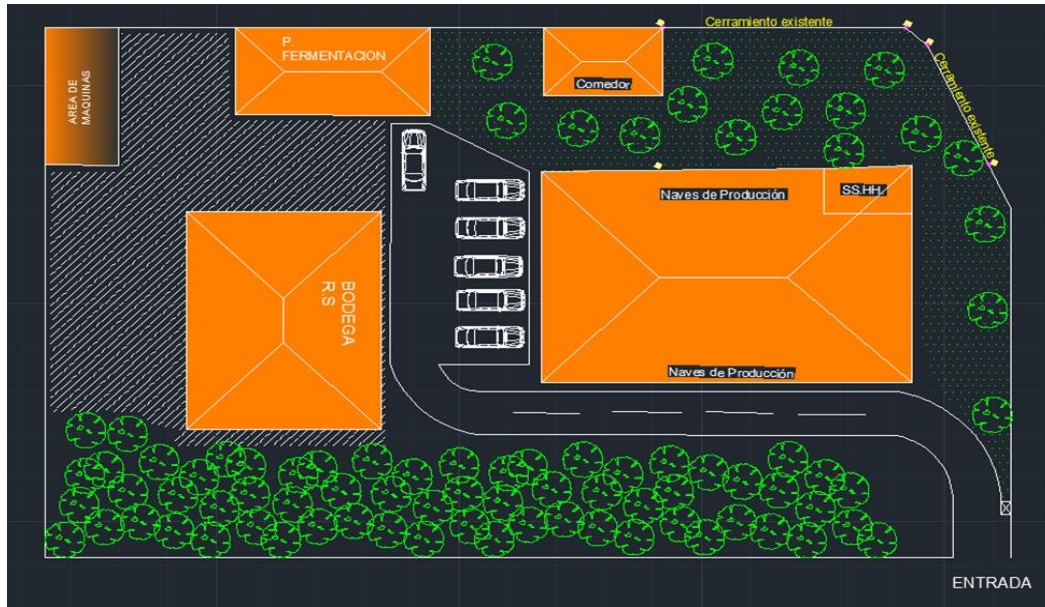
**Figura 3 Ubicación del lugar de estudio**



Fuente: ARCGIS., Arévalo, P., 2015.

### 2.1.1. Descripción del lugar de estudio

**Figura 4 Descripción del lugar de estudio**



FUENTE: Arévalo, P., 2015.

La empresa Nuvinat S.A., posee un área total de 72841.487 m<sup>2</sup>, dentro de la cual se encuentra edificaciones distribuidas de la siguiente manera:

#### a) Naves de producción

Cuenta con:

- Área administrativa.
- Línea de Procesos.
- Sección de Masa.
- Sección de Fermentación.
- Bodega de Materia Prima
- Bodega de Etiquetado y empaquetado.
- Bodega de Productos terminados.

**b) Comedor**

- Con capacidad para 300 personas.

**c) Bodega para residuos sólidos**

Cuenta con:

- Área para residuos orgánicos.
- Área para residuos comunes.

**d) Planta de fermentación**

**e) Baterías sanitarias**

Cuenta con:

- 17 duchas 4 lavamanos y 4 servicios higiénicos para mujeres.
- 8 duchas 4 lavamanos y 5 servicios higiénicos para hombres.

**f) Áreas verdes**

**g) Parqueadero**

Cuenta con:

- Sección para vehículos de carga de productos.
- Sección para vehículos de personal de la empresa.

**h) Área de maquinas**

**i) Área libre**

- Cuenta con 1861.55m<sup>2</sup> disponibles.

## **2.2. Materiales reactivos y equipos**

Para la elaboración del presente trabajo se utilizó los siguientes materiales, equipos y reactivos detallados a continuación:

### **2.2.1. Materiales y equipos para levantamiento topográfico**

- Libreta de campo.
- Cinta métrica.
- Estación total.
- GPS.
- Computador.
- Cámara Fotográfica.

### **2.2.2. Materiales y equipos para la medición del caudal**

- Libreta de campo.
- Guantes.
- Mascarilla.
- Mandil.
- Cronómetro.
- Recipientes graduados.
- Cámara Fotográfica.

### **2.2.3. Materiales y Equipos de Muestreo**

- Libreta de campo.
- Guantes.

- Mascarilla.
- Mandil.
- Cooler.
- Multi-parámetros.
- Envase de plástico estéril (150mL).
- Cámara fotográfica.

## **2.3. Metodología**

### **2.3.1. Levantamiento topográfico**

Para la obtención de las características topográficas del lugar de estudio, se realizó la georeferenciación con un GPS marca GARMIN con sistema de coordenadas UTM DATUM WGS84, para realizar el posterior levantamiento topográfico a detalle se utilizó una estación total RIMBLE S3 con una precisión de dos segundos, que fue ubicada en las coordenadas 749203 Longitud Este y 9819109 Latitud Norte, a una altitud de 3242 msnm.

Con esta información se procedió a descargar los datos obtenidos creando un documento en formato Excel para posteriormente importarlos al programa ARC GIS 10.0, para generar las curvas de nivel, permitiéndonos realizar el plano topográfico en Arc Map. Anexo (F)

### **2.3.2. Medición de caudal**

La medición de caudal se realizó mediante el método volumétrico, utilizando cronómetro y recipientes graduados en litros. La elección de este método se debe al caudal que es oscilante y pequeño, y puede ser cuantificado sin ninguna dificultad.

La medición se realizó en un período de 7 días, con una duración de 12 horas de monitoreo de 6:00 am a 18:00 pm cada día con intervalos de 5 minutos debido a la variación de caudal. Se tomó en consideración este lapso de tiempo por la hora de ingreso y salida del personal que

labora en la empresa. Una vez que se obtuvo los datos de tiempo y volumen se utilizó la ecuación 2 para determinar el caudal del agua residual (Anexo A)

### **2.3.3. Muestreo del agua residual**

El muestreo se realizó de forma manual en el mismo sitio donde se efectuó la medición del caudal, utilizando el método de muestreo compuesto.

Las muestras fueron recolectadas y etiquetadas respectivamente en envases de plástico y vidrio estériles en el horario de 6:00 am hasta las 11:00 am, por 3 días a la semana, obteniendo una muestra total formada de varias alícuotas tomadas en una probeta graduada las cuales fueron determinadas con la ecuación 3.

Para obtener datos confiables se realizó la medición in situ de los parámetros pH y temperatura con la ayuda del equipo multi parámetros, además que las muestras se conservaron en el cooler con hielo para inmediatamente ser trasladadas a los laboratorios donde se realizó la caracterización de los parámetros deseados.

Los laboratorios donde se analizaron las muestras fueron: Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC) y el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica (CESTTA). (ANEXO B)

### **2.3.4. Caracterización física, química y microbiológica**

La caracterización del agua residual se fundamenta en diferentes métodos empleados en los laboratorios que realizaron los análisis, estos métodos son descritos a continuación:

**Tabla 10 Técnicas empleadas en la caracterización física química y microbiológica del agua residual de la empresa Nuvinat S.A.**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>*pH</b>	-----	APHA/AWWA Standard Methods No. 4500 - B
<b>*Turbidez</b>	UNT	APHA/AWWA Standard Methods No 2130-B
<b>*Conductividad</b>	us/cm	APHA/AWWA Standard Methods No. 2510 - B
<b>*Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	APHA/AWWA Standard Methods No. 5220 - C
<b>*Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	APHA/AWWA Standard Methods No. 5210 - B
<b>*Fosfatos</b>	mg/L	APHA/AWWA Standard Methods No. 4500, PO4 - B
<b>*Nitratos</b>	mg/L	APHA/AWWA Standard Methods No. 4500 - NO3 -C
<b>*Sólidos Disueltos</b>	mg/L	APHA/AWWA Standard Methods No. 2540 - B
<b>*Sólidos Sedimentables</b>	mg/L	APHA/AWWA Standard Methods No. 2540 - D
<b>*Sólidos Suspendidos</b>	mg/L	APHA/AWWA Standard Methods No. 2540 - C
<b>Aceites y Grasas</b>	mg/L	*PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B.
<b>Tensoactivos</b>	mg/L	*PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C.
<b>*Coliformes Fecales</b>	COL/100mL	*Filtración por membrana.

Fuente: Laboratorio CESTTA., \*Laboratorio SAQMIC.



### **2.3.5. Dimensionamiento de la planta de tratamiento**

Para llevar a cabo el dimensionamiento de la planta de agua residual de la empresa se siguió la siguiente metodología:

- Se analizó la topografía del lugar y la disponibilidad de espacio para la ubicación de la planta de tratamiento de aguas.
- Se procesó los datos obtenidos en la investigación de campo para determinar caudales (medio, máximo y mínimo).
- Se efectuó un análisis de la caracterización física química y microbiológica del agua obtenida a través de los análisis de laboratorio; considerando los límites permisibles de descarga según la normativa ambiental aplicable. Con esta información recopilada y analizada se propone sistemas de tratamientos más adecuados y convenientes que garanticen la adecuada depuración del agua residual.

### **2.3.6. Elaboración de planos**

Para realizar la elaboración de los planos pertenecientes a las diferentes etapas que integran la planta de tratamiento de aguas residuales, se utilizó el programa AUTOCAD 2013. (Anexo G)

### **2.3.7. Identificación y evaluación de impactos ambientales**

Para realizar la evaluación y cuantificación de impactos se utilizó la matriz de Leopold que está conformada por 100 acciones y 88 características ambientales (8800 celdas); estas cuantificaciones son variables y se ajustan a las actividades del proyecto y el autor que la desarrolle.

Para la elaboración de la matriz de Leopold se identifican los posibles impactos que genera la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la fase de construcción y operación. Con esta información y de acuerdo al efecto que produce las fases antes señaladas se califica a los impactos como positivo (+) cuando sugiere beneficios en el medio, y negativo (-) cuando se observa cierto daño o deterioro en el entorno al que se efectúa la valoración.

Con la valoración cuantitativa de la magnitud e importancia se obtuvo información cualitativa y cuantitativa de la relación causa - efecto prestando una matriz detallada de evaluación de impactos, concluyendo con la agregación de impactos la cual identifica la acción más beneficiosa y la más dañina al ambiente.

**Tabla 11 Criterios cuantitativos de Evaluación de Impactos Ambientales**

<b>MAGNITUD</b>			<b>IMPORTANCIA</b>		
<b>Valoración</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Afectación</b>	<b>Valoración</b>	<b>Duración</b>	<b>Influencia</b>
<b>1</b>	Baja	Baja	<b>1</b>	Temporal	Puntual
<b>2</b>	Baja	Media	<b>2</b>	Media	Puntual
<b>3</b>	Baja	Alta	<b>3</b>	Permanente	Puntual
<b>4</b>	Media	Baja	<b>4</b>	Temporal	Local
<b>5</b>	Media	Media	<b>5</b>	Media	Local
<b>6</b>	Media	Alta	<b>6</b>	Permanente	Local
<b>7</b>	Alta	Baja	<b>7</b>	Temporal	Regional
<b>8</b>	Alta	Media	<b>8</b>	Media	Regional
<b>9</b>	Alta	Alta	<b>9</b>	Permanente	Regional
<b>10</b>	Muy Alta	Alta	<b>10</b>	Permanente	Nacional

Fuente: Matriz de Leopold 1971.

Los resultados de la agregación de impactos se evaluaron con los valores de la siguiente tabla:

**Tabla 12 Evaluación de impactos de acuerdo a la metodología de Leopold**

<b>RANGO</b>	<b>AGREGACIÓN DEL IMPACTO</b>	
<b>-70.1 a -100</b>	Negativo	Muy alto
<b>-50.1 a -70</b>	Negativo	Alto
<b>-25.1 a -50</b>	Negativo	Medio
<b>-1 a -25</b>	Negativo	Bajo
<b>1 a 25</b>	Positivo	Bajo
<b>25.1 a 50</b>	Positivo	Medio
<b>50.1 a 80</b>	Positivo	Alto
<b>80.1 a 100</b>	Positivo	Muy alto

Fuente: Matriz de Leopold 1971

Con los valores descritos en la tabla anterior se evalúa la significancia del impacto que la ejecución de este proyecto causará al implementarse, para lo cual se verifica si es viable o si es necesario tomar algunas medidas alternativas o correctoras.

## CAPITULO III

### 3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

#### 3.1. CÁLCULOS

##### 3.1.1. Población de diseño

Existe variación de personal que labora en la empresa la cual se rige a temporada de producción, por lo que se consideró como población de diseño el número máximo de personal que labora en la empresa. A continuación se registran los datos:

**Tabla 13 Personal de la empresa**

<b>ÁREA</b>	<b>PERSONAL</b>
Área administrativa	2
Área de producción	263
Seguridad privada	5
<b>Total del personal</b>	<b>270</b>

FUENTE: Arévalo, P.

### 3.1.2. Caudal de diseño

Para identificar el caudal de diseño se eligió el caudal más alto de los 7 días de monitoreo, tomando en consideración el número de personal que laboró en la empresa que fue de 40 (población servida), se obtuvo el valor de 5.2 L/min registrado el día miércoles, con toda esta información se tiene:

$$\text{Caudal de diseño } (Q_d) = 5.2 \text{ L/min}$$

$$\text{Población servida } (P) = 40 \text{ hab}$$

$$\text{Dotación } (D) = (\text{L/hab} * \text{dia})$$

$$Q_d = Q * D$$

$$D = \frac{5.2 \text{ L/min}}{40 \text{ hab}}$$

$$D = \frac{0.130 \text{ L}}{\text{hab} * \text{min}}$$

$$D = 187.2 \text{ L/hab} * \text{dia}$$

Para obtener el caudal de diseño se proyecta el número total del personal que labora en la empresa cuando cumplen turnos de 12 horas laborables que es de 270 personas:

$$Q_d = P * D$$

$$Q_d = 270 \text{ hab} * \left(0.130 \frac{\text{L}}{\text{hab}} * \text{min}\right)$$

$$Q_d = (35.1 \text{ L})/\text{min}$$

$$Q_d = (0.000585 \text{ m}^3)/\text{seg}$$

### **3.1.3. Caracterización del agua residual**

Para la caracterización del agua residual se realizó el análisis de laboratorio de los siguientes parámetros: pH, conductividad, turbiedad, nitratos, fosfatos, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), aceites y grasas, tensoactivos, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, coliformes fecales, además la temperatura y el pH fueron parámetros que se midieron in situ, antes de que las muestras sean envasadas y trasladadas a los laboratorios contratados para realizar los respectivos análisis.

En la tabla 15 se exponen los datos de los resultados obtenidos de las muestras recogidas en el tiempo de monitoreo. Para realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento se toma en consideración los valores más altos de los resultados de la caracterización física, química y microbiológica del agua.

