

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS, PARA LAVADO  
AUTOMOTOR, PARA LA EMPRESA TRANSLOGAM S.A.S.

JONATAN ANDRÉS CARDOZO GAMBOA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2.017

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS, PARA LAVADO  
AUTOMOTOR, PARA LA EMPRESA TRANSLOGAM S.A.S.

JONATAN ANDRES CARDOZO GAMBOA

Proyecto Integral de grado para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2017

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Orientador  
Ing. Oscar Mauricio Ochoa

---

Jurado 1  
Ing. María Angélica Acosta

---

Jurado 2  
Ing. Miguel Morales

Bogotá, Agosto de 2.017

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Jaime Posada García - Pena

Vicerrectoría Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García-Peña

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. Julio César Fuentes Arismendi

Director de Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

La información que se incluye y analiza en el presente proyecto es responsabilidad absoluta de sus autores.

Este trabajo de grado está dedicado a mis padres, a mis hermanos, mi novia y mi familia quienes me apoyaron en todo el transcurso de mi vida y de mi carrera universitaria, sin su formación en valores esto no hubiera sido posible, también agradezco profundamente a la empresa TRANSLOGAM S.A.S por todo el apoyo brindado y por permitirme trabajar conjuntamente con ellos para realizar este proyecto.

Agradezco a la Universidad de América por haberme formado académicamente, a mis docentes que durante todo mi transcurso en la universidad me compartieron sus conocimientos y me guiaron en el proceso que hoy me forma como ingeniero, en especial al ingeniero Edwin Rivera y a la ingeniera Diana Cuesta quienes fueron los pilares en el desarrollo de este trabajo de grado.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. LA EMPRESA	20
1.1 MISIÓN	20
1.2 VISIÓN	20
1.3 POLÍTICAS DE CALIDAD	20
1.4 PRINCIPIOS Y VALORES CORPORATIVOS	20
1.5 OBJETIVOS	21
2. SITUACIÓN ACTUAL PROCESOS DE LAVADO	22
2.1 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	24
2.1.2 Tratamiento primario	25
2.1.3 Tratamiento secundario	25
2.1.4 Filtrado	25
2.2 LAVADO DE AUTOMOTORES EN GIRARDOT	25
3. PARAMETRIZACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS	30
3.1 PROCESOS DE TRATAMIENTO	32
3.2 CAUDAL DE LAVADO	32
3.3 CAPACIDAD DE LA PLANTA	32
3.4 PROCESO DE REUTILIZACIÓN	33
3.4.1 El pretratamiento	34
3.4.2 Tratamiento primario	35
3.4.3 Filtrado	35
3.4.4 Disposición del agua	35
4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	36
4.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO	36
4.2 TIPOS DE FILTRO	36
4.2.1 Filtro de grava y arena	36
4.2.2 Filtro de carbón activado	38
4.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	39
4.3.1 Definición de los criterios de evaluación	40
4.4 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ALTERNATIVA	42
4.4.1 Pretratamiento	42
4.4.2 Sistema primario	43
4.4.3 Filtrado	44
5. DISEÑO DETALLADO	46
5.1 PRETRATAMIENTO	46



5.1.1 Cribado	47
5.1.1.1 Localización	47
5.1.1.2 Espaciamiento	48
5.1.1.3 Velocidad mínima de aproximación	48
5.1.1.4 Cálculo de pérdida de carga	48
5.1.2 Trampa de grasas	50
5.1.2.1 Dimensionamiento de la trampa	50
5.1.3 Tanque de almacenamiento	54
5.1.3.1 Dimensionamiento del tanque	54
5.2 SISTEMA PRIMARIO	57
5.2.1 Sedimentador	57
5.2.2 Velocidad de giro e impulsor del agitador	58
5.2.3 Geometría del tanque	60
5.2.4 Cálculo de potencia	67
5.2.5 Diámetro del eje	73
5.2.6 Estructura soporte	80
5.2.7 Soldadura	89
5.2.8 Inyección de floculante	89
5.3 FILTRADO	91
5.4 PERFIL HIDRÁULICO DE LA PLANTA	93
5.4.3 Filtrado	107
5.4.4 Disposición del agua	109
5.5 CONEXIÓN ELÉCTRICA	113
6.SIMULACIONES POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS	115
6.1 SIMULACIÓN DEL EJE DE AGITACIÓN	115
6.2 SIMULACIÓN BASE DEL MOTORREDUCTOR	117
6.3 SIMULACIÓN DE LA COLUMNA DE SOPORTE	120
6.4 SIMULACIÓN DEL TANQUE DE AGITACIÓN	122
7.MANUALES	125
7.1 MANUAL DE INSTALACIÓN	125
7.1.1 Instalación del pretratamiento	125
7.1.2 Instalación del sistema primario	127
7.1.3 Instalación del filtro	132
7.1.4 Instalación de tubería	134
7.2 MANUAL DE OPERACIÓN	141
7.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO	144
7.3.2 Mantenimiento sedimentador	145
8. IMPACTO AMBIENTAL	146
9. ANÁLISIS FINANCIERO	150

10. CONCLUSIONES	156
11.RECOMENDACIONES	157
BIBLIOGRAFIA	158
ANEXOS	160

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resultados	29
Tabla 2. Comparativo con resolución 631 del 2015	30
Tabla 3. Procesos aplicables en tratamiento de aguas residuales	31
Tabla 4. Calidades y rendimientos obtenidos	31
Tabla 5. Asignación de ponderación	41
Tabla 6. Ponderación de criterios	41
Tabla 7. Ponderación lineal	41
Tabla 8. Resultados del método de Scoring	42
Tabla 9. Coeficiente de perdida en rejillas	48
Tabla 10. Proporciones de mezcla	55
Tabla 11. Relaciones geométricas impulsor tipo turbina	61
Tabla 12. Constantes de potencia	70
Tabla 13. Potencias de equipos	113
Tabla 14. Selección de cableado AWG	114
Tabla 15. Aspecto ambiental VS impacto ambiental	147
Tabla 16. Criterios de ponderación	147
Tabla 17. Calificación de los impactos ambientales	148
Tabla 18. Costo diseño	150
Tabla 19. Costo materiales e instalación	151
Tabla 20. Costo total del proyecto	151
Tabla 21. Gastos lavado mensual y anual	152
Tabla 22. Gastos nómina	152
Tabla 23. Gasto de servicios	153

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Impactos ambientales	24
Cuadro 2. Lavadero # 1	26
Cuadro 3. Lavadero # 2	26
Cuadro 4. Lavadero # 3	27
Cuadro 5. Lavadero # 4	27
Cuadro 6. Lavadero # 5	28
Cuadro 7. Promedio de consumos	28
Cuadro 8. Consumo promedio	54
Cuadro 9. Factor de fricción	101
Cuadro 10. Longitudes equivalentes	101

## LISTA DE IMAGENES

	Pág.
Imagen 1. Crecimiento automóviles matriculados	22
Imagen 2. Flujograma operacional	32
Imagen 3. Funcionamiento detallado de la planta	34
Imagen 4. Trampa de grasa	34
Imagen 5. Sedimentador con sistema de agitación	35
Imagen 6. Filtro lento de grava y arena	37
Imagen 7. Filtro rápido de grava y arena	37
Imagen 8. Filtro de carbón activado lento	38
Imagen 9. Filtro de carbón rápido	39
Imagen 10. Pretratamiento	43
Imagen 11. Sistema primario	44
Imagen 12. Filtrado	44
Imagen 13. Funcionamiento detallado de la planta	45
Imagen 14. Distribución de lavado	46
Imagen 15. Área de lavado 1	47
Imagen 16. Área de lavado 2	47
Imagen 17. Diferentes de pérdida en rejillas	48
Imagen 18. Rejas de cribado	50
Imagen 19. Dimensionamiento de un trampa de grasas 1	51
Imagen 20. Dimensionamiento de un trampa de grasas 2	52
Imagen 21. Modelos de trampa de grasa	53
Imagen 22. Especificaciones trampa de grasa	53
Imagen 23. Dimensiones del tanque de almacenamiento	56
Imagen 24. Portafolio de productos PAVCO	57
Imagen 25. Propiedades químicas del acero AISI 316	59
Imagen 26. Turbina de hojas planas	60
Imagen 27. Semejanzas geométricas de diseño	61
Imagen 28. Dimensiones generales sedimentador primario(mm).	62
Imagen 29. Área de un cono	65
Imagen 30. Medidas de la propela.	69
Imagen 31. Selección de motorreductor	72
Imagen 32. Esfuerzos en un eje de agitación	73
Imagen 33. Trabajo de eje	74
Imagen 34. Momento torsor	75
Imagen 35. Momento flector	77
Imagen 36. Dimensiones del motorreductor seleccionado	79
Imagen 37. Acople rígido	80
Imagen 38. Viga con carga puntual	81
Imagen 39. Propiedades físicas eje agitador con propela	82
Imagen 40. Perfil estructural seleccionado	84
Imagen 41. Perfil estructural circular	85