### **3.1.4. Propuesta de la planta de tratamiento de agua residual para la empresa Nuvinat S.A.**

Con los datos del monitoreo realizado se determinó un caudal de diseño de 5.2 L/min, además de los resultados de caracterización del agua en el laboratorio (valores más altos); considerando los más importantes a continuación:

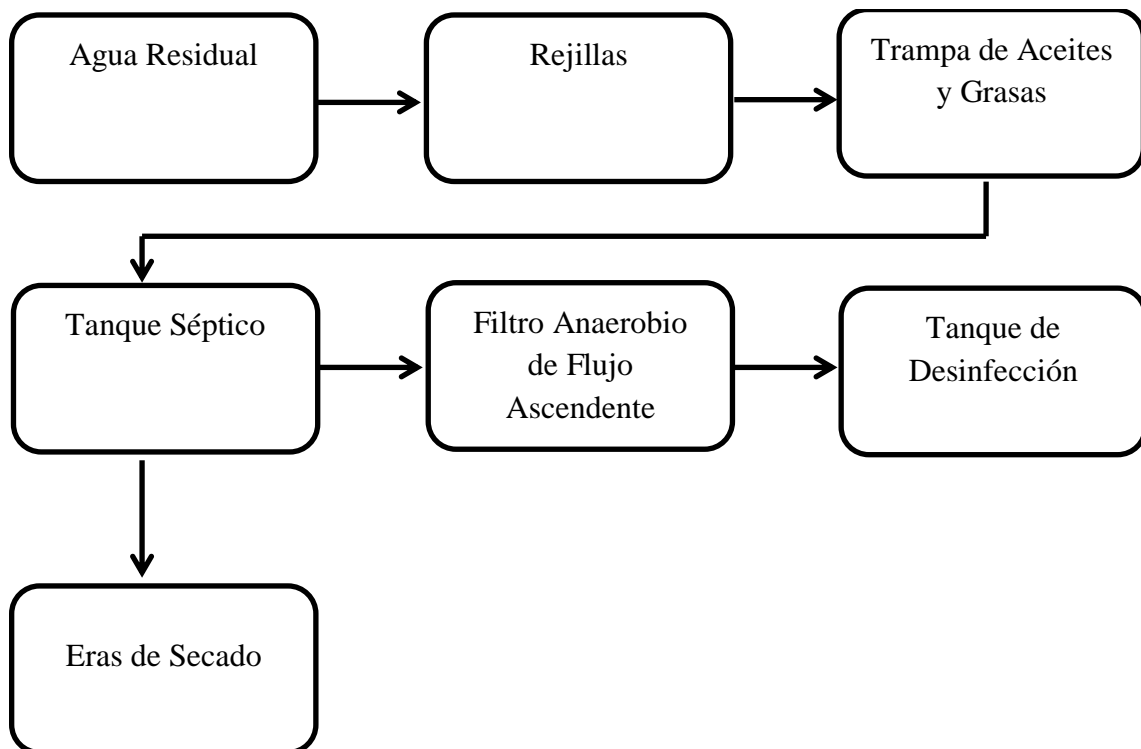
- Demanda química de oxígeno(DQO): 605 mg/L
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>): 456 mg/L
- Sólidos suspendidos:1400mg/L

Con la evaluación y disponibilidad del lugar se procedió a identificar los distintos tratamientos que se pueden implementar, considerando las actividades y el tipo de agua que se genera en la empresa Nuvinat S.A, se eligió etapas de tratamiento enfocadas en las necesidades de esta empresa.

Se propone el diseño de una planta de tratamiento residual la cual inicia con el ingreso del afluente que atraviesa un sistema de rejillas, el cual retendrá cualquier impureza de mayor tamaño; posteriormente se dirige a una trampa de aceites y grasas, seguidamente el afluente se conduce a un tanque séptico para disminuir la carga contaminante e inmediatamente el afluente pasa a un filtro anaerobio de flujo ascendente para continuar con la remoción, para finalmente pasar a un tanque de desinfección que eliminará organismos patógenos, seguidamente el afluente se usará en el riego de áreas verdes de la empresa.

La ejecución de estos procesos de tratamiento tiene como resultado la generación de lodos, que recibirán el tratamiento de deshidratación en eras de secado ajustando sus características para que puedan ser utilizados como abono en la empresa.

**Figura 5 Esquema de la planta de tratamiento de agua residual propuesta**



FUENTE: Arévalo, P., 2015

Con la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa Nuvinat S.A, el agua residual tratada alcanzará los niveles aceptables de descarga cumpliendo así la normativa vigente y evitar problemas de salud y estética en la empresa.

### **3.1.5. Dimensionamiento de la planta de tratamiento**

#### **3.1.5.1. Rejillas**

Se eligió rejillas de limpieza manual debido al caudal mínimo de aporte, manipulación y costo, considerando los criterios de Metcalf & Eddy 1995 y la Norma RAS 2000 Título E. Para el dimensionamiento se tomó los datos de la Tabla 2 sobre criterios de diseño y Tabla 3 sobre el coeficiente de pérdida de carga para rejillas y la Figura 2 para elegir la forma de las rejillas:

Considerando los parámetros de diseño de la norma RAS 2000 se eligió la velocidad de aproximación de 0.6m/s:

$$A = \frac{Q}{v}$$
$$A = \frac{0.000585m^3/seg}{0.6m/s}$$
$$A = 0.000975 m^2$$

#### **Altura del tirante del agua**

Para el ancho del canal ( $w$ ) se tomó como referencia el diámetro de la tubería que desemboca las aguas residuales, la misma que es descargada en la caja de revisión se considera como ancho de canal 0.2 m:

$$ha = \frac{A}{w}$$



$$ha = \frac{0.000975m^2}{0.2 m}$$

$$ha = 0.004875 m$$

### Altura total del canal

El valor de altura de seguridad (hs) 0.30 m para evitar desbordamientos:

$$H = ha + hs$$

$$H = 0.004875 m + 0.30 m$$

$$H = 0.304875m$$

### Longitud de barras

Considerando los criterios de diseño para rejillas establecidas en la Norma RAS 2000 título E tenemos un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ :

$$\text{Sen } \alpha = \frac{H}{L}$$

$$L = \frac{H}{\text{Sen } 60}$$

$$L = \frac{0.30m}{\text{Sen } 60}$$

### Número de barras

Considerando criterios de diseño para rejillas establecidas en la Norma RAS 2000 título E, se tomó la separación media entre varillas (e) 0.015 m por lo que el ancho (s) será 0.005m:

$$n = \frac{w}{e + s}$$

$$n = \frac{0.20m}{0.015m + 0.005m}$$

$$n = 10 \text{ barras}$$

### Suma de separaciones entre barras

$$bg = \left( \frac{w - e}{s + e} + 1 \right) e$$

$$bg = \left( \frac{0.20m - 0.015m}{0.005m + 0.015m} + 1 \right) 0.015m$$

$$bg = 0,15 \text{ m}$$

### Pérdida de carga

Guiándonos en los criterios de diseño descritos en las normas RAS 2000 título E y con el apoyo de la Figura 2 se eligió rejillas de forma redonda, el valor de  $\beta = 1.79$ :

$$h = \beta \left( \frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \left( \frac{v^2}{2g} \right) \text{ Sen } \alpha$$

$$h = 1.79 \left( \frac{0.019m}{0.025m} \right)^{\frac{4}{3}} \left( \frac{(0.6m/s)^2}{(2 * 9.8 m/s^2)} \right) \text{ Sen } 60$$

$$h = 0,006826097 \text{ m}$$

### 3.1.5.2. Trampa de aceites y grasas

Considerando los criterios de diseño descritos en la Norma RAS 2000 título E y la Norma OPS/ CEPIS 2003, y con la guía de la tabla 4 se decidió diseñar una trampa de aceites y grasas con las siguientes dimensiones:

### Área del tanque

$$A = \frac{Q * a}{60L/min}$$

$$A = \frac{35.1 L/min * 0.25 m^2}{60L/min}$$

$$A = 0.146 m^2$$

### Ancho del tanque

$$b = \sqrt{(A/4)}$$

$$b = \sqrt{\frac{0.146 m^2}{4}}$$

$$b = 0.19 m$$

### Largo del tanque

$$L = b * 4$$

$$L = 0.19 m * 4$$

$$L = 0.76 m$$

### Volumen útil

Guiándonos en los criterios de diseño descritos en la norma OPS/CEPIS 2003 el tiempo de retención (Tr) sugerido es de 2.5 min:

$$V_u = Q * Tr$$

$$V_u = 35.1 \frac{L}{min} * 2.5 min$$

$$V_u = 0.088 m^3$$

### Profundidad útil

$$P_u = \frac{V_u}{A}$$

$$P_u = \frac{0.088 \text{ m}^3}{0.146 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0.60 \text{ m}$$

### Profundidad total del tanque

Guiándonos en los criterios de diseño descritos en la norma OPS/CEPIS 2003 para la profundidad de seguridad ( $P_s$ ) se eligió el valor de 0.30m:

$$P_t = P_u + P_s$$

$$P_t = 0.60 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$P_t = 0.90 \text{ m}$$

#### 3.1.5.3. Tanque séptico

En el procedimiento para dimensionar el tanque séptico se consideró los criterios de la Norma OPS/ CEPIS 2003 y el método USPHS y con la guía de la tabla 5 se decidió diseñar un tanque séptico con las siguientes dimensiones:

#### Período de retención hidráulica

$$P_r = 1.5 - 0.3 \log ( P * Q )$$

$$P_r = 1.5 - 0.3 \log ( 270 \text{ hab} * 187.2 \frac{L}{\text{hab}} * \text{dia} )$$

$$P_r = 0.089 \text{ dias}$$

### **Volumen requerido para la sedimentación**

$$V_s = 10^{-3} * (P * Q) * Pr$$

$$V_s = 10^{-3} * \left( 270 \text{ hab} * \frac{187.2L}{\text{hab}} * \text{dia} \right) * 0.089 \text{ dias}$$

$$V_s = 4.5 \text{ m}^3$$

### **Cálculo del volumen de lodos producidos**

Aplicando criterios descritos en la Norma OPS/CEPIS 2003 el valor de (G) a ser considerado es de 90 L/hab\*año, cuando no se posee sistema de alcantarillado a G se le adiciona el valor de 20 L/ hab \* año:

### **Volumen de digestión y almacenamiento de lodos**

$$Vd = P * G * N * 10^{-3}$$

$$Vd = 270 \text{ hab} * 110 \text{ L/hab} * \text{año} * 1\text{año} * 10^{-3}$$

$$Vd = 29.7 \text{ m}^3$$

### **Volumen total**

$$Vt = Vs + Vd$$

$$Vt = 4.5 \text{ m}^3 + 29.7 \text{ m}^3$$

$$Vt = 34.1 \text{ m}^3$$

### **Área del tanque**

Aplicando criterios de diseño descritos en la Norma OPS/CEPIS 2003 el ancho (b) sugerido es de 3m y altura útil (Hu) de 1.7m:

- 63 -

$$A = L * b * Hu$$

$$Vt = L * b * Hu$$

$$34.1 \text{ m}^3 = L * b * 1.7 \text{ m}$$

$$A = L * b$$

$$A = \frac{34.1 \text{ m}^3}{1.7 \text{ m}}$$

$$A = 20.1 \text{ m}^2$$

**Longitud del tanque**

$$L = \frac{A}{b}$$

$$L = \frac{20.1 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}$$

$$L = 6.70 \text{ m}$$

**Profundidad máxima de espuma sumergida**

$$He = \frac{0.7}{A}$$

$$He = \frac{0.7}{20.1 \text{ m}^2}$$

$$He = 0.035 \text{ m}^2$$

**Longitud de los compartimentos**

Para una mejor depuración de aguas residuales, se usó 2 compartimentos con una relación de 60/40:

$$L_1 = 0.6L$$

- 64 -

$$L_1 = 0.6 * 6.70 \text{ m}$$

$$L_1 = 4.02 \text{ m}$$

$$L_2 = 0.4L$$

$$L_2 = 0.4 * 6.70 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.68 \text{ m}$$

### **Altura del tanque**

Aplicando criterios de diseño descritos en la Norma OPS/CEPIS 2003 el ancho (b) sugerido es 3m:

$$Vd = L * b * h_L$$

$$h_L = \frac{Vd}{L * b}$$

$$h_L = \frac{29.7 \text{ m}^3}{6.70 \text{ m} * 3 \text{ m}}$$

$$h_L = 1.48 \text{ m}$$

### **Altura total**

Aplicando criterios de diseño descritos en la Norma OPS/CEPIS 2003 la altura de seguridad ( $H_s$ ) recomendada para evitar desbordamientos es 0.30 m:

$$H_T = H_U + H_S$$

$$H_T = 1.7 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$H_T = 2 \text{ m}$$

### 3.1.5.4. Filtro anaerobio de flujo ascendente

Para la propuesta de diseño se optó por un filtro anaerobio de flujo ascendente de forma rectangular debido a su fácil construcción y manipulación. Considerando los criterios descritos en la norma brasilera ABNT y la Norma RAS 2000.

#### Volumen del filtro

$$Vf = Q_{diseño} * Tr$$
$$Vf = \frac{54.54 m^3}{dia} * 1 dia$$
$$Vf = 54.54 m^3$$

#### Área horizontal del filtro

La norma RAS 2000 Título E, recomienda la profundidad útil del filtro de 1.80m:

$$Af = \frac{Vf}{H_U}$$
$$Af = \frac{54.54 m^3}{1.80 m}$$
$$Af = 28,08 m^2$$

#### Longitud del filtro

Aplicando criterios de diseño descritos en la Norma RAS 2000 Titulo E, el ancho recomendado (b) es 0.85 m:

$$L = \frac{Af}{b}$$



$$L = \frac{28,08 \text{ m}^2}{5.40 \text{ m}}$$

$$L = 5.20 \text{ m}$$

### Altura total de la cámara

$$H_{Tf} = H_u + 0.30$$

$$H_{Tf} = 1.80 \text{ m} + 0.30$$

$$H_{Tf} = 2.1 \text{ m}$$

### Volumen de Grava

Para el diseño se usará grava de 4 a 7 cm, tomando como referencia los valores de la Norma RAS 2000 Titulo E:

#### 3.1.5.5. Tanque de desinfección

Considerando los criterios de Rodríguez Arraya, se utilizó hipoclorito de calcio  $Ca (ClO)_2$  para efectuar la desinfección del agua residual debido a su eficacia y bajo costo.

### Dosis promedio del desinfectante

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

$$D = \frac{4.3 \text{ mg/L} + 1.4 \text{ mg/L}}{2}$$

$$D = 2.85 \text{ mg/L}$$

### **Peso requerido del desinfectante**

$$P = Q * D$$

$$P = 0.585 \frac{L}{seg} * 2.85 \frac{mg}{L}$$

$$P = 0.144 \text{ kg/dia}$$

### **Volumen del tanque**

Considerando los criterios de diseño de Rodríguez Arraya se tiene el tiempo de retención hidráulica ( $T_r$ ) de 90s:

$$V = Q * T_r$$

$$V = 0,000585 \frac{m^3}{seg} * 90 \text{ seg}$$

$$V = 0.053 \text{ m}^3$$

### **Altura del tanque**

Considerando los criterios de diseño de Rodríguez Arraya se asume el largo del tanque ( $L$ ) de 0.4m y el ancho ( $b$ ) de 0.3m:

$$At = \frac{V}{L * b}$$

$$At = \frac{0.053 \text{ m}^3}{0.4 \text{ m} * 0.3 \text{ m}}$$

$$At = 0.44 \text{ m}$$

### **Altura total del tanque**

Considerando los criterios de diseño de Rodríguez Arraya se asume la altura de seguridad ( $A_s$ ) de 0.30 m:

$$A_T = A_t + A_s$$

$$A_T = 0.44 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$A_T = 0.74 \text{ m}$$

### 3.1.5.6. Eras de secado

Para el dimensionamiento de las eras de secado se tomó en consideración los criterios de la Norma OPS/ CEPIS 2003 y RAS 2000 Titulo E:

#### Población Equivalente

Se tomó en consideración los criterios de la Norma OPS/ CEPIS 2003 para la carga orgánica contaminante típica per cápita (C) de 60g/hab\*día (valor típico):

$$PE = \frac{V * DBO}{C}$$

$$PE = \frac{54.54 \text{ m}^3 * 605 \text{ g/m}^3}{60 \text{ g/hab} * \text{ dia}}$$

$$PE = 510 \text{ hab}$$

#### Carga de sólidos

$$SS = SS * Q * \frac{1}{P}$$

$$SS = 1400 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} * 50.54 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} * \frac{1}{510 \text{ hab}}$$

$$SS = 138.8 \text{ g} \frac{SS}{\text{dia}} \text{ hab}$$

### Sólidos suspendidos

$$Cs = \frac{P * SS}{1000}$$

$$Cs = \frac{510 \text{ hab} * 138.8 \text{ g} \frac{SS}{\text{día}} \text{ hab}}{1000}$$

$$Cs = 70.8 \text{ Kg SS/hab} * \text{dia}$$

### Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Ms = (0.5 * 0.7 * 0.5 * Cs)(0.5 * 0.3 * Cs)$$

$$Ms = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 70.8 \text{ Kg SS/hab} * \text{dia})(0.5 * 0.3 * 70.8 \text{ Kg SS/hab} * \text{dia})$$

$$Ms = (23 \text{ Kg SS/hab} * \text{dia})$$

### Volumen diario de lodos digeridos

$$Vl = \frac{Ms}{\rho_{\text{lodos}} * \left(\frac{\% \text{solidos}}{100}\right)}$$

$$Vl = \frac{23 \text{ Kg SS/hab} * \text{dias}}{1.04 \text{ Kg/L} * \left(\frac{12}{100}\right)}$$

$$Vl = 184.28 \text{ L/dia}$$

### Volumen de lodos a extraerse

Según criterios de diseño descritos en la norma OPS/CEPIS 2003 se recomienda el tiempo de retención ( $T_r$ ) de 55 días:

$$V_{le} = \frac{V_l * T_r}{1000}$$

$$V_{le} = \frac{184.28 \text{ L/dia} * 55 \text{ dias}}{1000}$$

$$V_{le} = 10.1 \text{ m}^3$$

### Área de eras de secado

Según criterios de diseño descritos en la norma OPS/CEPIS 2003, la profundidad recomendable es de 0.20 a 0.40m, por lo que se ha tomado una profundidad de 0.40 m:

$$A_{ls} = \frac{V_{le}}{H_A}$$

$$A_{ls} = \frac{10.1 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 25.34 \text{ m}^2$$

### Ancho

El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m según la OPS/CEPIS 2003, por lo que se ha tomado el valor de 5 m:

$$A_{ls} = L * b$$

$$L = \frac{A_{ls}}{b}$$

$$L = \frac{25.34 \text{ m}^2}{5 \text{ m}}$$

$$L = 5.07 \text{ m}$$

### Número de eras de secado

$$N_{ES} = 2$$

### 3.2. Cálculo para determinar la remoción de los contaminantes

Para determinar la eficiencia en la remoción de los contaminantes de cada etapa diseñada para la planta de tratamiento de agua residual, se tomó en cuenta criterios establecidos (valores teóricos de diferentes investigaciones).

#### a) Rejillas

La eficiencia de remoción de las rejillas es despreciable, ya que en esta etapa solo retiene material sólido de gran tamaño.

#### b) Trampa de Aceites y Grasas

La trampa de aceites y grasas no tiene una remoción teórica establecida ya que esta etapa solo funciona para contener las grasas y aceites del proceso de tratamiento.

#### c) Tanque Séptico

Según bibliografía revisada se encontró que la remoción del tanque séptico para aceites y grasas es del 70 – 80 %, para DBO<sub>5</sub> del 30 – 50 % y para sólidos suspendidos del 50 – 70 %, por lo que se ha considerado el valor para aceites y grasas del 70%, para DBO<sub>5</sub> 30 % y para sólidos suspendidos 50 %. Tomando los datos de los valores más bajos obtenidos en el muestreo y los valores descritos anteriormente se tiene:

- Remoción de Aceites y Grasas

$$Aceites\ y\ Grasas_{removida} = \left( 2 - \left( \frac{2mg/L * 70}{100} \right) \right)$$

$$Aceites\ y\ Grasas_{removida} = 0.6\ mg/L$$

- **Remoción de DBO<sub>5</sub>**

$$DBO_{5\text{ removida}} = \left( 306 \frac{mg}{L} - \left( \frac{306 mg/L * 30}{100} \right) \right)$$

$$DBO_{5\text{ removida}} = 214.2 mg/L$$

- **Remoción de Sólidos Suspendidos**

$$Sólidos\ Suspendidos_{\text{removido}} = \left( 810 - \left( \frac{810mg/L * 50}{100} \right) \right)$$

$$Sólidos\ Suspendidos_{\text{removido}} = 405 mg/L$$

### c) **Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente**

Según bibliografía revisada se encontró que la remoción del filtro anaerobio de flujo ascendente para DBO<sub>5</sub> es del 65 – 80 %, para DQO del 60 – 80 %, y para sólidos suspendidos del 60 – 70 %, por lo que se ha tomado el valor para DBO<sub>5</sub> del 65 %, para DQO y sólidos suspendidos del 60 %.

- **Remoción de DBO<sub>5</sub>**

$$DBO_{5\text{ removida}} = (214.2mg/L - ((214.2mg/L * 65)/100))$$

$$DBO_{5\text{ removida}} = 74.97 mg/L$$

- **Remoción de DQO**

$$DQO_{\text{removida}} = \left( 474mg/L - \left( \frac{474 mg/L * 60}{100} \right) \right)$$

$$DQO_{removida} = 189.6 \text{ mg/L}$$

- **Remoción de Sólidos Suspendidos**

$$Sólidos\ Suspendidos_{removidos} = \left( 405 \frac{mg}{L} - \left( \frac{405 \frac{mg}{L} * 60}{100} \right) \right)$$

$$Sólidos\ Suspendidos_{removidos} = 162 \frac{mg}{L}$$

**d) Tanque de Desinfección**

La eficiencia teórica es del 100% en remoción de patógenos.

**e) Eras de Secado**

La eficiencia de remoción para las eras de secado no existe debido a que esta etapa de tratamiento se utiliza para deshidratar sólidos procedentes del proceso de tratamiento de aguas residuales.

**f) Eficiencia general de la planta de tratamiento**

Para determinar la eficiencia general de la planta de tratamiento se considera los parámetros que están fuera de límites de descarga establecido en el TULSMA y la concentración inicial del contaminante en el afluente (valor obtenido de la caracterización física química y microbiológica del agua residual) y la concentración del efluente que ha recibido tratamiento (valores finales del último nivel del tratamiento).



- **Eficiencia general de Aceites y grasas**

$$\text{Aceites y grasas} = \frac{2\text{mg/L} - 0.6\text{mg/L}}{810\text{mg/L}} * 100\%$$

$$\text{Aceites y grasas} = 70\%$$

- **Eficiencia general de DQO**

$$\text{Remoción DQO} = \frac{306\text{mg/L} - 189.6\text{mg/L}}{306\text{mg/L}} * 100\%$$

$$\text{Remoción DQO} = 38\%$$

- **Eficiencia general de DBO5**

$$\text{Remoción DBO5} = \frac{474\text{mg/L} - 74.97\text{mg/L}}{474\text{mg/L}} * 100\%$$

$$\text{Remoción DBO5} = 84\%$$

- **Eficiencia general de Sólidos suspendidos**

$$\text{Sólidos Suspendidos} = \frac{810\text{mg/L} - 162\text{mg/L}}{810\text{mg/L}} * 100\%$$

$$\text{Sólidos Suspendidos} = 80\%$$

### 3.3 Análisis de Resultados

#### 3.3.1. Resultados topográficos

El levantamiento topográfico realizado en el área de estudio determinó que el terreno es relativamente plano y presenta una mínima pendiente, lo que nos indica que el terreno es accesible para la construcción de la planta de tratamiento de aguas. Ver el plano topográfico en el Anexo F.

#### 3.3.2. Resultados de medición de caudal

A continuación se muestran los promedios diarios obtenidos en cada medición de caudal realizado durante los 7 días de monitoreo en el horario de 6 am a 18 pm.

**Tabla 14 Resultados de medición de caudal**

<b>DIA</b>	<b>CAUDAL (L/min)</b>
<b>Lunes</b>	3,922
<b>Martes</b>	3,328
<b>Miércoles</b>	5,200
<b>Jueves</b>	2,485
<b>Viernes</b>	5,012
<b>Sábado</b>	2,902
<b>Domingo</b>	2,021

Fuente: Arévalo, P.

Con los datos descritos en la tabla anterior podemos identificar que el caudal mínimo son los días jueves, sábado y domingo debido a que estos días el personal que ingresó a la empresa

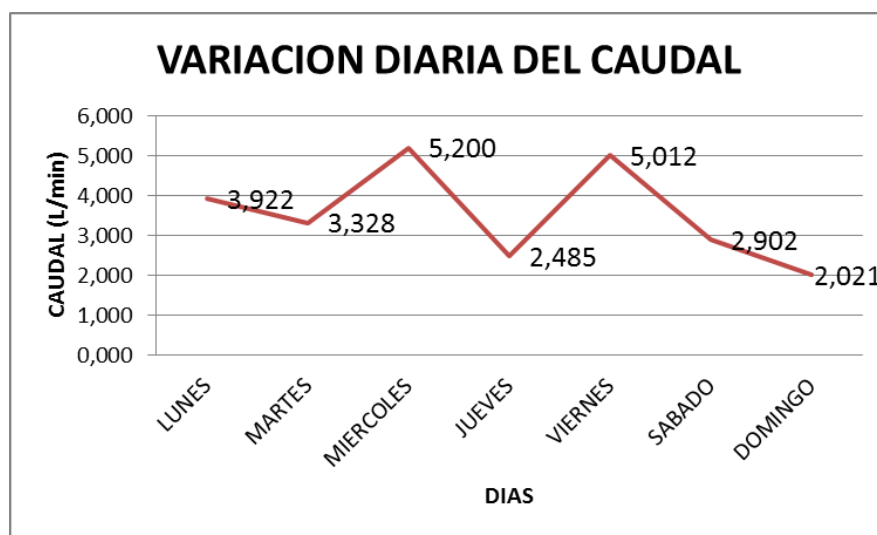
fue reducido y no cumplió con los requisitos de ingreso (ducha diaria), debido a que no se realizó elaboración de producto. Los días lunes y martes presentan el caudal promedio debido a la población y el agua residual descargada.

Los días miércoles y viernes presentan el caudal máximo esto se debe a que el personal que ingreso a la empresa cumplió con todos los requisitos de ingreso (ducha diaria) además que cumplió con el turno completo asignado por la empresa.

Para fines de diseño se trabajó con el caudal del día miércoles ya que comparando la población servida y el agua residual generada, este día presenta el mayor caudal. Para mejor visualización de los resultados diarios. (Anexo A)

En la siguiente figura se observa la variación que existe en los días que se realizó el monitoreo del caudal del agua residual en la empresa Nuvinat S.A.

**Figura 6 Variación diaria del caudal**



Fuente. Arévalo, P., 2015.

### 3.3.3. Resultados de la caracterización del agua residual

A partir de la caracterización del agua residual se pudo determinar características particulares del agua descargada por la empresa.

Los parámetros analizados in situ son temperatura y pH, la temperatura registrada en los tres días de muestreo tiene como valor máximo 19.4 ° C y como valor mínimo 17.3 ° C, el pH un valor máximo de 8.10 y un valor mínimo de 6.75. Estos dos parámetros poseen una mínima variación encontrándose dentro de los límites permisibles de la normativa ambiental, esto se debe a que el agua residual descargada consta habitualmente de los mismos componentes orgánicos e inorgánicos.

En el laboratorio se analizaron los siguientes parámetros: conductividad, DBO<sub>5</sub>, DQO, fosfatos, nitratos, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, aceites y grasas, tensoactivos, coliformes fecales.

Para el análisis de la contaminación orgánica, se considera como indicadores de contaminación la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), los cuales en las tres muestras de análisis indican niveles de DQO comprendidos entre 474 mg/L y 650 mg/L, (rango en el que se encuentra el valor más bajo y alto muestreado) y para DBO<sub>5</sub> valores comprendidos entre 306mg/L y 456 mg/L.

A continuación se exponen los datos de los resultados de la caracterización de las muestras en el tiempo de monitoreo.

**Tabla 15 Resultados de la caracterización del agua residual de la empresa Nuvinat S.A.**

<b>Parámetro</b>	<b>17-oct</b>	<b>19-nov</b>	<b>15-dic</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nivel permisible</b>
<b>pH</b>	6.75	7.48	8.10	-	5-9
<b>Turbidez</b>	150.8	176	186	UNT	-

Continúa...

Continúa...

<b>Conductividad</b>	401	840	1034	μSiems/cm	-
<b>Temperatura</b>	19.4	18.5	17.3	°C	< 35
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	474	605	588	mg/L	250
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	306	412	456	mg/L	100
<b>Fosfatos</b>	8.9	9.1	2.1	mg/L	10.0
<b>Nitratos</b>	11	14	2.80	mg/L	10.0
<b>Sólidos Disueltos</b>	797	876	789	mg/L	-
<b>Sólidos Sedimentables</b>	49	13	5	mg/L	1
<b>Sólidos Suspendidos</b>	810	1400	1280	mg/L	100
<b>*Aceites y Grasas</b>	11.3	<2	30.20	mg/L	0.3
<b>*Tensoactivos</b>	13.05	16.2	8.95	mg/L	0.5
<b>Coliformes Fecales</b>	700	160	900	UFC/ 100 mL	Remoción> al 99.9 %

Fuente: \*Laboratorio CESTTA, Laboratorio SAQMIC.

### 3.3.4. Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento de agua

A continuación se presentan los resultados obtenidos del dimensionamiento para las diferentes etapas de tratamiento de aguas propuesto para este trabajo de investigación tomando en cuenta normas, guías y criterios de diseño adecuados al sitio de estudio.

### 3.3.4.1. Caudal de Diseño

La determinación del caudal de diseño es primordial para el desarrollo del dimensionamiento de la planta de tratamiento, a continuación se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 16 Resultados del cálculo del caudal de diseño**

<b>Parámetro</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Caudal de Diseño	Qd	0,000585	m <sup>3</sup> /s

Fuente: Arévalo., P.

### 3.3.4.2. Rejillas

Luego de tomar en consideración el caudal con el que podrá ingresar el efluente, y criterios de diseño de la Norma RAS 2000 Titulo E, se dimensiono rejillas de limpieza manual con ángulo de 60°. En la siguiente tabla se describen los resultados obtenidos del dimensionamiento de las rejillas.

**Tabla 17 Resultados del dimensionamiento de rejillas**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Velocidad de aproximación	m/s	0.60
Ángulo de aproximación	-	60
Espesor de las barras	m	0.015
Separación entre barras	m	0.005
Coefficiente de pérdida(circular)	-	1.79

Continúa...

Continúa...

<b>Área</b>	m <sup>2</sup>	0.000975
<b>Ancho</b>	m	0.20
<b>Altura del tirante del agua</b>	m	0,004875
<b>Altura de seguridad</b>	m	0.30
<b>Altura total del canal</b>	m	0.30
<b>Longitud de barras</b>	m	0.35
<b>Número de barras</b>	-	10
<b>Suma de separación entre barras</b>	m	0,15375
<b>Pérdida de carga</b>	m	0,00683

Fuente: Arévalo., P.

### 3.3.4.3. Trampa de Aceites y Grasas

El dimensionamiento de esta etapa de tratamiento permitirá la contención en la parte superior de los aceites y grasas generadas principalmente en actividades de alimentación para prevenir inconvenientes en los procesos posteriores de tratamiento.

La trampa de grasas diseñada según criterios descritos en las normas RAS 2000 Titulo E y OPS/CEPIS 2003, se tiene un ancho de 0.19 m, longitud de 0.76 m y una profundidad de 0.90m, el ingreso del agua a esta unidad es mediante un codo de 90° y tubería de 110 mm y a la salida con tubería en forma de T de PVC.

En la siguiente tabla se describen los resultados obtenidos del dimensionamiento de la trampa de aceites y grasas.

**Tabla 18 Resultados del dimensionamiento de la trampa de aceites y grasas**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Caudal</b>	L/min	35.1
<b>Área</b>	m <sup>2</sup>	0.25
<b>Área del tanque</b>	m <sup>2</sup>	0.142
<b>Ancho del tanque</b>	m	0.19
<b>Largo del tanque</b>	m	0.76
<b>Volumen útil</b>	m <sup>3</sup>	0.088
<b>Tiempo de Retención Hidráulica</b>	min	2.50
<b>Profundidad de seguridad</b>	m	0.30
<b>Profundidad útil</b>	m	0.60
<b>Profundidad total del tanque</b>	m	0.90
<b>Diámetro de tuberías (entrada)</b>	mm	110
<b>Diámetro de tuberías (salida)</b>	mm	110
<b>Pendiente</b>	-	45

Fuente: Arévalo., P.