Imagen 42. Longitud efectiva en columnas	86
Imagen 43. Masa del tanque agitador	88
Imagen 44. Soldadura EGW	89
Imagen 45. Bomba dosificadora.	90
Imagen 46. Bomba seleccionada	90
Imagen 47. Estructura general filtro hidrometálica	92
Imagen 48. Características filtro seleccionado	93
Imagen 49. Diseño esquemático de la planta	95
Imagen 50. Puntos de estudio hidráulico	97
Imagen 51. Puntos de estudio hidráulico pretratamiento	98
Imagen 52. Coeficiente de resistencia de entrada	99
Imagen 53. Puntos de estudio hidráulico tratamiento primario	104
Imagen 54. Catálogo de bomba sumergible	106
Imagen 55. Características bomba seleccionada	106
Imagen 56. Tuberías de presión	107
Imagen 57. Catálogo de bomba centrifuga	108
Imagen 58. Características bomba seleccionada	109
Imagen 59. Puntos de estudio hidráulico de agua tratada	110
Imagen 60. Catálogo de bomba sumergible	112
Imagen 61. Características bomba seleccionada	113
Imagen 62. Cargas de simulación en el eje	115
Imagen 63. Desplazamiento nodal	116
Imagen 64. Esfuerzo von mises	117
Imagen 65. Cargas de simulación en la base del motorreductor	118
Imagen 66. Desplazamiento nodal	119
Imagen 67. Esfuerzo de von mises	119
Imagen 68. Cargas de simulación en la columna	120
Imagen 69. Desplazamiento nodal	121
Imagen 70. Esfuerzo von mises	122
Imagen 71. Cargas de simulación	123
Imagen 72. Desplazamiento nodal	123
Imagen 73. Esfuerzo von mises	124
Imagen 74. Instalación del trampa de grasa enterrada	126
Imagen 75. Especificaciones de concreto	127
Imagen 76. Especificaciones de estructura	127
Imagen 77. Instalación placas deflectoras	128
Imagen 78. Acople eje de agitación	129
Imagen 79. Instalación base del motorreductor	130
Imagen 80. Instalación tubería de extracción del lodo	130
Imagen 81. Instalación motorreductor	131
Imagen 82. Placa de soporte agitador	132
Imagen 83. Instalación del sistema soplante	133
Imagen 84. Instalación de boquillas	133
Imagen 85. Paso 1	134
Imagen 86. Paso 2	135

Imagen 87. Paso 3	135
Imagen 88. Paso 4	136
Imagen 89. Paso 5	136
Imagen 90. Paso 6	137
Imagen 91. Instalación de tuberías en mampostería	137
Imagen 92. Tubería en concreto	138
Imagen 93. Tubería bajo tierra	138
Imagen 94. Abrazadera fija	139
Imagen 95. Abrazadera corrediza	140
Imagen 96. Distancia entre soportes	140
Imagen 97. Lavado del filtro	142
Imagen 98. Operación de aclarado	143
Imagen 99. Operación de filtrado	144
Imagen 100. Estimación del proyecto	154
Imagen 101. Estimación positiva del proyecto	155

## LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Prueba química del agua residual	161
Anexo B. Propiedades del acero inoxidable	163
Anexo C. Propiedades del agua	165
Anexo D. Cotizaciones	167
Anexo E. Trampa grasa	169
Anexo F. Filtro	175
Anexo G. Perfil tubular	190
Anexo H. Planos	193



## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de una planta de tratamiento de aguas para reutilizar el agua que se utiliza en los lavaderos de automóviles.

Se realizó un trabajo de campo con la finalidad de conocer la situación actual de los procesos de lavado en la ciudad de Girardot, de igual forma dicho trabajo de campo contribuyó a la parametrización de aspectos claves en el diseño de la planta como lo es el caudal de lavado y la cantidad de agua a tratar.

Se plantearon alternativas de diseño encaminadas a un correcto tratamiento del agua, para luego ejecutar un diseño detallado de los procesos que componen el tratamiento del agua.

El diseño de ingeniería incluye la selección de componentes comerciales, los correspondientes cálculos analíticos de estructuras como el sedimentador y los cálculos hidráulicos de pérdidas en tuberías, accesorios y potencia de bombas necesarias en el sistema de tratamiento.

Los sistemas que componen la planta fueron modelados en el software Solid Edge y para verificar los cálculos analíticos se utilizó el software de elementos finitos NX 9.0

Por último, se realizaron los manuales para la instalación, operación y mantenimiento de los equipos que componen la planta.

Palabras Clave: Diseño, planta de tratamiento de aguas, TRANSLOGAM S.A.S.

## INTRODUCCIÓN

Para este proyecto es importante, ofrecer un avance tecnológico a la empresa TRANSLOGAM S.A.S. empresa dedicada al transporte ambulatorio, mediante el diseño de una planta para la reutilización de agua, ofreciendo además una herramienta de sostenibilidad en sus procesos internos.

La identificación del problema, está dado por tres aspectos fundamentales, uno por la zona de funcionamiento de la empresa TRANSLOGAM S.A.S, que por su ubicación geográfica se ha visto impactada por fenómenos naturales como el “fenómeno del niño”, causando con esto una reducción del recurso hídrico. El segundo aspecto radica en la reducción de las utilidades de la empresa, al verse en la obligación de tercerizar servicios de lavado de vehículos. Y el tercero la necesidad de dar cumplimiento normativo, en lo referido a los aspectos ambientales en vertimientos y re uso de agua.

Para solucionar este problema, este proyecto plantea como *objetivo* general “Diseñar una planta de tratamiento de aguas, para lavado automotor para la empresa TRANSLOGAM S.A.S”, en donde se pretende dar solución a las necesidades de la misma, mejorando el funcionamiento interno de la empresa, generando una reducción en el impacto ambiental, favorecido mediante el desarrollo tecnológico en el área. Para ello se establecieron los siguientes objetivos específicos;

- ✓ Evaluar situación actual de los procesos de lavado automotriz
- ✓ Elaborar diseño conceptual y parametrización
- ✓ Plantear y evaluar alternativas del sistema de filtrado
- ✓ Conceptualizar la alternativa elegida
- ✓ Elaborar diseño detallado de la planta de tratamiento de agua
- ✓ Elaborar planos de ubicación, de componentes, ensamble, montaje, eléctricos y de control
- ✓ Elaborar manual de instalación de operación y de mantenimiento
- ✓ Evaluar impacto ambiental
- ✓ Elaborar evaluación financiera del proyecto

El *alcance* de este proyecto está dado mediante el diseño de la planta de tratamiento de aguas. No se realizará la construcción.

Las *limitaciones* de este proyecto son: Diseñar la planta de tratamiento con sus respectivos componentes se seleccionarán de acuerdo con su disponibilidad comercial y en el caso de que no posea disponibilidad, se deberá realizar el respectivo diseño de cada uno de ellos.

La *metodología* involucra, la selección de la mejor alternativa de diseño, de acuerdo con las necesidades de la empresa; determinación de las características, diseño detallado de la planta y verificación mediante un software especializado de diseño.

El desarrollo de este proyecto aporta al *avance* tecnológico de las plantas de tratamientos de aguas en Colombia, un estudio en un nuevo foco de utilización como son las empresas que poseen grandes cantidades de vehículos.