#### **3.3.4.4. Tanque séptico**

El dimensionamiento del tanque séptico tiene el propósito de reducir la materia orgánica, aceites y grasas, sólidos suspendidos, entre otros componentes que contienen las aguas residuales, se dimensionó un tanque séptico según las normas CEPIS/OPS 2003 y el MÉTODO USPHS; esta etapa estará ubicada después de la trampa de aceites y grasas.

En la siguiente tabla se describen los resultados obtenidos del dimensionamiento del tanque séptico:



**Tabla 19 Resultados del dimensionamiento del tanque séptico**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Caudal</b>	L /hab*día	187.2
<b>Población futura</b>	hab	270
<b>Periodo de retención</b>	días	0.088
<b>Volumen de sedimentación</b>	m <sup>3</sup>	4.45
<b>Volumen de digestión y almacenamiento de lodos</b>	m <sup>3</sup>	29.7
<b>Volumen total</b>	m <sup>3</sup>	34.1
<b>Área del tanque</b>	m <sup>2</sup>	20.1
<b>Ancho del tanque</b>	m	3.00
<b>Longitud del tanque</b>	m	6.70
<b>Altura de seguridad</b>	m	0.30
<b>Altura</b>	m	1.48
<b>Altura útil</b>	m	1.70
<b>Longitud compartimento 1</b>	m	4.02
<b>Longitud compartimento 2</b>	m	2.68
<b>Profundidad máxima de espuma sumergida</b>	m <sup>2</sup>	0.035
<b>Altura total</b>	m	2.00
<b>Diámetro de tuberías (entrada)</b>	mm	200
<b>Diámetro de tuberías (salida)</b>	mm	200
<b>Diámetro de tuberías de emergencia</b>	mm	200
<b>Diámetro de tuberías de registro</b>	mm	0.75

Fuente: Arévalo., P.

### 3.3.4.5. Dimensionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Se dimensionó 1 filtro anaerobio de acuerdo a los criterios de diseño de la Norma RAS 2000 Título E, el mismo que es de forma rectangular, el cual removerá la materia orgánica y sólidos procedentes del agua residual del tanque séptico, obteniendo así un afluente de mejor calidad, se concluyó con las siguientes dimensiones descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 20 Resultados del dimensionamiento del FAFA**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Caudal</b>	m <sup>3</sup> /día	50.54
<b>Tiempo de retención</b>	día	1
<b>Volumen del filtro</b>	m <sup>3</sup>	50.54
<b>Área horizontal del filtro</b>	m <sup>2</sup>	28.08
<b>Longitud del filtro</b>	m	5.20
<b>Ancho del filtro</b>	m	5.40
<b>Altura total de la cámara</b>	m	2.10
<b>Profundidad útil</b>	m	1.80
<b>Altura del falso fondo</b>	m	0.30
<b>Altura del medio de soporte</b>	m	1.20

Fuente: Arévalo., P.

### 3.3.4.6. Dimensionamiento del tanque de desinfección

Tomando en consideración los resultados del análisis de aguas residuales se evidencia la presencia coliformes fecales por lo que es necesario diseñar un tanque de desinfección para disponer de agua libre de contaminantes microbiológicos que posteriormente será utilizada para riego de las áreas verdes de la empresa.

Debido al tipo de agua, efectividad y costo, el tanque de desinfección usará hipoclorito de calcio, utilizando los criterios de Rodríguez Arraya para el diseño de tanque de desinfección se concluyó con las dimensiones descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 21 Resultados del dimensionamiento del tanque de desinfección**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Dosis promedio del desinfectante</b>	mg / L	2.85
<b>Peso requerido de desinfectante</b>	Kg/ d	0.14
<b>Largo del tanque</b>	m	0.40
<b>Ancho del tanque</b>	m	0.30
<b>Volumen del tanque</b>	m <sup>3</sup>	0.053
<b>Altura del tanque</b>	m	0.44
<b>Altura de seguridad</b>	m	0.30
<b>Altura total del tanque</b>	m	0.74

Fuente: Arévalo., P.

### 3.3.4.7. Dimensionamiento de eras de secado

Luego del proceso biológico con el tanque séptico se obtiene como residuo lodos, los cuales requieren deshidratarse y cumplir así con las características necesarias para posteriormente ser situados como abono de las instalaciones de la empresa; utilizando criterios de diseño de la Norma OPS/CEPIS 2003 se concluyó con las siguientes dimensiones descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 22 Resultados del dimensionamiento de las eras de secado**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Caudal</b>	m <sup>3</sup> /día	50.54
<b>Carga de sólidos</b>	gSS/hab*día	138.8
<b>Sólidos suspendidos salientes</b>	KgSS/hab*día	70.8
<b>Masa de sólidos que conforman los lodos</b>	KgSS/hab*día	23
<b>Volumen diario de lodos digeridos</b>	L/día	184.3
<b>Volumen de lodos a extraerse</b>	m <sup>3</sup>	10.1
<b>Área de eras de secado</b>	m <sup>2</sup>	25.34
<b>Largo de eras de secado</b>	m	5.07
<b>Ancho de eras de secado</b>	m	4.00
<b>Profundidad de seguridad</b>	m	0.20
<b>Profundidad de lodos</b>	m	0.40
<b>Espesor de la capa de arena</b>	m	0.20
<b>Espesor de la capa de grava</b>	m	0.30
<b>Altura total de eras de secado</b>	m	1.00
<b>Número de eras de secado</b>	-	2

Fuente: Arévalo., P.

### 3.4. Cumplimiento de la normativa ambiental

La propuesta de la planta de tratamiento anteriormente descrita se proyecta a reducir los valores de la DQO, DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos y aceites y grasas existentes en el agua residual.

En la siguiente tabla se implanta la comparación de los parámetros antes mencionados con valores de concentración inicial (obtenidos de la caracterización del agua residual en los laboratorios) y final valores obtenidos con la planta de tratamiento propuesta, estos valores se compara con los valores límites establecidos por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), libro VI – anexo 1: Tabla No 12.

Para el cumplimiento con la normativa ambiental de los parámetros de aceites y grasas, sólidos suspendidos, se toma en consideración la disminución de la cantidad de contaminantes que las etapas de tratamiento han producido.

**Tabla 23 Comparación de la remoción de contaminantes con el TULAS**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Agua sin tratamiento</b>	<b>Agua con tratamiento</b>	<b>Limite permisible (TULAS)</b>	<b>Eficiencia general</b>	<b>CUMPLE</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	306	189.6	250	38%	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	474	74.97	100	84%	CUMPLE
Aceites y Grasas	mg/L	2	0.6	0.3	70%	NO CUMPLE
Sólidos suspendidos	mg/L	810	162	100	80%	NO CUMPLE

Fuente: TULAS., Libro VI., 2003., Pp. 29 – 30.

### **3.5. Impacto ambiental**

La puesta en construcción de cualquier tipo de infraestructura involucra la generación de impactos ambientales ya sean positivos o negativos producidos en el transcurso de construcción, operación y abandono de la misma, la matriz de Leopold diseñada de acuerdo a las necesidades de este proyecto de investigación permite la identificación de las actividades (fase de construcción y fase de operación) y los impactos generados para los distintos componentes ambientales (agua, aire, suelo, flora, fauna, humano, económico), permitiéndonos claramente la identificación de las acciones e impactos generados al medio que los rodean.

Para efectuar la evaluación de impactos ambientales producidos para la implementación de este diseño se aplicó la metodología de Leopold empleando los valores de la tabla 11, obteniendo la siguiente matriz:

**Tabla 24 Matriz de Leopold**

ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		FASE DE CONSTRUCCIÓN						FASE DE OPERACIÓN			Afectaciones Positivas	Afectaciones Negativas	Agregación de Impactos	Número de Interacciones
		Campamento	Preparación del terreno	Excavación	Operación de maquinaria	Transporte de materiales	Material de desalojo	Operación de PTAR	Manejo de Lodos	Mantenimiento				
AGUA	Uso del agua	-3/2									0	1	-6	1
	Calidad del agua							-3/2			1	0	8	1
SUELO	Uso del suelo	-4/3	-4/4	-5/4	-4/2		-4/2	-3/2	-3/1	-4/1	0	8	-76	8
	Calidad del suelo		-4/3	-5/3							0	2	-29	2
AIRE	Nivel sonoro	-4/2	-4/2								0	2	-14	2
	Generación de olores				-4/3						0	1	-9	1
	Emisión atmosférica		-3/2		-4/2	-4/2					0	3	-22	3
FLORA	Descubierta vegetal	-1/2	-4/2	-5/2							0	3	-17	3
FAUNA	Perdida de microfauna	-4/3	-3/2	-4/1							0	3	-22	3
HUMANO	Calidad de vida							4/2			1	0	6	1
	Salud							5/2			1	0	8	1
ECONOMICO	Empleo	6/2	6/3	6/3	6/3	6/2	6/2	6/2	6/2	6/2	9	0	118	9
	Paisaje			-5/3				6/4			1	1	8	2
Afectaciones Positivas		1	1	1	1	1	1	5	1	1	13			
Afectaciones Negativas		5	6	5	3	1	1	1	1	1		24		
Agregación de Impactos		-24	-47	-43	-9	6	7	48	7	7			-48	
Número de Interacciones		6	7	6	4	2	2	6	2	2				37

Fuente: Arévalo, P

En la matriz de Leopold descrita en la tabla 24 se identifica y califica la magnitud e importancia de los posibles impactos que se producirán al implementar la planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa Nuvinat S.A., se determinó 24 afecciones negativas y 13 afectaciones positivas con número total de interacciones de impacto de 37. El valor de agregación de impacto es de -48 que al compararlo con la tabla 12, el resultado de la evaluación es negativa media, lo que sugiere que la implementación de este proyecto no requiere medidas correctoras, ya que los impactos producidos al pasar el tiempo se corregirán.

Se identifica notablemente que el número de interacciones negativas es mayor, siendo la fase de construcción la que mayor afectación genera ya que las excavaciones son necesarias para el desarrollo de la misma, viéndose afectado el uso y calidad del suelo hay que tomar en cuenta que estas afectaciones son temporales y con el pasar del tiempo desaparecerán. Tanto en la fase de construcción como la fase de operación la generación de empleo es el punto de equilibrio ya que se genera un impacto positivo en nivel alto, siendo viable para la población beneficiada.

### 3.6. Presupuesto

**Tabla 25 Presupuesto para la implementación de la planta de tratamiento**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Excavación y recolección del material	m <sup>3</sup>	51.43	4.00	205.72
Hormigón f'c 210 kg/cm <sup>2</sup> y encofrado	m <sup>3</sup>	47.50	120.00	5700
Hormigón Replanteo f'c 180 kg/cm <sup>2</sup> (e= 5cm)	m <sup>3</sup>	4.17	70.00	291.90

Continúa...



Continúa...

Acero de refuerzo (e=12mm)	qq	30	50.00	1500
Tubería PVC-D 160mm	M	2	35.40	70.80
Empedrado (e=10cm)	m <sup>2</sup>	83.26	7.00	582.82
Tubería PVC-D 75mm	U	1	11.10	11.10
Codo PVC-D 110 mm	U	1	3.25	3.25
Codo PVC-D 160 mm	U	2	9.00	18.00
Válvula de Compuerta (110 mm)	U	3	76.23	228.69
Válvula de Compuerta (160 mm)	U	3	482.00	1446
Tee PVC-D 110 mm	U	1	4.69	4.69
Tee PVC-D 160 mm	U	2	14.17	28.34
Reducción PVC-D 160-110 mm	U	2	12.77	25.54
<b>Filtro anaerobio de flujo ascendente</b>				
Relleno de grava (4- 7 cm)	m3	37.45	10.00	374.50
<b>Eras de secado</b>				
Arena	m3	4.40	10.00	44
Grava	m3	6.60	10.00	66
<b>Mano de obra</b>				
Albañil (jefe)	-	3	100	300
Albañil (asistente)	-	2	80	200
Subtotal				9256
Imprevistos (10%)				925.6
<b>Total</b>				<b>10181.6</b>

## CAPITULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Se determinó el caudal del agua residual en la descarga mediante el método volumétrico, dando como resultado un caudal mínimo de 2.02 L/min y un caudal máximo de diseño de 5.2 L/min.
- Se caracterizó física, química y microbiológicamente el agua residual proveniente de la empresa Nuvinat S.A., cuyos valores máximos son los siguientes: pH 8.10, temperatura 19.4 °C, fosfatos 9.1 mg/L; que se encuentran dentro de los límites permisibles del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULAS, libro VI, Tabla 12, Anexo I; conductividad 1034  $\mu$ Siems/cm, DQO 605mg/L, DBO5 456 mg/L, nitratos 14 mg/L, sólidos: disueltos 876 mg/L, sedimentables 49 mg/L, y suspendidos 1400 mg/L, aceites y grasas 30.20 mg/L, tensoactivos 16.2 mg/L, coliformes fecales 900UFC/100mL, permaneciendo fuera de los límites permisibles.
- Se diseñó la planta de tratamiento para la empresa Nuvinat S.A, según criterios de diseño y ecuaciones sugeridas por normas y guías para tratamiento de aguas residuales, demostrando teóricamente que resulta eficiente para bajar la concentración de los contaminantes por medio de un sistema de unidades que incluye: rejillas, trampa de

grasas, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente, eras de secado y tanque de desinfección. La eficiencia teórica del diseño propuesto en el tanque séptico es 70 % para aceites y grasas, 30% para DBO<sub>5</sub>, 50 % para sólidos suspendidos; obteniendo como resultados finales de remoción: 0.6 mg/L, 214.2 mg/L y 405 mg/L respectivamente. Para el filtro anaerobio de flujo ascendente la eficiencia teórica de remoción es de 65 % de DBO<sub>5</sub>, 60 % de DQO y 60 % de sólidos suspendidos, presentando como valores finales de remoción de 74.97 mg/L, 189.6 mg/L, 162 mg/L respectivamente.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Cuando se implemente la planta de tratamiento se deberá actualizar los resultados de la caracterización física, química y microbiológica del agua residual para verificar algún cambio o aumento de estos valores.
- Para la construcción e implementación del trabajo de investigación propuesto se deberá realizar un estudio de factibilidad con información actualizada de costos de maquinaria, material de construcción y mano de obra.
- Cuando se implemente la planta de tratamiento de aguas residuales, se debe poner en práctica el manual de operación y mantenimiento propuesto en el Anexo E, para así asegurar el buen funcionamiento de la misma.

### 4.3 BIBLIOGRAFIA

- **ARBOLEDA, J.**, Teoría y Práctica de la Purificación del agua (Volumen II). 3ª ed., Bogotá-Colombia., McGraw-Hill., 1992. Pp 200-201
- **CRITES, R., Y TCHOBANOGLIOUS, G.**, Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones., 1ª ed., Bogotá-Colombia., McGraw-Hill., 2000., Pp. 26-27; 32-34; 41-48; 70-75; 84; 240-249.
- **FAIR, Y OTROS.** Purificación de aguas, tratamientos y remoción de aguas residuales. Madrid, España., Limusa., 1973., Pp 10-11.
- **METCALF Y EDDY.**, Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales., 3ª ed., Madrid- España., MacGraw-Hill., 1995., Pp. 41; 60; 95.509-514.
- **RAMALHO, R.**, Tratamiento de aguas residuales., 2ª ed., Madrid-España., Reverté., 2003., Pp. 77-78; 92.
- **RIGOLA, M.**, Tratamiento de aguas industriales: Aguas de Proceso y reutilización., 2ªed., México-México., Alfaomega., 1999., Pp. 137; 142; 152-153.

- **ROJAS, R.**, Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales., CEPIS/OPS-OMS., Curso Internacional Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales., Ministerio de Comercio Exterior y Turismo., Lima – Perú., 2002., Pp. 11.
- **ROMERO, J.**, Calidad del agua., 3ª ed., Bogotá- Colombia., Escuela Colombiana de Ingeniería. 2009., Pp. 111; 124; 186; 196-200; 207-210.
  