Este proyecto *aplica* al diseño de una planta de tratamiento de aguas para la reutilización del recurso hídrico, generando un menor impacto ambiental.

## 1. LA EMPRESA

### 1.1 MISIÓN

“Proveer el servicio de traslados terrestres seguro, confiable y oportuno a la población de Girardot, el Alto Magdalena y a nivel nacional, cumpliendo siempre con los estándares más altos de calidad, en cuanto a la atención humanizada de quienes necesitaron nuestros servicios, ofreciendo precios competitivos, entregando nuestra atención con dedicación y asistiendo a nuestros clientes en todos los aspectos relacionados a nuestro servicio mediante la integración de un equipo de trabajo altamente capacitado”<sup>1</sup>

### 1.2 VISIÓN

“Ser reconocida como la mejor empresa de traslado de pacientes de baja, mediana y alta complejidad con recursos humanos, técnicos y tecnológicos que estén a la vanguardia de las necesidades locales y nacionales.”<sup>2</sup>

### 1.3 POLÍTICAS DE CALIDAD TRANSLOGAM S.A.S.

Define la calidad de la atención en salud según lo establecido por el Sistema Obligatorio de Garantía como la prestación de nuestros servicios oportuno con personal altamente capacitado, atendiendo a nuestros usuarios de la manera más idónea y humanizada, teniendo los recursos técnicos y tecnológicos de punta, logrando la satisfacción de nuestros usuarios, pacientes y clientes externos disponibles las 24 horas del día los 365 días del año.<sup>3</sup>

### 1.4 PRINCIPIOS Y VALORES CORPORATIVOS

- ✓ Accesibilidad: Posibilidad que tiene el usuario de usar los servicios.
- ✓ Oportunidad: Posibilidad que tiene el usuario de utilizar los servicios sin que se presenten retrasos que pongan en riesgo su vida o salud.
- ✓ Seguridad: Conjunto de elementos de estructura, procesos y procedimientos fundamentados en medicina basada en evidencia para disminuir el riesgo de ocurrencia del evento adverso o de mitigar sus consecuencias.

---

<sup>1</sup> (TRANSLOGAN)

<sup>2</sup> Ibid., Pág. 3

<sup>3</sup> Ibid., Pág. 3

- ✓ Pertinencia: Brindarle al usuario el servicio requerido utilizando de la mejor manera los recursos.<sup>4</sup>
- ✓ Continuidad: Garantizar que las intervenciones médicas que requiera el usuario sigan una secuencia lógica y racional basadas en la evidencia médica.

### 1.5 OBJETIVOS

- ✓ Prestar la mejor atención pre-hospitalaria y de referencia, con los más altos estándares de calidad, basados en el respeto y el cuidado de la integridad física, de cada uno de nuestros pacientes.
- ✓ Lograr que el usuario encuentre un servicio oportuno y altamente capacitado.

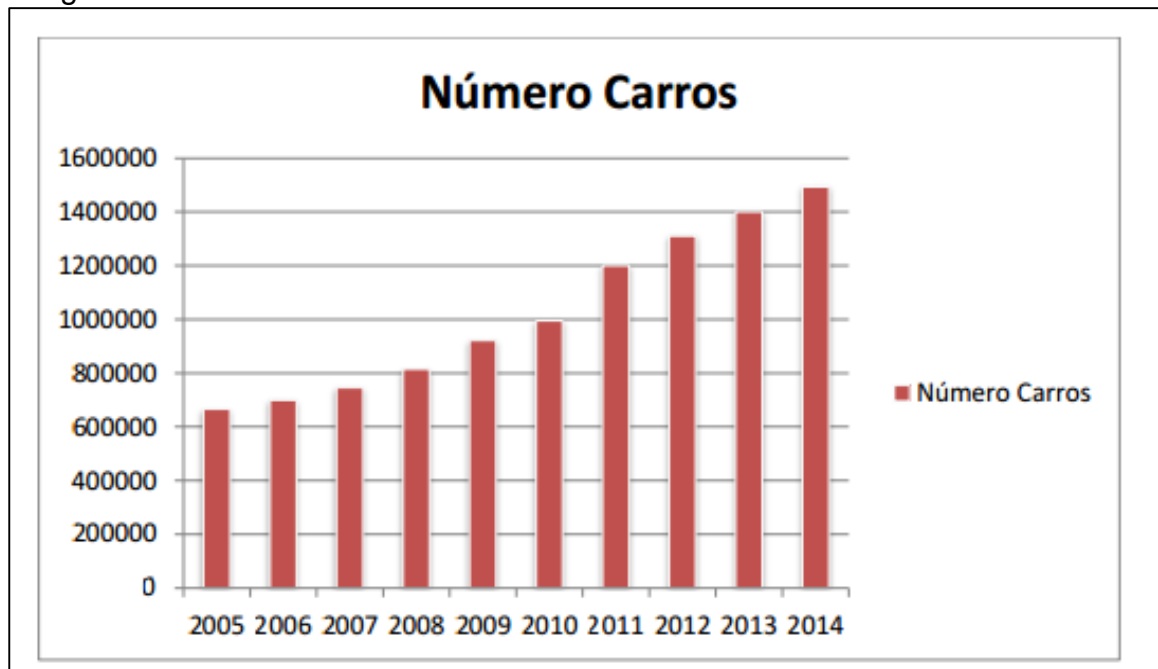
---

<sup>4</sup> Ibid., Pág.4

## 2. SITUACIÓN ACTUAL PROCESOS DE LAVADO

En los últimos 10 años ha habido un incremento en las empresas dedicadas al lavado automotor<sup>5</sup>, esto como consecuencia del crecimiento de automóviles matriculados en las grandes metrópolis del país, según estudios realizados como lo muestra el siguiente gráfico. Ver Imagen 1.

Imagen 1. Crecimiento automóviles matriculados.



Fuente. El espectador. Disponible en <http://www.elespectador.com/noticias/bogota>

Debido al crecimiento que ha presentado el país en el parque automotor, ha surgido la necesidad de crear políticas ambientales que aseguren el bienestar del recurso hídrico.

Estas acciones han sido implementadas en zonas como el Valle de Aburra, donde se ha utilizado la política nacional de producción más limpia, formulada por el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, que se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al ambiente. En el caso de los servicios (como los prestados por el sector del transporte, por ejemplo) la política se orienta hacia la incorporación de la dimensión ambiental, tanto en el diseño como la prestación del

<sup>5</sup>Disponible en línea en [http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/12\\_leg.pdf](http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/12_leg.pdf)

servicio, de tal manera que se prevenga la contaminación desde el origen y se contribuya a la producción, la competitividad y la sostenibilidad<sup>6</sup>.

El propósito de dicho manual es proporcionar una herramienta efectiva para la implementación de procedimientos que de una forma sencilla permitan tomar medidas en cuanto a la disminución de los recursos naturales y un correcto manejo de residuos líquidos y sólidos.

El proceso de lavado vehicular se divide en dos, el lavado seco y el lavado húmedo.

Los servicios húmedos son de cuatro tipos;

- ✓ Lavado exterior y enjuague el cual consiste en mojar el vehículo con el agua proveniente del acueducto o en algunos casos pozos destinados para dicha función mediante un compresor y una manguera
- ✓ Lavado inferior: Para realizar esta actividad se utilizan elevadores o cárcamos para obtener fácil acceso a la parte inferior del vehículo, en la cual se utilizan desengrasantes y cepillos para su limpieza
- ✓ Lavado de motor: En esta actividad se utiliza un líquido denominado “grafito” y consiste en la mezcla de ACPM, desengrasantes y jabón
- ✓ Lavado de tapicería: Limpieza de tapetes internos

Los servicios secos consisten en retirar la humedad para evitar daños en las latas del vehículo y manchas de pintura, al igual que los servicios húmedos presentan una subdivisión;

- ✓ Secado: se realiza de forma manual con toallas
- ✓ Aspirado; una máquina extrae el polvo y residuos dentro del vehículo, adicional a esto se utilizan productos denominados “silicona” para la protección de las partes internas.
- ✓ Polichado: Es un servicio adicional que consiste en aplicar una cera que retira la grasa e imperfecciones presentes en la pintura del carro, para luego ser retirada mediante una máquina y obtener una superficie brillante con una capa protectora.