- **ECUADOR, MINISTERIO DE AMBIENTE.**, Texto Unificado de Legislación Ambiental., Libro VI – Anexo #1: Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes: Recurso Agua., Quito – Ecuador., 2010., Pp. 29-30.
  
- **COLOMBIA, MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO.**, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000). Sección II – Título E: Tratamiento de Aguas Residuales. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C. – Colombia. 2000. pp. 17 – 28; 50-51; 85; 143.
  
- **PERÚ, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – ÁREA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y SALUD AMBIENTAL – CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS/OPS).**, Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa., Editorial CEPIS., Lima – Perú., 2003., Pp. 7-11.
  
- **PERÚ, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – ÁREA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y SALUD AMBIENTAL – CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS/OPS).** Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques

imhoff y Lagunas de estabilización Editorial CEPIS., Lima – Perú., 2003., Pp. 6-10;18-19.

- **CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIUAL**

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>  
(2014-10-21)

- **METODOS DE AFORO**

<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-2sas.htm>  
(2014-10-12)

- **MÉTODOS DE ANÁLISIS DE AGUAS**

<http://www.drcalderonlabs.com>  
(2014-10-12)

- **MÉTODOS VOLUMÉTRICOS**

<http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>  
(2014-09-05)

- **FONSECA, K.,** Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la central ecuatoriana de servicios agrícolas - Riobamba 2013., Tesis., Pregrado.,

ESPOCH., Ciencias., Escuela de Ingeniería en Biotecnología Ambiental.,  
Riobamba., Pp. 31,34, 37,41, 44.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3393/1/236T0090.pdf>

(2014-12-05)

# ANEXOS

**ANEXO A**

**LA MEDICIÓN DEL**

**Tabla 26 Cálculo del  
día lunes**

<b>Hora(h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Caudal(L/min)</b>
6:00	1.00	9,21
6:05	1.00	19,43
6:10	1.00	16,12
6:15	1.00	19,29
6:20	1.00	15,4
6:25	1.00	18,31
6:30	1.00	15,61
6:35	1.00	14,22
6:40	1.00	14,89
6:45	1.00	16,71
6:50	1.00	8,24
6:55	1.00	6,13
7:00	1.00	6,41
7:05	1.00	7,31
7:10	1.00	7,8
7:15	1.00	5,29
7:20	1.00	4,37
7:25	1.00	1,32

**RESULTADOS DE**

**CAUDAL**

**caudal monitoreado el**



7:30	1.00	1,01
7:35	1.00	2,33
7:40	1.00	1,17
7:45	1.00	1
7:50	1.00	0,9
7:55	1.00	0,5
8:00	1.00	0,2
8:05	1.00	0,3
8:10	1.00	0,41
8:15	1.00	2,31
8:20	1.00	4,11
8:25	1.00	3,21
8:30	1.00	4,11
8:35	1.00	4,31
8:40	1.00	5,21
8:45	1.00	6,21
8:50	1.00	5,26
8:55	1.00	9,02
9:00	1.00	10,49
9:05	1.00	11,41
9:10	1.00	8,28
9:15	1.00	6,42
9:20	1.00	6,91
9:25	1.00	2,3
9:30	1.00	11
9:35	1.00	0,22
9:40	1.00	0,12
9:45	1.00	1
9:50	1.00	0,2
9:55	1.00	0,1
10:00	1.00	0,22
10:05	1.00	0,1
10:10	1.00	0,08
10:15	1.00	0,09
10:20	1.00	1,23
10:25	1.00	1,4
10:30	1.00	0,9
10:35	1.00	0,35
10:40	1.00	0,41
10:45	1.00	0,25
10:50	1.00	0,03

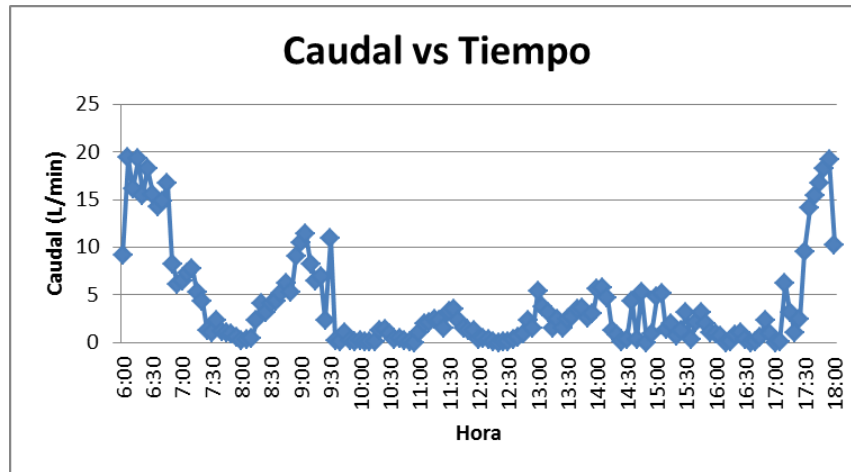
10:55	1.00	0,01
11:00	1.00	1
11:05	1.00	1,98
11:10	1.00	2,12
11:15	1.00	2,44
11:20	1.00	2,29
11:25	1.00	1,56
11:30	1.00	3,32
11:35	1.00	3,52
11:40	1.00	2,34
11:45	1.00	1,54
11:50	1.00	1,23
11:55	1.00	1,24
12:00	1.00	0,35
12:05	1.00	0,43
12:10	1.00	0,32
12:15	1.00	0,05
12:20	1.00	0,02
12:25	1.00	0,04
12:30	1.00	0,09
12:35	1.00	0,35
12:40	1.00	0,54
12:45	1.00	0,9
12:50	1.00	2,3
12:55	1.00	1,54
13:00	1.00	5,4
13:05	1.00	3,7
13:10	1.00	3,2
13:15	1.00	1,52
13:20	1.00	2,4
13:25	1.00	1,54
13:30	1.00	2,4
13:35	1.00	2,7
13:40	1.00	3,56
13:45	1.00	3,61
13:50	1.00	2,54
13:55	1.00	2,98
14:00	1.00	5,6
14:05	1.00	5,7
14:10	1.00	4,7
14:15	1.00	1,3

14:20	1.00	0,81
14:25	1.00	0,03
14:30	1.00	0,29
14:35	1.00	4,3
14:40	1.00	0,3
14:45	1.00	5,3
14:50	1.00	4.1
14:55	1.00	0,89
15:00	1.00	4,76
15:05	1.00	5,21
15:10	1.00	1,34
15:15	1.00	1,98
15:20	1.00	0,67
15:25	1.00	1,32
15:30	1.00	3,11
15:35	1.00	0,31
15:40	1.00	2,12
15:45	1.00	3,21
15:50	1.00	1,98
15:55	1.00	1
16:00	1.00	0,93
16:05	1.00	0,73
16:10	1.00	0,01
16:15	1.00	0,031
16:20	1.00	0,81
16:25	1.00	1
16:30	1.00	0,32
16:35	1.00	0,01
16:40	1.00	0,09
16:45	1.00	0,51
16:50	1.00	2,31
16:55	1.00	0,92
17:00	1.00	0,01
17:05	1.00	0,03
17:10	1.00	6,23
17:15	1.00	3,21
17:20	1.00	1
17:25	1.00	2,41
17:30	1.00	9,54
17:35	1.00	14,1
17:40	1.00	15,4

17:45	1.00	16,8
17:50	1.00	18,3
17:55	1.00	19,2
18:00	1.00	10,3
<b>Promedio</b>		<b>3,921662069</b>

Fuente: Arévalo, P.

**Figura 7 Cálculo del caudal monitoreado el día lunes**



Fuente: Arévalo, P. 2015

**Tabla 27 Cálculo del caudal monitoreado el día martes.**

<b>Hora(h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Caudal(L/min)</b>
6:00	1.00	5,21
6:05	1.00	8,43
6:10	1.00	3,12
6:15	1.00	12,29
6:20	1.00	17,4
6:25	1.00	2,31
6:30	1.00	1,61
6:35	1.00	4,31
6:40	1.00	5,39
6:45	1.00	7,51
6:50	1.00	6,24
6:55	1.00	7,13
7:00	1.00	4,31
7:05	1.00	5,31
7:10	1.00	8,81
7:15	1.00	5,29
7:20	1.00	4,37
7:25	1.00	1,32
7:30	1.00	1,01
7:35	1.00	2,33

7:40	1.00	1,17
7:45	1.00	1,31
7:50	1.00	0,9
7:55	1.00	2,5
8:00	1.00	1,2
8:05	1.00	0,3
8:10	1.00	1,41
8:15	1.00	0,31
8:20	1.00	0,11
8:25	1.00	3,21
8:30	1.00	4,11
8:35	1.00	7,31
8:40	1.00	5,21
8:45	1.00	6,21
8:50	1.00	9,26
8:55	1.00	10,02
9:00	1.00	10,49
9:05	1.00	11,41
9:10	1.00	8,28
9:15	1.00	6,42
9:20	1.00	6,91
9:25	1.00	2,3
9:30	1.00	11
9:35	1.00	0,22
9:40	1.00	0,12
9:45	1.00	1
9:50	1.00	0,2
9:55	1.00	0,1
10:00	1.00	0,22
10:05	1.00	0,1
10:10	1.00	0,08
10:15	1.00	0,09
10:20	1.00	1,23
10:25	1.00	1,4
10:30	1.00	0,9
10:35	1.00	0,35
10:40	1.00	0,41
10:45	1.00	0,25
10:50	1.00	0,03
10:55	1.00	0,01
11:00	1.00	1

11:05	1.00	1,98
11:10	1.00	2,12
11:15	1.00	2,44
11:20	1.00	2,29
11:25	1.00	1,56
11:30	1.00	3,32
11:35	1.00	3,52
11:40	1.00	2,34
11:45	1.00	1,54
11:50	1.00	1,23
11:55	1.00	1,24
12:00	1.00	0,35
12:05	1.00	0,43
12:10	1.00	0,32
12:15	1.00	0,05
12:20	1.00	0,02
12:25	1.00	0,04
12:30	1.00	0,09
12:35	1.00	0,35
12:40	1.00	0,54
12:45	1.00	0,9
12:50	1.00	2,3
12:55	1.00	1,54
13:00	1.00	5,4
13:05	1.00	3,7
13:10	1.00	3,2
13:15	1.00	1,52
13:20	1.00	2,4
13:25	1.00	1,54
13:30	1.00	2,4
13:35	1.00	2,7
13:40	1.00	3,56
13:45	1.00	3,61
13:50	1.00	2,54
13:55	1.00	2,98
14:00	1.00	5,6
14:05	1.00	5,7
14:10	1.00	4,7
14:15	1.00	1,3
14:20	1.00	0,81
14:25	1.00	0,03

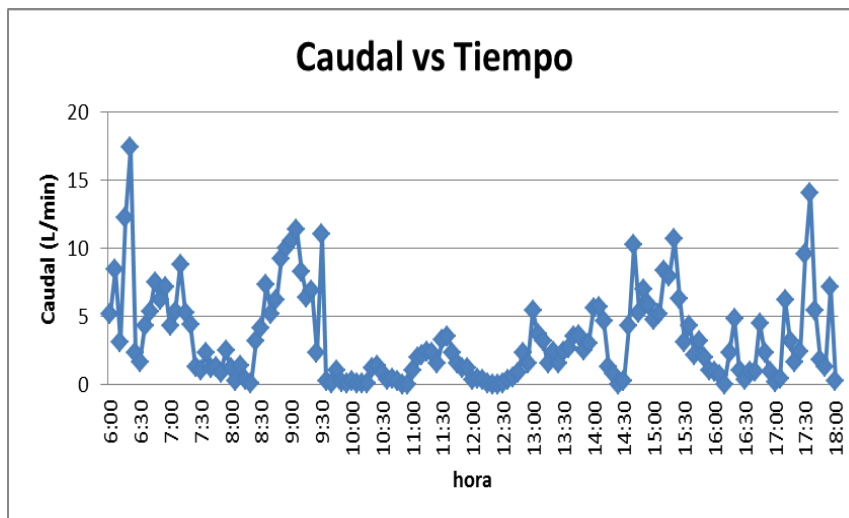
14:30	1.00	0,29
14:35	1.00	4,3
14:40	1.00	10,3
14:45	1.00	5,3
14:50	1.00	7
14:55	1.00	5,89
15:00	1.00	4,76
15:05	1.00	5,21
15:10	1.00	8,34
15:15	1.00	7,98
15:20	1.00	10,67
15:25	1.00	6,32
15:30	1.00	3,11
15:35	1.00	4,31
15:40	1.00	2,12
15:45	1.00	3,21
15:50	1.00	1,98
15:55	1.00	1
16:00	1.00	0,93
16:05	1.00	0,73
16:10	1.00	0,01
16:15	1.00	2,31
16:20	1.00	4,81
16:25	1.00	1
16:30	1.00	0,32
16:35	1.00	0,98
16:40	1.00	0,99
16:45	1.00	4,51
16:50	1.00	2,31
16:55	1.00	0,92
17:00	1.00	0,19
17:05	1.00	0,39
17:10	1.00	6,23
17:15	1.00	3,21
17:20	1.00	1,6
17:25	1.00	2,41
17:30	1.00	9,54
17:35	1.00	14,1
17:40	1.00	5,4
17:45	1.00	1,8
17:50	1.00	1,3



17:55	1.00	7,2
18:00	1.00	0,3
<b>Promedio</b>		<b>3,327862069</b>

Fuente: Arévalo, P.

**Figura 8 Cálculo del caudal monitoreado el día martes**



Fuente: Arévalo, P. 2015

**Tabla 28 Cálculo del caudal monitoreado el día miercoles**

<b>Hora(h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Caudal(L/min)</b>
6:00	1.00	10,21
6:05	1.00	15,43
6:10	1.00	13,12
6:15	1.00	15,29
6:20	1.00	20,4
6:25	1.00	15,31
6:30	1.00	17,61
6:35	1.00	18,22
6:40	1.00	17,89
6:45	1.00	15,71
6:50	1.00	18,24

6:55	1.00	8,13
7:00	1.00	7,41
7:05	1.00	7,31
7:10	1.00	7,8
7:15	1.00	5,29
7:20	1.00	4,37
7:25	1.00	5,32
7:30	1.00	7,01
7:35	1.00	2,33
7:40	1.00	1,17
7:45	1.00	9,98
7:50	1.00	2,93
7:55	1.00	4,54
8:00	1.00	6,24
8:05	1.00	2,31
8:10	1.00	1,41
8:15	1.00	2,31
8:20	1.00	4,11
8:25	1.00	3,21
8:30	1.00	4,11
8:35	1.00	4,31
8:40	1.00	5,21
8:45	1.00	6,21
8:50	1.00	5,26
8:55	1.00	1,02
9:00	1.00	1,49
9:05	1.00	1,41
9:10	1.00	0,28
9:15	1.00	1,42
9:20	1.00	1,91
9:25	1.00	0,3
9:30	1.00	11
9:35	1.00	0,22
9:40	1.00	0,12
9:45	1.00	1
9:50	1.00	1,2
9:55	1.00	0,1
10:00	1.00	2,22
10:05	1.00	0,1
10:10	1.00	0,08
10:15	1.00	0,09