Todos estos procesos representan un impacto ambiental los cuales serán representados en el siguiente cuadro.

---

<sup>6</sup> ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ; ALCALDÍA DE MEDELLÍN. Manual de Gestión Ambiental: Lavado de vehículos. Medellín: 2006. 59p.

Cuadro 1. Impactos ambientales

PROCESOS	ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	DESCRIPCIÓN DEL ASPECTO	IMPACTOS AMBIENTALES
SECADA Y ASPIRADA	Secada	Consumo de trapos.	Consumo de trapos para el secado del vehículo.	Aumento en la cantidad de residuos especiales a disponer.
		Vertimiento de aguas residuales de lavado.	Vertimiento de agua proveniente del secado de los vehículos.	Contaminación del agua y/o del suelo.
	Aspirada	Consumo de energía eléctrica.	Consumo de energía de la aspiradora.	Aumento en la demanda de recursos naturales.
		Generación de residuos no especiales no aprovechables.	Generación de polvos y residuos de los vehículos.	Aumento de la cantidad de residuos no especiales a manejar y posibilidad de afectación del agua o del suelo.
DESMANCHADA Y BRILLADA	Desmanchada	Consumo de producto químico peligroso.	Consumo de grasa.	Uso de químicos agresivos con las personas o el ambiente.
		Consumo de trapos.	Consumo de trapos para la desmanchada del vehículo.	Aumento en la cantidad de residuos especiales a disponer.
		Generación de residuo especial no aprovechable.	Trapos impregnados con grasa.	Aumento de la cantidad de residuos especiales a manejar y posibilidad de afectación del agua o del suelo.
	Brillada	Consumo de producto químico peligroso.	Consumo de grasa.	Uso de químicos agresivos con las personas o el ambiente.
		Consumo de trapos.	Consumo de trapos para la brillada del vehículo.	Aumento en la cantidad de residuos especiales a disponer.
		Generación de residuo especial no aprovechable.	Trapos impregnados con grasa.	Aumento de la cantidad de residuos especiales a manejar y posibilidad de afectación del agua o del suelo.

Fuente: Metropól. Disponible en <http://www.metropol.gov.co/ProduccionLimpia>

## 2.1 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La solución más viable para mitigar el efecto causado sobre el recurso hídrico, es la implementación de las denominadas PTAR (Plantas de Tratamiento de aguas Residuales), cuya finalidad es poder reutilizar este recurso tan necesario o en su defecto, poder devolverlo a la naturaleza en unas condiciones adecuadas para su posterior uso en otra población o en otra actividad económica; dichas plantas de tratamiento poseen sus propios subsistemas y garantizan que el efluente quede en condiciones adecuadas para ser vertido en una fuente principal.

2.1.1 Pretratamiento: es un proceso por el cual se busca retener sólidos por medio de unas rejillas, que impiden que estos elementos ocasionen taponamiento de las



tuberías y demás, se complementa con la implementación de una trampa de grasa que retira del agua las grasas y aceites que pueden alterar los procesos siguientes.

2.1.2 Tratamiento primario. Es un tratamiento que busca la eliminación de sólidos en suspensión y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) presentes en el agua a tratar, se caracterizan por ser procesos fisicoquímicos en los cuales están presentes la sedimentación, flotación y coagulación<sup>7</sup>

2.1.3 Tratamiento secundario. Es un proceso biológico, el cual tiene como finalidad convertir la materia orgánica presente en el agua residual en un floc sedimentable (Es un conglomerado de partículas sólidas que se genera a partir de los procesos de coagulación y floculación) o en sólidos orgánicos, para que puedan ser removidos fácilmente.<sup>8</sup>

2.1.4 Filtrado. Según su composición y propósito van desde la remoción de materia orgánica hasta la remoción de partículas finas que no han podido ser removidas en tratamientos anteriores.

## 2.2 LAVADO DE AUTOMOTORES EN GIRARDOT

Para poder conocer y evaluar la situación actual de los lavaderos de vehículos en la ciudad de Girardot, se realizó un estudio en diferentes lavaderos de vehículos en la ciudad de Girardot, en el cual se indagó sobre la cantidad de vehículos lavados, el tipo de vehículo, el tipo de lavado aplicado a cada vehículo y el valor correspondiente por dicho servicio.

Se analiza de igual manera y se establece la cantidad de agua requerida, al igual que otros productos utilizados en el lavado como lo son los detergentes y desengrasantes utilizados por dichos establecimientos

Dichos resultados son evidenciados en los Cuadros 2 al 8:

---

<sup>7</sup> ROMERO, Jairo (2009). Calidad del agua. *Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Tercera edición. Bogotá.*

<sup>8</sup>GIL BUSTAMANTE, Antonio. disponible en: [www.serquimsa.com/consideraciones-sobre-el-diseno-del-floc/](http://www.serquimsa.com/consideraciones-sobre-el-diseno-del-floc/)

Cuadro 2. Lavadero # 1

LAVADERO 1(lavado básico)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (Its)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	103	12	12	14832	13000	1339000
PICK UP	44	12	15	7920	16000	704000
CAMIONETA	32	12	15	5760	16000	512000
VANS	20	12	18	4320	20000	400000
AMBULANCIA	2	12	18	432	20000	40000
<b>total</b>	<b>201</b>			<b>33264</b>		<b>2995000</b>
LAVADERO 1(lavado general)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (Its)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	2	12	20	480	20000	40000
PICK UP	0	12	0	0	25000	0
CAMIONETA	1	12	25	300	25000	25000
VANS	0	12	0	0	35000	0
AMBULANCIA	0	12	0	0	35000	0
<b>total</b>	<b>3</b>			<b>780</b>		<b>65000</b>

Cuadro 3. Lavadero # 2

LAVADERO 2(lavado básico)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (Its)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	80	9	10	7200	14000	1120000
PICK UP	8	9	13	936	15000	120000
CAMIONETA	10	9	13	1170	15000	150000
VANS	5	9	15	675	18000	90000
AMBULANCIA	0	9	0	0	18000	0
<b>total</b>	<b>103</b>			<b>9981</b>		<b>1480000</b>
LAVADERO 2(lavado general)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (Its)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	5	9	20	900	21000	105000
PICK UP	3	9	25	675	23000	69000
CAMIONETA	0	9	0	0	23000	0
VANS	3	9	35	945	31000	93000
AMBULANCIA	1	9	35	315	31000	31000
<b>total</b>	<b>12</b>			<b>2835</b>		<b>298000</b>

Cuadro 4. Lavadero # 3

LAVADERO 3(lavado básico)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	95	11	9	9405	13000	1235000
PICK UP	18	11	9	1782	15000	270000
CAMIONETA	20	11	9	1980	15000	300000
VANS	0	11	0	0	20000	0
AMBULANCIA	0	11	0	0	20000	0
<b>total</b>	<b>133</b>			<b>13167</b>		<b>1805000</b>
LAVADERO 3(lavado general)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	3	11	19	627	23000	69000
PICK UP	2	11	24	528	23000	46000
CAMIONETA	0	11	0	0	27000	0
VANS	0	11	0	0	35000	0
AMBULANCIA	0	11	0	0	35000	0
<b>total</b>	<b>5</b>			<b>1155</b>		<b>115000</b>

Cuadro 5. Lavadero # 4

LAVADERO 4(lavado básico)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	50	11	12	6600	10000	500000
PICK UP	6	11	16	1056	12000	72000
CAMIONETA	15	11	16	2640	12000	180000
VANS	0	11	0	0	17000	0
AMBULANCIA	0	11	0	0	17000	0
<b>total</b>	<b>71</b>			<b>10296</b>		<b>752000</b>
LAVADERO 4(lavado general)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	0	11	0	0	20000	0
PICK UP	0	11	0	0	23000	0
CAMIONETA	0	11	0	0	23000	0
VANS	0	11	0	0	30000	0
AMBULANCIA	0	11	0	0	30000	0
<b>total</b>	<b>0</b>			<b>0</b>		<b>0</b>