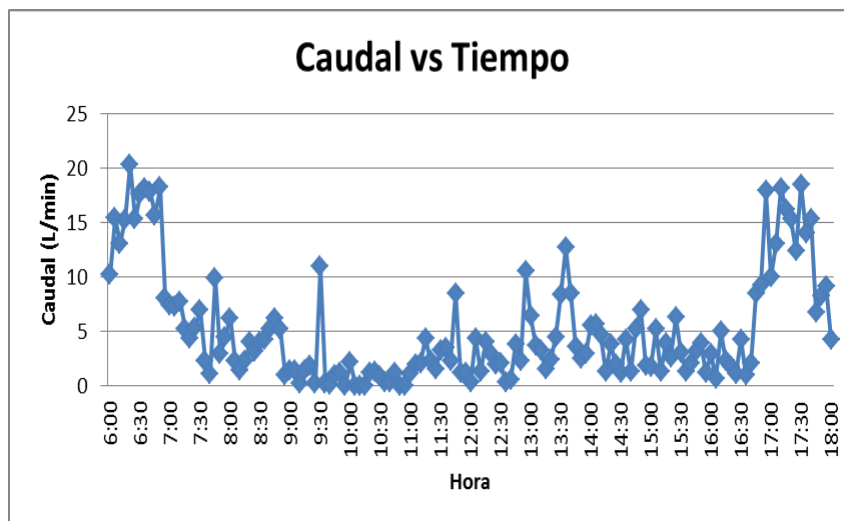
10:20	1.00	1,23
10:25	1.00	1,4
10:30	1.00	0,9
10:35	1.00	0,35
10:40	1.00	0,41
10:45	1.00	1,25
10:50	1.00	0,03
10:55	1.00	0,01
11:00	1.00	1,13
11:05	1.00	1,98
11:10	1.00	2,12
11:15	1.00	4,44
11:20	1.00	2,29
11:25	1.00	1,56
11:30	1.00	3,32
11:35	1.00	3,52
11:40	1.00	2,34
11:45	1.00	8,54
11:50	1.00	1,23
11:55	1.00	1,24
12:00	1.00	0,35
12:05	1.00	4,43
12:10	1.00	1,32
12:15	1.00	4,05
12:20	1.00	3,02
12:25	1.00	2,04
12:30	1.00	2,09
12:35	1.00	0,35
12:40	1.00	0,54
12:45	1.00	3,9
12:50	1.00	2,3
12:55	1.00	10,54
13:00	1.00	6,4
13:05	1.00	3,76
13:10	1.00	3,28
13:15	1.00	1,52
13:20	1.00	2,4
13:25	1.00	4,54
13:30	1.00	8,4
13:35	1.00	12,7
13:40	1.00	8,56

13:45	1.00	3,61
13:50	1.00	2,54
13:55	1.00	2,98
14:00	1.00	5,6
14:05	1.00	5,7
14:10	1.00	4,7
14:15	1.00	1,3
14:20	1.00	3,81
14:25	1.00	2,03
14:30	1.00	1,29
14:35	1.00	4,3
14:40	1.00	1,3
14:45	1.00	5,3
14:50	1.00	7
14:55	1.00	1,89
15:00	1.00	1,76
15:05	1.00	5,21
15:10	1.00	1,34
15:15	1.00	3,98
15:20	1.00	2,67
15:25	1.00	6,32
15:30	1.00	3,11
15:35	1.00	1,31
15:40	1.00	2,12
15:45	1.00	3,21
15:50	1.00	3,98
15:55	1.00	1,23
16:00	1.00	2,93
16:05	1.00	0,73
16:10	1.00	5,01
16:15	1.00	2,31
16:20	1.00	1,81
16:25	1.00	1,1
16:30	1.00	4,32
16:35	1.00	1,01
16:40	1.00	2,09
16:45	1.00	8,51
16:50	1.00	9,31
16:55	1.00	17,92
17:00	1.00	10,01
17:05	1.00	13,03

17:10	1.00	18,23
17:15	1.00	16,21
17:20	1.00	15,32
17:25	1.00	12,41
17:30	1.00	18,54
17:35	1.00	14,1
17:40	1.00	15,4
17:45	1.00	6,8
17:50	1.00	8,3
17:55	1.00	9,2
18:00	1.00	4,3
<b>Promedio</b>		<b>5,199586207</b>

Fuente: Arévalo, P.

**Figura 9** Cálculo del caudal monitoreado el día miércoles



Fuente: Arévalo, P. 2015

**Tabla 29** Cálculo del caudal monitoreado el día jueves

Hora(h)	Tiempo(min)	Caudal(L/min)
6:00	1.00	5,21
6:05	1.00	9,43
6:10	1.00	6,12
6:15	1.00	5,29

6:20	1.00	5,4
6:25	1.00	2,31
6:30	1.00	5,61
6:35	1.00	4,22
6:40	1.00	2,89
6:45	1.00	6,71
6:50	1.00	2,24
6:55	1.00	4,13
7:00	1.00	2,41
7:05	1.00	1,31
7:10	1.00	3,81
7:15	1.00	2,29
7:20	1.00	1,37
7:25	1.00	2,32
7:30	1.00	1,51
7:35	1.00	2,33
7:40	1.00	1,17
7:45	1.00	1,39
7:50	1.00	1,92
7:55	1.00	2,55
8:00	1.00	1,26
8:05	1.00	2,37
8:10	1.00	1,41
8:15	1.00	0,31
8:20	1.00	1,11
8:25	1.00	3,21
8:30	1.00	1,11
8:35	1.00	1,31
8:40	1.00	2,21
8:45	1.00	2,21
8:50	1.00	1,26
8:55	1.00	0,02
9:00	1.00	1,49
9:05	1.00	0,41
9:10	1.00	1,28
9:15	1.00	1,42
9:20	1.00	0,91
9:25	1.00	1,3
9:30	1.00	1,01
9:35	1.00	1,22
9:40	1.00	3,12

9:45	1.00	1,46
9:50	1.00	0,29
9:55	1.00	0,12
10:00	1.00	1,22
10:05	1.00	2,11
10:10	1.00	3,98
10:15	1.00	4,25
10:20	1.00	1,23
10:25	1.00	1,4
10:30	1.00	3,9
10:35	1.00	1,35
10:40	1.00	4,41
10:45	1.00	1,25
10:50	1.00	1,03
10:55	1.00	4,82
11:00	1.00	5,35
11:05	1.00	3,98
11:10	1.00	2,12
11:15	1.00	2,44
11:20	1.00	2,29
11:25	1.00	1,56
11:30	1.00	3,32
11:35	1.00	3,52
11:40	1.00	2,34
11:45	1.00	1,54
11:50	1.00	1,23
11:55	1.00	1,24
12:00	1.00	0,35
12:05	1.00	0,43
12:10	1.00	0,32
12:15	1.00	0,05
12:20	1.00	2,43
12:25	1.00	2,04
12:30	1.00	4,23
12:35	1.00	0,35
12:40	1.00	0,54
12:45	1.00	0,9
12:50	1.00	2,3
12:55	1.00	1,54
13:00	1.00	5,4
13:05	1.00	3,7

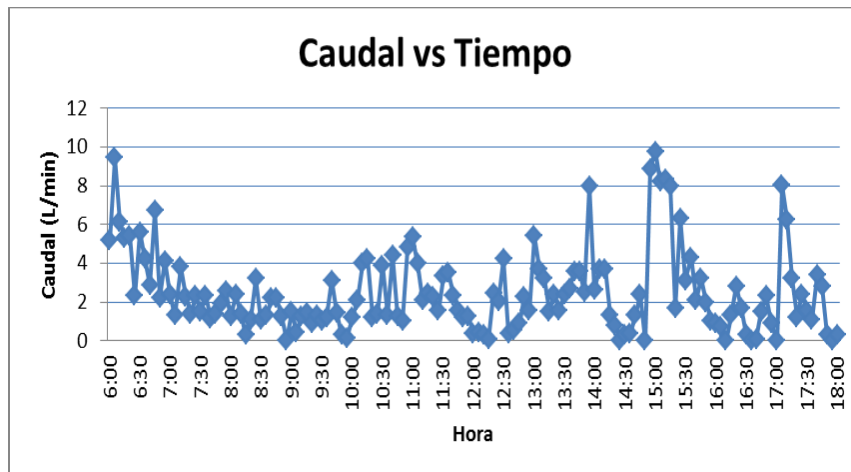
13:10	1.00	3,2
13:15	1.00	1,52
13:20	1.00	2,4
13:25	1.00	1,54
13:30	1.00	2,4
13:35	1.00	2,7
13:40	1.00	3,56
13:45	1.00	3,61
13:50	1.00	2,54
13:55	1.00	7,98
14:00	1.00	2,63
14:05	1.00	3,72
14:10	1.00	3,71
14:15	1.00	1,32
14:20	1.00	0,81
14:25	1.00	0,03
14:30	1.00	0,29
14:35	1.00	0,36
14:40	1.00	1,32
14:45	1.00	2,38
14:50	1.00	7,31
14:55	1.00	8,89
15:00	1.00	9,76
15:05	1.00	8,21
15:10	1.00	8,34
15:15	1.00	7,98
15:20	1.00	1,67
15:25	1.00	6,32
15:30	1.00	3,11
15:35	1.00	4,31
15:40	1.00	2,12
15:45	1.00	3,21
15:50	1.00	1,98
15:55	1.00	1
16:00	1.00	0,93
16:05	1.00	0,73
16:10	1.00	0,01
16:15	1.00	1,31
16:20	1.00	2,81
16:25	1.00	1,69
16:30	1.00	0,32



16:35	1.00	0,01
16:40	1.00	0,09
16:45	1.00	1,51
16:50	1.00	2,31
16:55	1.00	0,92
17:00	1.00	0,01
17:05	1.00	8,03
17:10	1.00	6,23
17:15	1.00	3,21
17:20	1.00	1,23
17:25	1.00	2,41
17:30	1.00	1,54
17:35	1.00	1,1
17:40	1.00	3,4
17:45	1.00	2,8
17:50	1.00	0,3
17:55	1.00	0,02
18:00	1.00	0,3
<b>Promedio</b>		<b>2,485241379</b>

Fuente: Arévalo, P.

Figura 10 Cálculo del caudal monitoreado el día jueves



Fuente: Arévalo P.

**Tabla 30 Cálculo del caudal monitoreado el día viernes.**

<b>Hora(h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Caudal(L/min)</b>
6:00	1.00	5,21
6:05	1.00	4,43
6:10	1.00	10,12
6:15	1.00	12,29
6:20	1.00	19,4
6:25	1.00	18,31
6:30	1.00	15,61
6:35	1.00	10,22
6:40	1.00	11,89
6:45	1.00	11,71
6:50	1.00	8,24
6:55	1.00	6,13
7:00	1.00	6,41
7:05	1.00	7,31
7:10	1.00	7,8
7:15	1.00	5,29
7:20	1.00	4,37
7:25	1.00	2,32
7:30	1.00	4,01
7:35	1.00	8,33
7:40	1.00	3,17
7:45	1.00	4,26
7:50	1.00	5,9
7:55	1.00	3,5
8:00	1.00	2,2
8:05	1.00	4,3
8:10	1.00	4,41
8:15	1.00	2,31
8:20	1.00	4,11
8:25	1.00	3,21
8:30	1.00	4,11
8:35	1.00	4,31
8:40	1.00	5,21
8:45	1.00	6,21
8:50	1.00	5,26
8:55	1.00	9,02
9:00	1.00	10,49

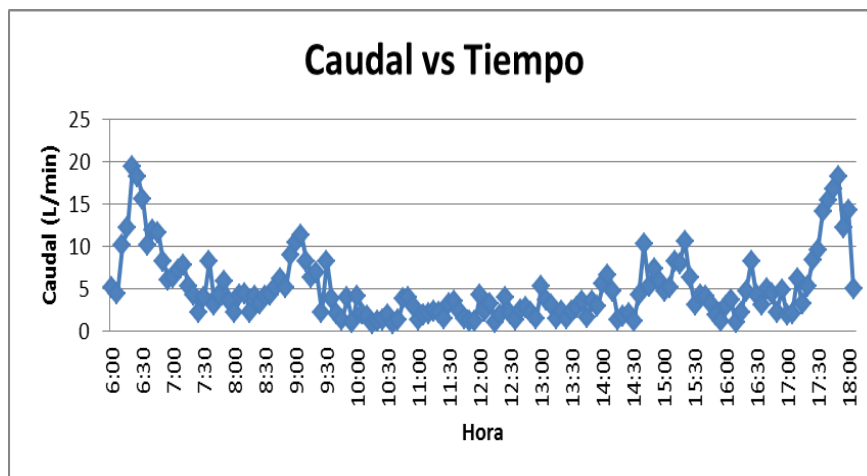
9:05	1.00	11,41
9:10	1.00	8,28
9:15	1.00	6,42
9:20	1.00	6,91
9:25	1.00	2,3
9:30	1.00	8,3
9:35	1.00	3,82
9:40	1.00	2,12
9:45	1.00	1,4
9:50	1.00	3,98
9:55	1.00	1,13
10:00	1.00	4,22
10:05	1.00	2,13
10:10	1.00	1,81
10:15	1.00	0,92
10:20	1.00	1,23
10:25	1.00	1,4
10:30	1.00	1,91
10:35	1.00	0,95
10:40	1.00	1,41
10:45	1.00	3,85
10:50	1.00	4,03
10:55	1.00	2,91
11:00	1.00	1,3
11:05	1.00	1,98
11:10	1.00	2,12
11:15	1.00	2,44
11:20	1.00	2,29
11:25	1.00	1,56
11:30	1.00	3,32
11:35	1.00	3,52
11:40	1.00	2,34
11:45	1.00	1,54
11:50	1.00	1,23
11:55	1.00	1,24
12:00	1.00	4,35
12:05	1.00	2,43
12:10	1.00	3,32
12:15	1.00	1,05
12:20	1.00	2,02
12:25	1.00	4,04

12:30	1.00	2,09
12:35	1.00	1,35
12:40	1.00	2,54
12:45	1.00	2,9
12:50	1.00	2,3
12:55	1.00	1,54
13:00	1.00	5,4
13:05	1.00	3,7
13:10	1.00	3,2
13:15	1.00	1,52
13:20	1.00	2,4
13:25	1.00	1,54
13:30	1.00	2,4
13:35	1.00	2,9
13:40	1.00	3,56
13:45	1.00	1,61
13:50	1.00	3,54
13:55	1.00	2,98
14:00	1.00	5,6
14:05	1.00	6,7
14:10	1.00	4,7
14:15	1.00	1,3
14:20	1.00	1,81
14:25	1.00	2,03
14:30	1.00	1,29
14:35	1.00	4,3
14:40	1.00	10,3
14:45	1.00	5,3
14:50	1.00	7,4
14:55	1.00	5,89
15:00	1.00	4,76
15:05	1.00	5,21
15:10	1.00	8,34
15:15	1.00	7,98
15:20	1.00	10,67
15:25	1.00	6,32
15:30	1.00	3,11
15:35	1.00	4,31
15:40	1.00	4,12
15:45	1.00	3,21
15:50	1.00	1,98

15:55	1.00	1,23
16:00	1.00	2,93
16:05	1.00	3,73
16:10	1.00	1,01
16:15	1.00	2,31
16:20	1.00	4,81
16:25	1.00	8,2
16:30	1.00	4,32
16:35	1.00	3,09
16:40	1.00	5,09
16:45	1.00	4,51
16:50	1.00	2,31
16:55	1.00	4,92
17:00	1.00	2,01
17:05	1.00	2,03
17:10	1.00	6,23
17:15	1.00	3,21
17:20	1.00	5,3
17:25	1.00	8,41
17:30	1.00	9,54
17:35	1.00	14,1
17:40	1.00	15,4
17:45	1.00	16,8
17:50	1.00	18,3
17:55	1.00	12,2
18:00	1.00	14,3
<b>Promedio</b>		<b>5,011724138</b>

Fuente: Arévalo, P.

**Figura 11 Cálculo del caudal monitoreado el día viernes**



Fuente: Arévalo, P. 2015

**Tabla 31 Cálculo del caudal monitoreado el día sábado**

Hora(h)	Tiempo(min)	Caudal(L/min)
6:00	1.00	6,21
6:05	1.00	8,43
6:10	1.00	10,12
6:15	1.00	9,23
6:20	1.00	5,4
6:25	1.00	8,81
6:30	1.00	5,61
6:35	1.00	10,22
6:40	1.00	9,89
6:45	1.00	11,71
6:50	1.00	8,24
6:55	1.00	6,13
7:00	1.00	9,41
7:05	1.00	7,31
7:10	1.00	7,8
7:15	1.00	5,29
7:20	1.00	0,27
7:25	1.00	1,32
7:30	1.00	1,01
7:35	1.00	2,33
7:40	1.00	1,17

7:45	1.00	1
7:50	1.00	0,9
7:55	1.00	0,5
8:00	1.00	0,2
8:05	1.00	0,3
8:10	1.00	1,41
8:15	1.00	2,31
8:20	1.00	0,91
8:25	1.00	3,21
8:30	1.00	2,11
8:35	1.00	4,31
8:40	1.00	0,94
8:45	1.00	6,21
8:50	1.00	5,26
8:55	1.00	3,02
9:00	1.00	8,49
9:05	1.00	1,41
9:10	1.00	5,28
9:15	1.00	3,42
9:20	1.00	6,91
9:25	1.00	2,3
9:30	1.00	3,65
9:35	1.00	0,22
9:40	1.00	0,12
9:45	1.00	1,23
9:50	1.00	0,2
9:55	1.00	0,1
10:00	1.00	0,22
10:05	1.00	0,1
10:10	1.00	0,08
10:15	1.00	0,09
10:20	1.00	1,23
10:25	1.00	1,4
10:30	1.00	0,9
10:35	1.00	0,35
10:40	1.00	0,41
10:45	1.00	0,25
10:50	1.00	0,03
10:55	1.00	0,01
11:00	1.00	1
11:05	1.00	1,98

11:10	1.00	2,12
11:15	1.00	2,44
11:20	1.00	2,29
11:25	1.00	1,56
11:30	1.00	2,32
11:35	1.00	3,52
11:40	1.00	2,34
11:45	1.00	1,54
11:50	1.00	1,23
11:55	1.00	1,24
12:00	1.00	0,35
12:05	1.00	0,43
12:10	1.00	0,32
12:15	1.00	0,05
12:20	1.00	0,02
12:25	1.00	0,04
12:30	1.00	0,09
12:35	1.00	0,35
12:40	1.00	0,54
12:45	1.00	0,9
12:50	1.00	2,3
12:55	1.00	1,54
13:00	1.00	5,4
13:05	1.00	3,7
13:10	1.00	3,2
13:15	1.00	1,52
13:20	1.00	2,4
13:25	1.00	1,54
13:30	1.00	0,04
13:35	1.00	1,07
13:40	1.00	0,56
13:45	1.00	1,61
13:50	1.00	2,54
13:55	1.00	2,98
14:00	1.00	5,6
14:05	1.00	5,7
14:10	1.00	4,7
14:15	1.00	1,3
14:20	1.00	0,81
14:25	1.00	0,03
14:30	1.00	0,29

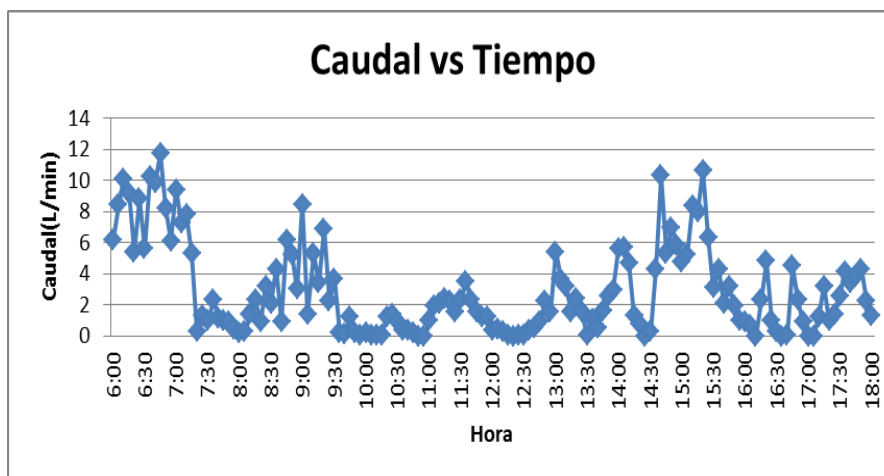


14:35	1.00	4,3
14:40	1.00	10,3
14:45	1.00	5,3
14:50	1.00	7
14:55	1.00	5,89
15:00	1.00	4,76
15:05	1.00	5,21
15:10	1.00	8,34
15:15	1.00	7,98
15:20	1.00	10,67
15:25	1.00	6,32
15:30	1.00	3,11
15:35	1.00	4,31
15:40	1.00	2,12
15:45	1.00	3,21
15:50	1.00	1,98
15:55	1.00	1
16:00	1.00	0,93
16:05	1.00	0,73
16:10	1.00	0,01
16:15	1.00	2,31
16:20	1.00	4,81
16:25	1.00	1
16:30	1.00	0,32
16:35	1.00	0,01
16:40	1.00	0,09
16:45	1.00	4,51
16:50	1.00	2,31
16:55	1.00	0,92
17:00	1.00	0,01
17:05	1.00	0,03
17:10	1.00	1,23
17:15	1.00	3,21
17:20	1.00	1
17:25	1.00	1,41
17:30	1.00	2,54
17:35	1.00	4,18
17:40	1.00	3,42
17:45	1.00	3,82
17:50	1.00	4,31
17:55	1.00	2,23

18:00	1.00	1,31
<b>Promedio</b>		<b>2,902413793</b>

Fuente: Arévalo, P.

**Figura 12 Cálculo del caudal monitoreado el día sábado**



Fuente: Arévalo, P. 2015

**Tabla 32 Cálculo del caudal monitoreado el día domingo**

<b>Hora(h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Caudal(L/min)</b>
6:00	1.00	1,21
6:05	1.00	1,43
6:10	1.00	1,12
6:15	1.00	1,29
6:20	1.00	1,4
6:25	1.00	1,31
6:30	1.00	0,61
6:35	1.00	1,22
6:40	1.00	1,89
6:45	1.00	1,71
6:50	1.00	1,24
6:55	1.00	1,13
7:00	1.00	0,41
7:05	1.00	1,31
7:10	1.00	1,8
7:15	1.00	1,29

7:20	1.00	1,37
7:25	1.00	1,32
7:30	1.00	1,01
7:35	1.00	2,33
7:40	1.00	1,17
7:45	1.00	1
7:50	1.00	0,9
7:55	1.00	0,5
8:00	1.00	0,2
8:05	1.00	0,3
8:10	1.00	1,41
8:15	1.00	2,31
8:20	1.00	4,11
8:25	1.00	3,21
8:30	1.00	4,11
8:35	1.00	4,31
8:40	1.00	5,21
8:45	1.00	6,21
8:50	1.00	5,26
8:55	1.00	9,02
9:00	1.00	10,49
9:05	1.00	11,41
9:10	1.00	8,28
9:15	1.00	6,42
9:20	1.00	6,91
9:25	1.00	2,3
9:30	1.00	11
9:35	1.00	0,22
9:40	1.00	0,12
9:45	1.00	1
9:50	1.00	0,2
9:55	1.00	0,1
10:00	1.00	0,22
10:05	1.00	0,1
10:10	1.00	0,08
10:15	1.00	0,09
10:20	1.00	1,23
10:25	1.00	1,4
10:30	1.00	0,9
10:35	1.00	0,35
10:40	1.00	0,41

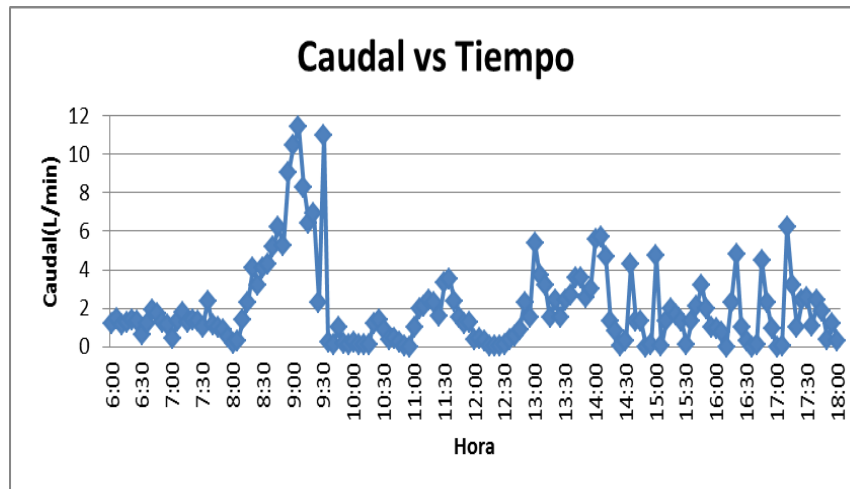
10:45	1.00	0,25
10:50	1.00	0,03
10:55	1.00	0,01
11:00	1.00	1
11:05	1.00	1,98
11:10	1.00	2,12
11:15	1.00	2,44
11:20	1.00	2,29
11:25	1.00	1,56
11:30	1.00	3,32
11:35	1.00	3,52
11:40	1.00	2,34
11:45	1.00	1,54
11:50	1.00	1,23
11:55	1.00	1,24
12:00	1.00	0,35
12:05	1.00	0,43
12:10	1.00	0,32
12:15	1.00	0,05
12:20	1.00	0,02
12:25	1.00	0,04
12:30	1.00	0,09
12:35	1.00	0,35
12:40	1.00	0,54
12:45	1.00	0,9
12:50	1.00	2,3
12:55	1.00	1,54
13:00	1.00	5,4
13:05	1.00	3,7
13:10	1.00	3,2
13:15	1.00	1,52
13:20	1.00	2,4
13:25	1.00	1,54
13:30	1.00	2,4
13:35	1.00	2,7
13:40	1.00	3,56
13:45	1.00	3,61
13:50	1.00	2,54
13:55	1.00	2,98
14:00	1.00	5,6
14:05	1.00	5,7

14:10	1.00	4,7
14:15	1.00	1,3
14:20	1.00	0,81
14:25	1.00	0,03
14:30	1.00	0,29
14:35	1.00	4,3
14:40	1.00	1,3
14:45	1.00	1,3
14:50	1.00	0.014
14:55	1.00	0,089
15:00	1.00	4,76
15:05	1.00	0,021
15:10	1.00	1,34
15:15	1.00	1,98
15:20	1.00	1,67
15:25	1.00	1,32
15:30	1.00	0,11
15:35	1.00	1,31
15:40	1.00	2,12
15:45	1.00	3,21
15:50	1.00	1,98
15:55	1.00	1
16:00	1.00	0,93
16:05	1.00	0,73
16:10	1.00	0,01
16:15	1.00	2,31
16:20	1.00	4,81
16:25	1.00	1
16:30	1.00	0,32
16:35	1.00	0,01
16:40	1.00	0,09
16:45	1.00	4,51
16:50	1.00	2,31
16:55	1.00	0,92
17:00	1.00	0,01
17:05	1.00	0,03
17:10	1.00	6,23
17:15	1.00	3,21
17:20	1.00	1
17:25	1.00	2,41
17:30	1.00	2,54

17:35	1.00	1,1
17:40	1.00	2,41
17:45	1.00	1,84
17:50	1.00	0,38
17:55	1.00	1,21
18:00	1.00	0,3
<b>Promedio</b>		<b>2,021172414</b>

Fuente: Arévalo, P.

Figura 13 Cálculo del caudal monitoreado el día domingo



Fuente: Arévalo, P. 2015

## ANEXO B RESULTADOS DE LA MEDICIÓN LOS ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS



Contactanos: 0993387300 – 032924322 ó 0993806600 – 032360260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Paola Arévalo  
Fecha de Análisis: 17 de Octubre del 2014  
Fecha de entrega de Resultados: 4 de Noviembre de 2014  
Tipo de muestras: Agua residual muestra compuesta  
Localidad: Empresa Nuvinat Parroquia San Juan

Código LAT/333-14

### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.75
Turbidez	UNT	2130-B		10.8
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		401
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	474.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	306.0
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C		11.0
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		8.9
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-B		797
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-D	1	49
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C	100	810

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17ed.

\*\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



**INFORME DE ENSAYO No:** 2028  
**ST:** 781 - 14 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** Paola Arévalo  
**Dirección:** Av. Simón Bolívar y Nataly Torme

**FECHA:** 30 de Octubre del 2014  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2014/10/17-12:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 2014/10/17 - 2014/10/30  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua  
**CODIGO DE LA MUESTRA:** LAB-A 1984-14  
**CODIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** cajas de revisión empresa NUVINAT S.A.  
**ANÁLISIS SOLICITADOS:** Físico - Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Paola Arévalo  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS** T máx.: 25,0 °C. T min.: 15,0 °C.

**RESULTADOS ANALITICOS:**

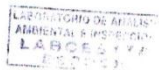
PARÁMETROS	METODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE(■)	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	13,05	0,5	±7%
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	11,3	0,3	±8%

**OBSERVACIONES**

- Muestra receptada en el laboratorio
- La columna marcada con (■) contempla los limites maximos permisibles indicados en la tabla 12 del TULSMA.  
Solicitada por el cliente

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

**Dr. Mauricio Álvarez**  
RESPONSABLE TÉCNICO



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba analizados solo están relacionados con los objetos ensayados.  
MC01-14





Contáctanos: 0993387300 - 032924322 ó 0993806600 – 032360260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
			CÓDIGO 333-14
<b>CLIENTE:</b> Srta. Paola Arévalo			
<b>DIRECCIÓN:</b> Empresa NUVINAT		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua Residual de la planta San Juan			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 17 de octubre de 2014			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 4 de noviembre de 2014			
<b>EXAMEN FISICO</b>			
COLOR: Blanquesino			
OLOR: Inoloro			
ASPECTO: turbio con material flotante			
PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	N/A	700
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 17 de octubre de 2014			
<b>FECHA DE ENTREGA :</b> 4 de noviembre de 2014			
<b>RESPONSABLES:</b>			
			
			
Dra. Gina Álvarez R.		Dra. Fabiola Villa	
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			



Contáctanos: 0993387300 – 032924322 ó 0993806600 – 032360260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Paola Arévalo  
Fecha de Análisis: 20 de Noviembre del 2014  
Fecha de entrega de Resultados: 28 de Noviembre de 2014  
Tipo de muestras: Agua residual doméstica muestra compuesta  
Localidad: Empresa Nuvinat Parroquia San Juan

Código LAT/341-14

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.48
Turbidez	UNT	2130-B		176
Conductividad	µSiems/cm	2510-B		840
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	605
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	412
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C		14
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		9.1
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-B		876
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-D	1	13
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C	100	1400

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17ed.

\*\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo agua dulce

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



**INFORME DE ENSAYO No:** 2386  
**ST:** 867 - 14 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** Paola Arévalo  
**Dirección:** Av. Simón Bolívar y Nataly Torme

**FECHA:** 27 de Noviembre del 2014  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2014/11/19-12:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 2014/11/19 - 2014/11/27  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua  
**CODIGO DE LA MUESTRA:** LAB-A 2278-14  
**CODIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Cajas de Revisión Empresa NUVINAT S.A.  
**ANÁLISIS SOLICITADOS:** Físico - Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Paola Arévalo  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C.

**RESULTADOS ANALITICOS:**

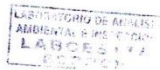
PARÁMETROS	METODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE (■)	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	16,2	0,5	±7%
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	0,3	±30%

**OBSERVACIONES**

- Muestra receptada en el laboratorio
- La columna marcada con (■) contempla los limites maximos permisibles indicados en la tabla 12 del TULSMA.  
Solicitada por el cliente

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba analizados solo están relacionados con los objetos ensayados.  
MC01-14



**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA**

**CÓDIGO 383-14**

<b>CLIENTE:</b> Srta. Paola Arévalo			
<b>DIRECCIÓN:</b>		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua residual			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 20 de noviembre del 2014			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 20 de noviembre del 2014			
<b>EXAMEN FISICO</b>			
COLOR: Incoloro			
OLOR: Cloro			
ASPECTO: Presencia de sólidos			
PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
<i>Coliformes fecales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana	<1	16
<b>NORMA INEN 1108:2011</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 20 de noviembre del 2014			
<b>FECHA DE ENTREGA :</b> 28 de noviembre del 2014			
<b>RESPONSABLES:</b>			
			
			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		<b>Dra. Fabiola Villa</b>	
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			



Contáctanos: 0993387300 – 032924322 ó 0993806600 – 032360260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Paola Arévalo  
Fecha de Análisis: 15 de Diciembre del 2014  
Fecha de entrega de Resultados: 28 de Diciembre de 2014  
Tipo de muestras: Agua residual doméstica muestra compuesta  
Localidad: Empresa Nuvinat Parroquia San Juan

Código LAT/410-14

### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	8.10
Turbidez	UNT	2130-B		186
Conductividad	µSiems/cm	2510-B		1034
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	388
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	456
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C		2.80
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		2.1
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-B		789
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-D	1	5
Sólidos Suspendedos	mg/L	2540-C	100	1280

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17<sup>ed.</sup>

\*\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo agua dulce.