Cuadro 6. Lavadero # 5

LAVADERO 5(lavado básico)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	100	12	10	12000	14000	1400000
PICK UP	10	12	15	1800	16000	160000
CAMIONETA	25	12	15	4500	16000	400000
VANS	10	12	18	2160	19000	190000
AMBULANCIA	10	12	18	2160	19000	190000
<b>total</b>	<b>155</b>			<b>22620</b>		<b>2340000</b>
LAVADERO 5(lavado general)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	2	12	20	480	22000	44000
PICK UP	3	12	23	828	26000	78000
CAMIONETA	1	12	23	276	26000	26000
VANS	5	12	34	2040	33000	165000
AMBULANCIA	2	12	34	816	33000	66000
<b>total</b>	<b>13</b>			<b>4440</b>		<b>379000</b>

Cuadro 7. Promedio de consumos

PROMEDIO(lavado basico)						
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	86	11	11	10406	13000	1118000
PICK UP	17	11	14	2618	16000	272000
CAMIONETA	20	11	14	3080	16000	320000
VANS	7	11	17	1309	20000	140000
AMBULANCIA	12	11	18	2376	20000	240000
<b>total</b>	<b>142</b>			<b>19789</b>		<b>2090000</b>
PROMEDIO(lavado general)						
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	CAUDAL(L/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$
SEDAN	3	11	20	660	20000	60000
PICK UP	3	11	24	792	25000	75000
CAMIONETA	2	11	24	528	25000	50000
VANS	3	11	35	1155	35000	105000
AMBULANCIA	3	11	35	1155	35000	105000
<b>total</b>	<b>14</b>			<b>4290</b>		<b>395000</b>
EL TIEMPO DE LAVADO EXPRESADO EN MINUTOS SE CONTABILIZO CADA VEZ QUE EL OPERARIO HIZO USO DEL RECURSO HIDRICO						
EL CAUDAL SE MIDIO EN EL TIEMPO DE LLENADO DE UN RECIPIENTE CON UNA CAPACIDAD DE 18L						

Después de realizar el estudio de los lavaderos de vehículos, en donde se evidenció la falta de sistemas de reutilización del agua utilizada, como lo exige la Resolución 631 de 2015, por la cual se establece los parámetros y los valores límites permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales

y a los sistemas de alcantarillado público, se procedió a realizar una prueba de laboratorio para caracterizar el agua proveniente de dichos lavaderos y con esto obtener una información detallada de la calidad del agua proveniente de dichos establecimientos, para poder ajustarlos a la legislación pertinente. Los resultados se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1. Resultados

DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	34 mg/L-O <sub>2</sub>
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	136 mg/L-O <sub>2</sub>
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1.930 mg/L
TENSOACTIVOS	8,08 mg/L
FENOLES	< 0,08 mg/L
ACEITES Y GRASAS	37 mg/L
Ph	7,46

La muestra se tomó de un lavadero de la ciudad de Girardot en aguas después del correspondiente lavado del automotor, se realizó una muestra compuesta de 16 alícuotas, cada alícuota se tomó en un intervalo de 30 minutos y al final del turno de 8 horas se mezclaron y se conservaron para su análisis.

Los resultados de la prueba de laboratorio, indican una alta concentración en sólidos suspendidos en el agua correspondientes a la mugre con la cual llegan los vehículos al establecimiento.

### 3. PARAMETRIZACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

La planta que se diseñará para la empresa TRANSLOGAM S.A.S. debe ser capaz de cumplir con los parámetros exigidos en la resolución 631 de 2015, realizando una comparación de los resultados obtenidos de laboratorio sobre la caracterización del agua, según la resolución 631 se puede establecer parámetros de funcionalidad de la PTAR, la comparación se realizó entre los valores obtenidos y los valores máximos permitidos.

Tabla 2. Comparativo con resolución 631 del 2015

LABORATORIO		RESOLUCIÓN 631 DE 2015	
PARÁMETRO	VALOR	PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO
DBO	34 mg/L-O <sub>2</sub>	DBO	90 mg/L-O <sub>2</sub>
DQO	136 mg/L-O <sub>2</sub>	DQO	180 mg/L-O <sub>2</sub>
SST	1.930 mg/L	SST	90 mg/L
SAAM	8,08 mg/L	SAAM	análisis y reporte
FENOLES	< 0,08 mg/L	FENOLES	análisis y reporte
ACEITES Y GRASAS	37 mg/L	ACEITES Y GRASAS	20 mg/L
Ph	7,46	Ph	5 a 9

Con base en el comparativo se puede determinar que la planta debe tener los procesos que logren la calidad requerida según la legislación colombiana, como se puede evidenciar existen problemas en los niveles de concentración de grasas y aceites y de sólidos suspendidos totales, que sobrepasan de manera considerable los valores admisibles.

Existen una serie de procesos en el tratamiento de aguas residuales para poder tratar el agua de una manera correcta según sea la necesidad existente, dichos procesos están encaminados a componentes presentes en las aguas residuales y como tratarlos correctamente.<sup>9</sup>

Con base a la tabla 3 a continuación, se delimitaron los procesos que debe poseer la planta a diseñar, encaminando dichos procesos a obtener niveles permisibles de la legislación colombiana en cuanto a grasas, aceites y sólidos suspendidos, los cuales presentan un alto grado de concentración.

<sup>9</sup> ROMERO, Jairo (1999). Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. Pág. 17-23.

Tabla 3. Procesos aplicables en el tratamiento de aguas residuales.

Contaminante	Proceso
DBO	Lodos activados, lagunas aireadas, filtros percoladores, unidades de contacto biológico rotatorio o biodiscos, lagunas facultativas aireadas o fotosintéticas, lagunas anaeróbicas, filtros anaeróbicos, proceso anaeróbico de contacto, reactores anaeróbicos de flujo ascensional (PAMLA o UASB).
Sólidos suspendidos	Sedimentación, flotación, cribado, filtración.
Compuestos orgánicos refractarios	Adsorción con carbón, intercambio iónico, electrodiálisis, ósmosis inversa.
Nitrógeno	Nitrificación - desnitrificación, intercambio iónico
Fósforo	Precipitación química, coprecipitación biológica, intercambio iónico.
Metales pesados	Intercambio iónico, precipitación química.
Sólidos disueltos inorgánicos	Intercambio iónico, electrodiálisis, ósmosis inversa.

Fuente: ROMERO, Jairo (1999). Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. Pág. 17-23.

Tabla 4. Calidades y rendimientos obtenidos.