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

 SGC	<b>CENTRO DE SERVICIOS TECNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b>  <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b>  Panamericana Sur km 1 <sup>o</sup> Telefax: (03) 3013183 ESPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS) RIOBAMBA - ECUADOR	 <b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> N° OAE LE 2C 06-008
--	--	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 2551  
**ST:** 952 - 14 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** Paola Arévalo  
**Dirección:** Av. Simón Bolívar y Nataly Torne

**FECHA:** 26 de Diciembre del 2014  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2014/12/15-12:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 2014/12/15 - 2014/12/26  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua  
**CODIGO DE LA MUESTRA:** LAB-A 2515-14  
**CODIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Cajas de Revisión Empresa NUVINAT S.A.  
**ANÁLISIS SOLICITADOS:** Físico - Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Paola Arévalo  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25,0 °C. T min.: 15,0 °C.

**RESULTADOS ANALITICOS:**

PARÁMETROS	METODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE (■)	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	8,95	0,5	±5%
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	30,20	0,3	±7%

**OBSERVACIONES**

- Muestra receptada en el laboratorio
- La columna marcada con (■) contempla los limites maximos permisibles indicados en la tabla 12 del TULSMA.  
Solicitada por el cliente

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO  
  
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
E INSPECCIÓN  
LAB - CESTTA  
ESPOCH



**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA**

**CÓDIGO 418-14**

<b>CLIENTE:</b> Srta. Paola Arévalo			
<b>DIRECCIÓN:</b> Av. Simón Bolívar y Nataly Tormen		<b>TELÉFONO:</b>	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> agua residual			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 15 de diciembre del 2014			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 15 de diciembre del 2014			
<b>EXAMEN FISICO</b>			
COLOR: blanquecina			
OLOR: cloro			
ASPECTO: jabonoso			
PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
<i>Coliformes fecales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana		Ausencia
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>FECHA DE ANALISIS:</b> 15 de diciembre de 2014			
<b>FECHA DE ENTREGA :</b> 17 de diciembre de 2014			
<b>RESPONSABLES:</b>			
			
			
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		<b>Dra. Fabiola Villa</b>	
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

**ANEXO C: FOTOS DE LA MEDICIÓN DEL CAUDAL**





**ANEXO D: FOTOS DEL MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL**



## **ANEXO E: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA NUVINAT S.A.**

El objetivo de elaborar el manual de operación y mantenimiento es garantizar el óptimo funcionamiento de la planta de tratamiento, estableciendo criterios que determinen responsabilidades del personal a nivel de operación, administrativo y mantenimiento; además de describir el proceso de rutina (mediciones, análisis y registros) y operación de limpieza.

### **COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

#### **a) Rejillas**

La operación de la rejilla es manual por lo que se necesita de personal capacitado para retirar el material sólido de la rejilla, el mismo que deberá poseer equipo de protección adecuado (guantes de hule, botas y herramientas) para la limpieza y manipulación de residuos.

La limpieza se realizara cuando la rejilla este en su capacidad máxima de retención (sobrecargada de materiales sólidos), estos deberán ser retirados para evitar cambios en la velocidad de aproximación del afluente, evitando así inconvenientes de saturación en el canal, esto se deberá verificar una vez al día, los residuos recolectados serán dispuestos en los contenedores de basura de la empresa.

#### **b) Trampa de aceites y grasas**

La operación de esta etapa debe darse en condiciones de turbulencia mínima, contar con dispositivos de entrada y salida, además de evitar el contacto con insectos y roedores.

La frecuencia de limpieza debe realizarse generalmente cuando cantidad de grasa supere el 75% de la capacidad de retención del tanque.

### **c) Tanque séptico**

Para la operación de esta etapa se debe conocer que el tanque está dividido en dos compartimientos lo cual sugiere una mejor depuración del agua residual.

El tanque séptico debe permanecer abierto para la limpieza por un tiempo mayor a quince minutos para así evitar el contacto directo con gases tóxicos o explosivos, esto lo ejecutará personal capacitado y con el equipo adecuado. Además se deberá remover los lodos y espumas generadas en el período de un año, este tiempo puede ampliarse o disminuir dependiendo de las actividades que se desarrollen en la empresa, evitando así afectación del rendimiento.

Se debe verificar que exista una adecuada ventilación, correcto funcionamiento en los dispositivos de entrada y salida, control de caudal, lodos, etc.

### **d) Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)**

Para la operación hay que saber que el agua ingresa por la parte inferior del filtro y por la presión de la misma pasa a través del medio filtrante hacia la parte superior, además de contar con un falso fondo para evacuar lodos producidos en el proceso de tratamiento, el tiempo de retención hidráulica es de un día.

El material filtrante es grava debido a su fácil manipulación, adquisición y costo. La cual deber ser lo más irregular posible para una mejor adhesión de microorganismos.

Para la verificación de la eficiencia se debe contar con un control de la variación de carga para evitar el desprendimiento biológico, temperatura, pH, control de salida de gases.

La limpieza de este filtro se realizará habitualmente cada seis meses con personal capacitado y equipado correctamente, además se recomienda realizar de dos a tres veces al año análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua residual tanto a la entrada como a la salida.

**e) Tanque de desinfección**

Para su operación hay que saber que el afluente pasa al tanque de desinfección, el cual utiliza como desinfectante el hipoclorito de calcio ( $Ca(ClO_2)$ ) cuya dosis será suministrada de manera continua.

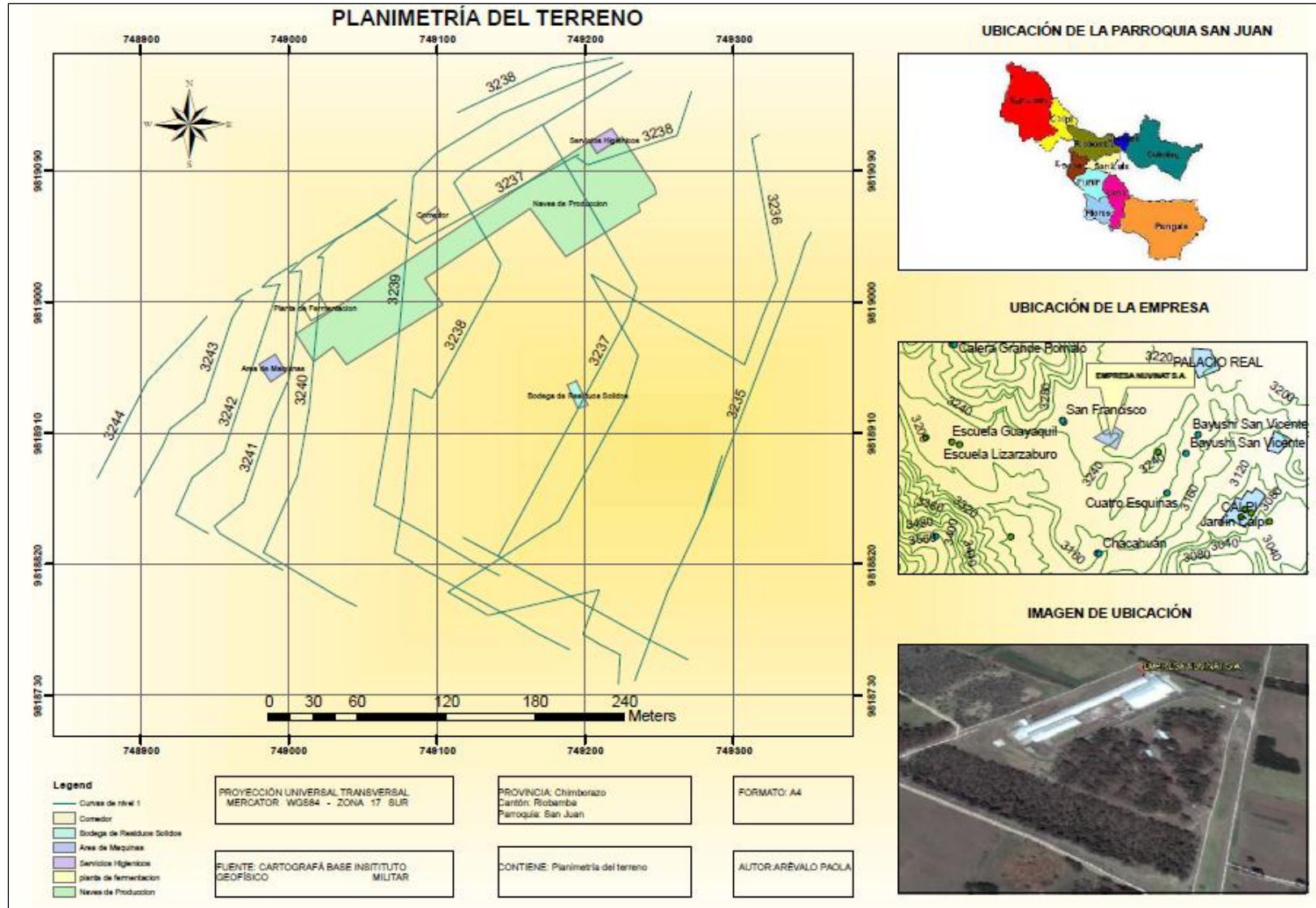
La limpieza del tanque se debe realizar habitualmente cada seis meses, debe contar con dispositivos de entrada y salida. La limpieza del tanque es primordial ya que es la última etapa de tratamiento y de aquí el agua servirá para el riego de áreas verdes.

**f) Eras de secado**

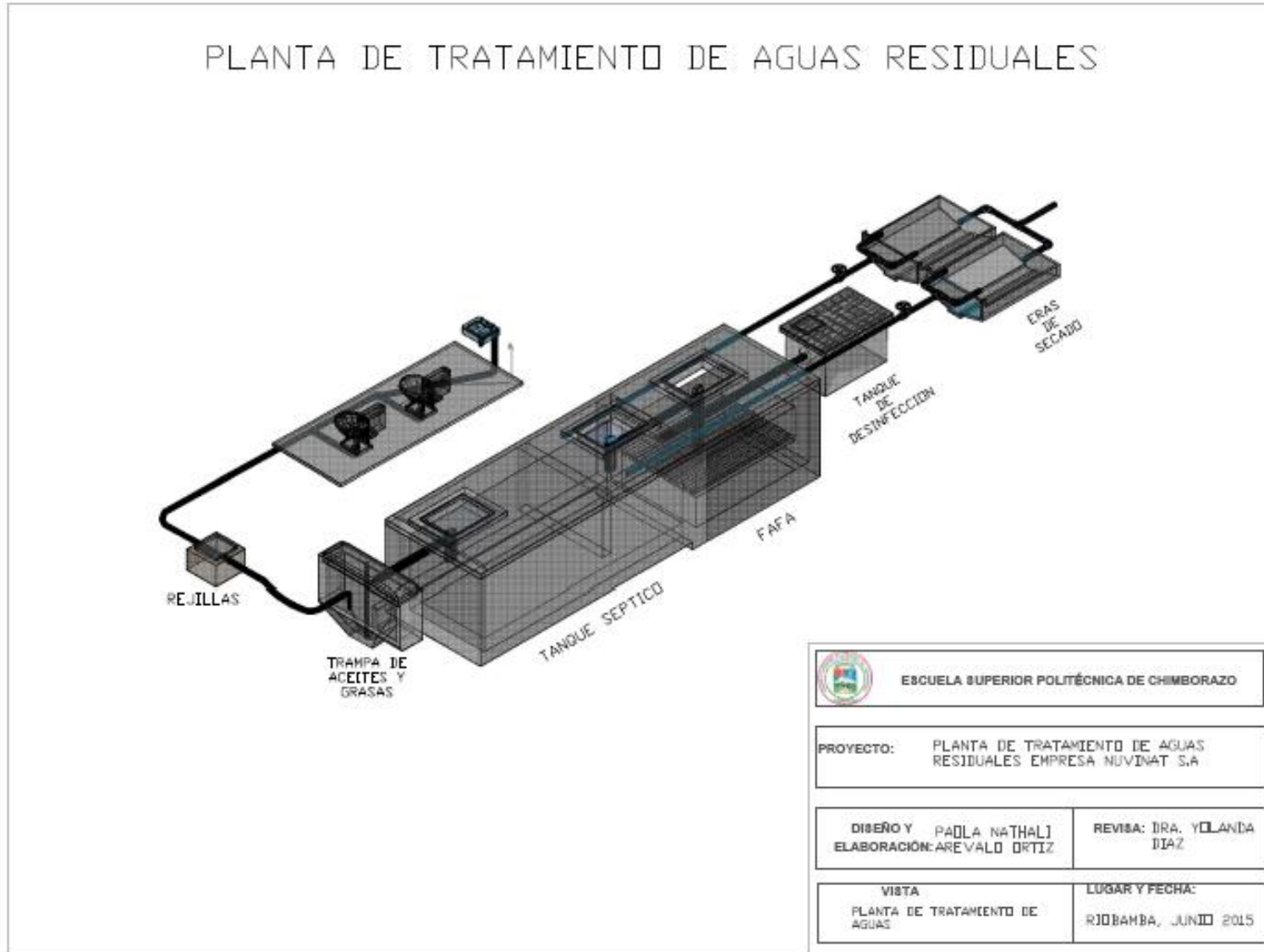
Esta etapa debe operar bajo condiciones de carga mínima y máxima, los lodos extraídos en el tanque séptico son llevados directamente a esta etapa, una vez deshidratados se procede a retirarlos con la ayuda del personal capacitado y material adecuado, para posteriormente ser dispuestos en un relleno sanitario o usarlos como abono orgánico para usar en las instalaciones de la empresa.

Se debe revisar el material filtrante cada vez que se retira el lodo seco ya que este se pierde en el proceso por lo que se deberá añadir hasta llegar al espesor detallado en el diseño. Además se debe contar con control de dosificación del agua, lodo y olores.

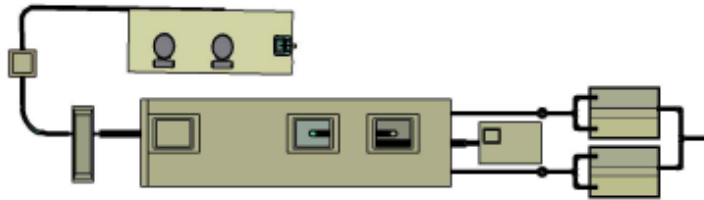
### ANEXO F: PLANIMETRÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO



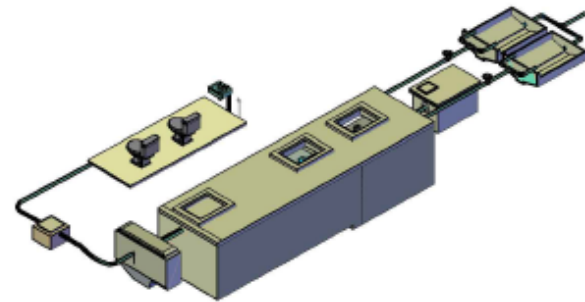
ANEXO G: PLANOS



VISTA SUPERIOR




VISTA ISOMETRICA



VISTA FRONTAL



	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
PROYECTO:	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EMPRESA NUVINAT S.A
DISEÑO Y ELABORACIÓN:	PAOLA NATHALI AREVALO ORTIZ
REVISÓ:	DRA. YOLANDA DIAZ
VISTA:	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
LUGAR Y FECHA:	RIOBAMBA, JUNIO 2015