Proceso	SS	DBO	DQO	BACT	N	NH <sub>3</sub> -N	P	ABS	LAS	*
Adsorción con carbón, mg/L	<1	<2	<10	-	-	-	-	-	-	119
Cribado fino - % de remoción	2 - 20	5 - 10	5 - 10	10 - 20	-	-	-	-	-	67
Desarenadores - % de remoción	0 - 10	0 - 5	0 - 5	-	-	-	-	-	-	89
Sedimentación - % de remoción	50 - 65	30 - 40	30 - 40	-	10- 20	0	10-20	-	-	89
Sedimentación - % de remoción	50 - 90	10 - 30	-	-	-	-	-	-	-	34
Sedimentación - % de remoción	40 - 70	25 - 40	20 - 35	25 - 75	-	-	-	-	-	67
Sedimentación - % de remoción	-	-	-	-	-	-	-	2 - 3	2 - 3	68
Tanque séptico - % de remoción	-	-	-	-	-	-	-	9,2	11,8	68
Tanque Imhoff - mg/L	80	120	350	-	35	25	9	74	97	68
Precipitación química - % de remoción	70 - 90	50 - 85	40 - 70	40 - 80	-	-	-	-	-	69
Precipitación química - mg/L	<10	-	-	-	-	-	<1	-	-	67
Flotación - % de remoción	70 - 95	10 - 50	-	-	-	-	-	-	-	24
Filtros percoladores tasa baja, mg/L	25	18	100	-	25	1	7	-	-	34
Filtros percoladores tasa baja, %	-	-	-	-	-	-	-	35	85	69
Filtros percoladores tasa alta, mg/L	30	20	100	-	30	25	7	-	-	69
Filtros percoladores tasa alta, %	60-85	65-80	60-80	-	15-50	8-15	8-12	-	-	89
Filtros percoladores tasa alta, %	-	-	-	-	-	-	-	19	71	68
Filtros percoladores, % de remoción	50 - 92	50 - 95	50 - 80	90 - 95	-	-	-	-	-	67
Biotorres, mg/L	30	20	100	-	30	25	7	-	-	69
Biodiscos, % de remoción	80-85	80-85	80-85	-	15-50	8-15	10-25	-	-	89
Biodiscos, mg/L	25	18	100	-	25	3	7	-	-	69
Lodos activados, % de remoción	80-90	80-95	80-85	-	15-50	8-15	10-25	-	-	89
Lodos activados, % de remoción	-	-	-	-	-	-	-	45 - 50	95	68
Lodos activados, % de remoción	55 - 95	55 - 95	50 - 80	90 - 98	-	-	-	-	-	67
Lodos activados, M.C., mg/L	20	15	90	-	25	20	7	-	-	69
Lodos activados, E y C, mg/L	20	15	90	-	25	20	7	-	-	69
Lodos activados, A.P, mg/L	20	15	90	-	30	2	7	-	-	69
Laguna aireada, mg/L	20	15	90	-	30	2	7	-	-	69
Zanjón de oxidación, mg/L	20	15	90	-	30	2	7	-	-	69
Lagunas anaerobias, mg/L	100	40	140	-	20	1	4	-	-	69
Lagunas facultativas, mg/L	120	40	160	-	20	1	4	-	-	69
Lagunas facultativas, % de remoción	-	-	-	-	-	-	-	< 40	93	68
Lagunas facultativas, % de remoción	85 - 95	90 - 95	70 - 80	95 - 98	-	-	-	-	-	67
Disposición s/suelo, mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

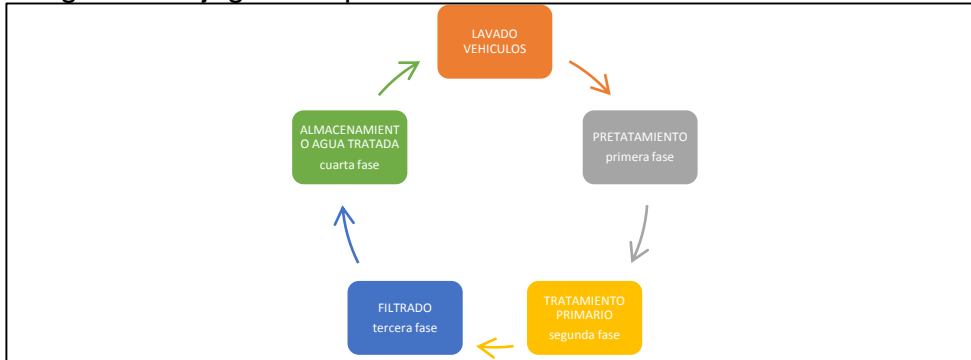
Fuente: ROMERO, Jairo (1999). Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. Pág. 17-23.

La eficiencia esperada para la planta con los procesos mostrados en la Tabla 4, será de 0.9.

### 3.1 PROCESOS DE TRATAMIENTO

La funcionalidad de la planta está definida, por un pretratamiento consistente en un cribado y una trampa de grasas, un tratamiento primario y un filtrado, no se utilizará un tratamiento secundario puesto que no se posee materia orgánica en el lavado de las ambulancias, ver Imagen 2.

Imagen 2. Flujograma operacional



### 3.2 CAUDAL DE LAVADO

Los sistemas de tratamiento trabajarán con un requisito principal como lo es el caudal, el cual se estableció como el promedio de los caudales hallados en el estudio que se realizó en la ciudad de Girardot y que es característico de los sistemas actuales de lavado.

Teniendo en cuenta el tiempo promedio de lavado de cada vehículo, tiempo que cuenta cada vez que el operario hace uso del recurso hídrico, se puede obtener la cantidad de agua utilizada diariamente para el lavado del parque automotor

$$Q = 11L / min$$

Donde Q es el caudal promedio obtenido.

### 3.3 CAPACIDAD DE LA PLANTA

La capacidad de la planta se determina al multiplicar el caudal por el tiempo promedio de lavado crítico, que en este caso sería el de mayor magnitud evidenciada y que es característico de un tipo de lavado general, nos otorga la cantidad de agua utilizada en el lavado de un vehículo tipo ambulancia

$$CANT = Q * T_{min}$$

Donde Q esta expresado en litros por minuto y el tiempo de utilización en minutos



$$CANT = 11L/min * 35min$$

$$CANT = 385 L$$

Al obtener la cantidad de agua utilizada por cada ambulancia, se determina la capacidad de agua que la planta nos debe proporcionar por ciclo de lavado que se determina en 4 automóviles por ciclo de lavado

$$CAPACIDAD = 385L * 4 veh\acute{c}ulos$$

$$CAPACIDAD = 1540 L = 1,6m^3$$

Todo esto se realiza por la necesidad de obtener las capacidades de los equipos que serán los encargados de la reutilización del recurso hídrico

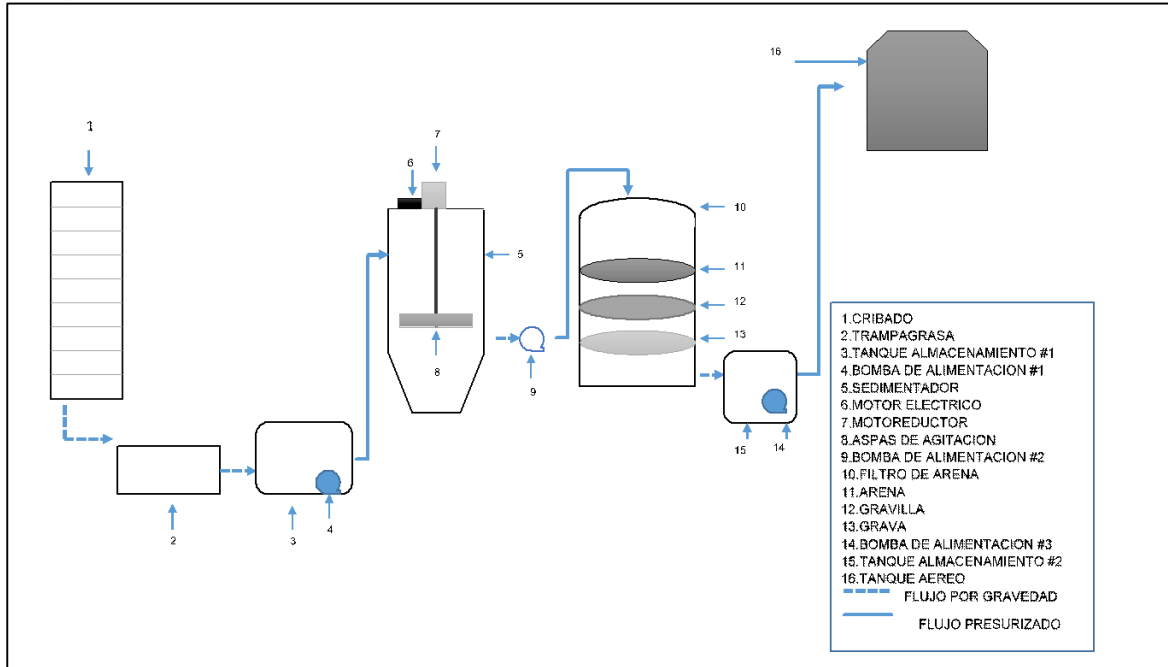
### 3.4 PROCESO DE REUTILIZACIÓN

La planta que se va a diseñar, tiene la característica de ser una planta tipo Batch, es decir que va a poseer un flujo discontinuo, este será regulado por el operario de la planta teniendo en cuenta la utilización de la misma y la cantidad de agua que ha utilizado durante el día de operación, los procesos de tratamiento fueron seleccionados teniendo en cuenta los conceptos trabajados por Romero<sup>10</sup> en el cual presenta la siguiente información de tratamiento. Ver Imagen 3.

---

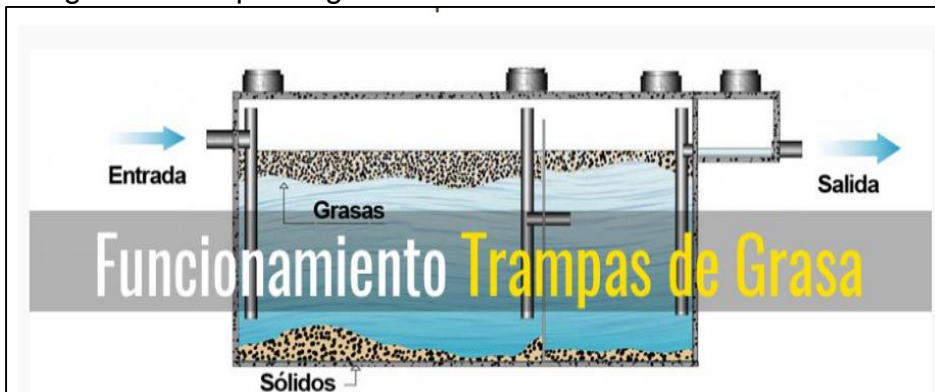
<sup>10</sup> ROMERO. *Op. cit.* p.25

Imagen 3. Funcionamiento detallado de la planta



3.4.1 El pretratamiento empieza con las rejas características del cribado, donde su principal función es la retención de sólidos de gran tamaño, que pueden ocasionar problemas como taponamiento de tuberías y obstrucción de equipos, luego las canales recolectores del recurso hídrico dispondrán su producto en un primer tanque de almacenamiento denominado “trampa grasa” que gracias a su diseño hidráulico permite la remoción de grasas y aceites, las cuales se concentran en la superficie del tanque. Luego de esto será recolectado el recurso en un tanque de almacenamiento, este dispositivo poseerá una bomba sumergible con el fin de impulsar el fluido para ser tratado en los sistemas posteriores, Ver Imagen 4.

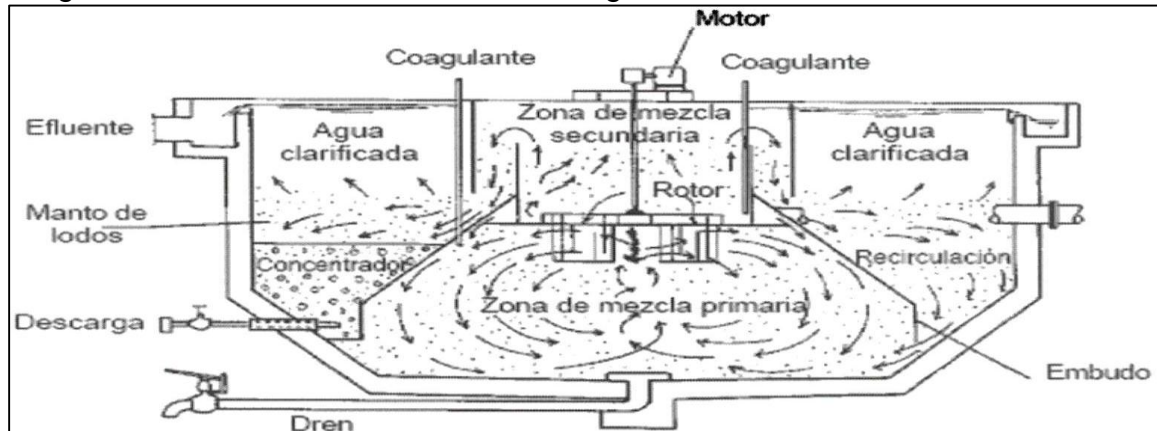
Imagen 4. Trampa de grasa



Fuente: Was Tech. Disponible en <http://wastechcr.com/2016/02/24/trampas-de-grasa/>

3.4.2 Tratamiento primario. Consta de un tanque de sedimentación, el cual con la ayuda de un motor de agitación nos permite la correcta mezcla de los agentes químicos necesarios para la tratabilidad del agua y que en el fondo del mismo se sedimenten los lodos para su correcta disposición final. Ver Imagen 5.

Imagen 5. Sedimentador con sistema de agitación



Fuente: Agua potable. Disponible en <http://www.elaguapotable.com/decantacion.htm>

3.4.3 Filtrado. Puede poseer dos tipos de filtros distintos, el primero es un filtro de carbón que remueve sustancias químicas que dan olor y color al agua para clarificar ésta lo más posible, además de eliminar hidrocarburos propios de agentes limpiadores utilizados en el proceso de lavado como el grafito y demás, el segundo filtro se compone de arena fina, son los elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de arena. Una vez que el filtro se haya cargado de impurezas, alcanzando una pérdida de carga prefijada, puede ser regenerado por lavado a contra corriente.<sup>11</sup>

3.4.4 Disposición del agua. Consiste en la recolección del agua filtrada en un tanque para su correspondiente bombeo hasta el tanque de almacenamiento del cual se dispondrá el recurso hídrico para su utilización.

Se debe tener en cuenta que la puesta en marcha de las bombas empleadas en el funcionamiento de la planta, deben poseer la capacidad de uso automático y uso manual, como lo requiera o disponga el operario de la planta. El funcionamiento de la planta debe ser sencillo y estará a cargo del personal de lavado.

---

<sup>11</sup> Disponible en línea en <http://www.sefiltra.com/filtros-de-arena.php>

## 4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

El diseño de la planta se realizará acorde a la necesidad de la reutilización del agua y teniendo como base el diagnóstico realizado anteriormente. El proceso da inicio con el planteamiento de una serie de alternativas pertenecientes a un subsistema de la planta, dichas alternativas se analizarán y evaluarán para determinar la opción más adecuada, teniendo en cuenta los factores que han sido analizados anteriormente.

### 4.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Las alternativas pertenecen al subsistema de filtrado, se evaluaron teniendo en cuenta su aplicabilidad y su capacidad de solución frente a los problemas de sólidos suspendidos evidenciados en la prueba de laboratorio que se realizó con el agua perteneciente a un lavadero de vehículos de la ciudad de Girardot.

### 4.2 TIPOS DE FILTRO

La clasificación de los filtros se divide en dos tipos característicos.

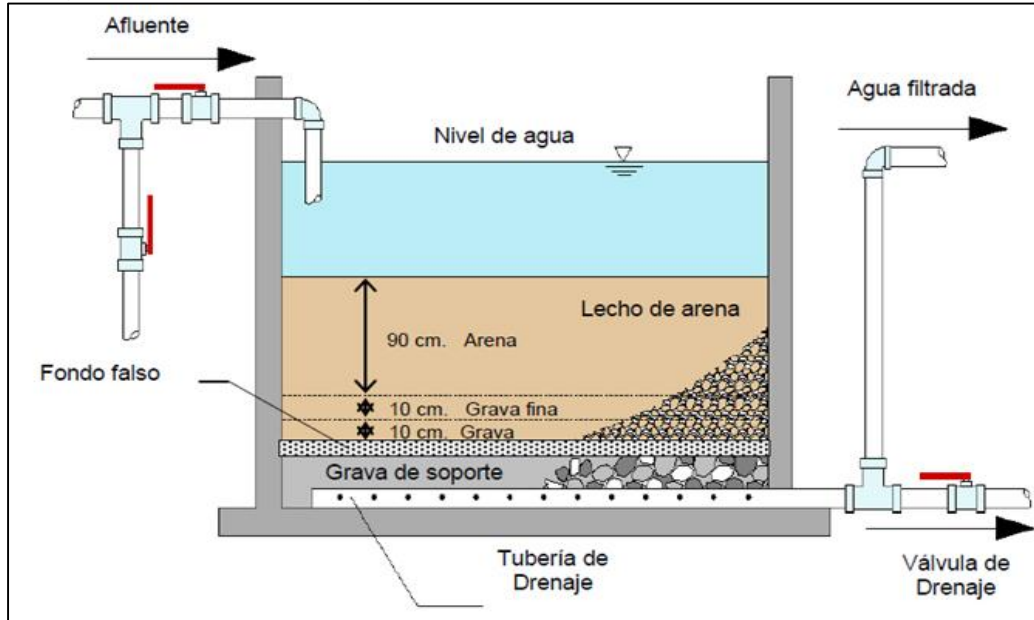
- ✓ Filtros de gravedad o filtros lentos es aquel que tiene un lecho filtrante y el agua fluye a través de este lecho gracias al efecto que produce la gravedad por este motivo se le conoce de esta manera, posee una velocidad de filtración bastante lenta por cual requiere un área de filtración bastante amplia para un flujo determinado<sup>12</sup>
- ✓ Filtro rápido o filtro a presión su funcionamiento es similar al filtro lento, pero se diferencia en que el agua es forzada a fluir a través del lecho filtrante gracias a la presión que realiza una bomba, lo cual significa que con un área de filtración considerablemente baja con respecto al filtro lento se podría manejar grandes volúmenes de agua

4.2.1 Filtro de grava y arena. En este tipo de filtros, el agua fluye a través de un lecho de grava y arena. Las propiedades del medio, causan que el agua tome caminos erráticos y largos trayectos, lo cual incrementa la probabilidad de que el sólido tenga contacto con otras partículas suspendidas, y con el medio formado en la superficie del gránulo de grava o arena, siendo de esta manera retenido entre el material filtrante. Ver Imagen 6.

---

<sup>12</sup> <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/filtracion.htm>

Imagen 6. Filtro lento de grava y arena



Fuente: Fundación para el desarrollo socio económico y restauración ambiental. filtración lenta.<sup>13</sup>

Imagen 7. Filtro rápido de grava y arena



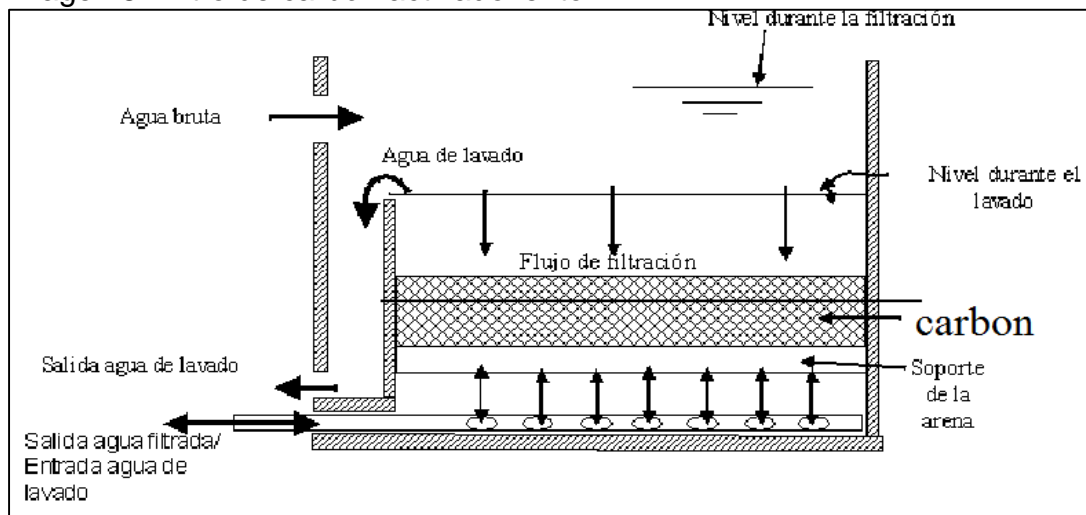
Fuente: Filtración sanitaria. Filtro de grava y arena rápido.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> C.A.S.A. Menú de alternativas de tratamiento a nivel comunitario y domiciliario. Calidad del Agua en Sistemas de Abastecimiento en Poblaciones Rurales Dispersas. Bolivia. 2011

<sup>14</sup> Ibid.; p. 5

4.2.2 Filtro de carbón activado. Estos equipos están especialmente diseñados para poder remover el cloro y la materia orgánica que es la causante del mal olor, color y sabor en el agua. También remueve orgánicos como fenoles, muchos pesticidas y herbicidas del agua. La activación del carbón produce una excelente superficie de filtración y le permite al carbón activado tener una gran capacidad de absorción de impurezas del agua. La absorción es el proceso median el cual la materia se adhiere a la superficie de un absorbente, en este caso el carbón activado.<sup>15</sup> . Ver Imagen 8 y 9.

Imagen 8. Filtro de carbón activado lento



Fuente: Agua potable. Disponible en <http://www.elaguapotable.com/filtracion.htm>

<sup>15</sup> <http://www.macrotecnologia.com/Productos/FCarbonActivado.php>

Imagen 9. Filtro de carbón rápido.



Fuente: nova química. Disponible en <http://www.novaquimica.com.co>

#### 4.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para determinar que alternativa es la más óptima se utiliza el método de ponderación lineal, el cual permite conocer la alternativa adecuada que cumple con los requerimientos planteados en el diseño.

Para calcular el método de ponderación lineal se utiliza la siguiente fórmula;

$$S_j = \sum W_i r_{ij}$$

Donde;

$r_{ij}$  = rating de la alternativa j en función de criterio i

$W_i$  = ponderación para cada criterio i

$s_i$  = score para alternativa J

El método posee las siguientes etapas;

- ✓ Identificar la meta general del problema
- ✓ Identificar las alternativas
- ✓ Listar criterios a tener en cuenta

- ✓ Asignar ponderación
- ✓ Establecer nivel de satisfacción de cada alternativa en cada uno de los criterios
- ✓ Calcular el score para cada alternativa

Identificar la meta general del problema: con este método se pretende identificar cuál de los tipos de filtrado es el mejor para dar solución a la alta concentración de sólidos suspendidos totales que fueron evidenciados en la prueba de laboratorio  
Identificar alternativas: como se mencionó las alternativas de diseño son:

- ✓ Filtro de arena y grava lento o rápido
- ✓ Filtro de carbón activado lento o rápido

Listado de criterios: las alternativas deben cumplir con los siguientes parámetros

- ✓ Fácil mantenimiento
- ✓ Capacidad de filtrado
- ✓ Velocidad de filtración

#### 4.3.1 Definición de los criterios de evaluación

- ✓ El sistema de filtrado debe poseer la facilidad de su mantenimiento cuando sea necesario.
- ✓ El sistema de filtrado debe proporcionar una carga de filtrado constante y de la misma calidad, teniendo en cuenta que debe cumplir con los parámetros máximos permitidos por la legislación colombiana
- ✓ El sistema de filtrado debe poseer una velocidad considerable, que permita a la planta hacer la recirculación del agua según sus necesidades de operación

Asignación de la ponderación se realiza teniendo en cuenta la siguiente tabla. Ver Tabla 5.



Tabla 5. Asignación de ponderación

Extra bajo	1
Muy bajo	2
Bajo	3
Poco bajo	4
Medio	5
Poco alto	6
Alto	7
Muy alto	8
.Extra alto	9

Fuente: Método scoring. Disponible en <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>

Se procede a realizar la calificación de los criterios anteriormente seleccionados. Ver Tabla 6.

Tabla 6. Ponderación de criterios

1.Mantenimiento	4
2.capacidad	5
3.velocidad de filtración	5

Fuente Método Scoring. Disponible en <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>

Se establece el nivel de satisfacción que ofrece cada alternativa a cada uno de los criterios de selección, en donde 1 será el mínimo y 9 el máximo. Ver Tabla 7.

Tabla 7. Ponderación lineal

1	Muy poco importante
2	Poco importante
3	Importancia media
4	Algo importante
5	Muy importante

Fuente Método scoring. Disponible en <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>

Teniendo las alternativas se procede a otorgarle un grado de satisfacción, realizando el cálculo por el método de score. Ver Tabla 8.

Tabla 8. Resultados del método de Scoring

CRITERIOS	PONDERACION W <sub>i</sub>	FILTRO DE GRAVA Y ARENA		FILTRO DE CARBON ACTIVADO	
		LENTO	RAPIDO	LENTO	RAPIDO
Mantenimiento	4	8	8	8	8
capacidad	5	9	9	5	5
Velocidad de filtracion	5	2	9	2	9
total		87	122	67	102

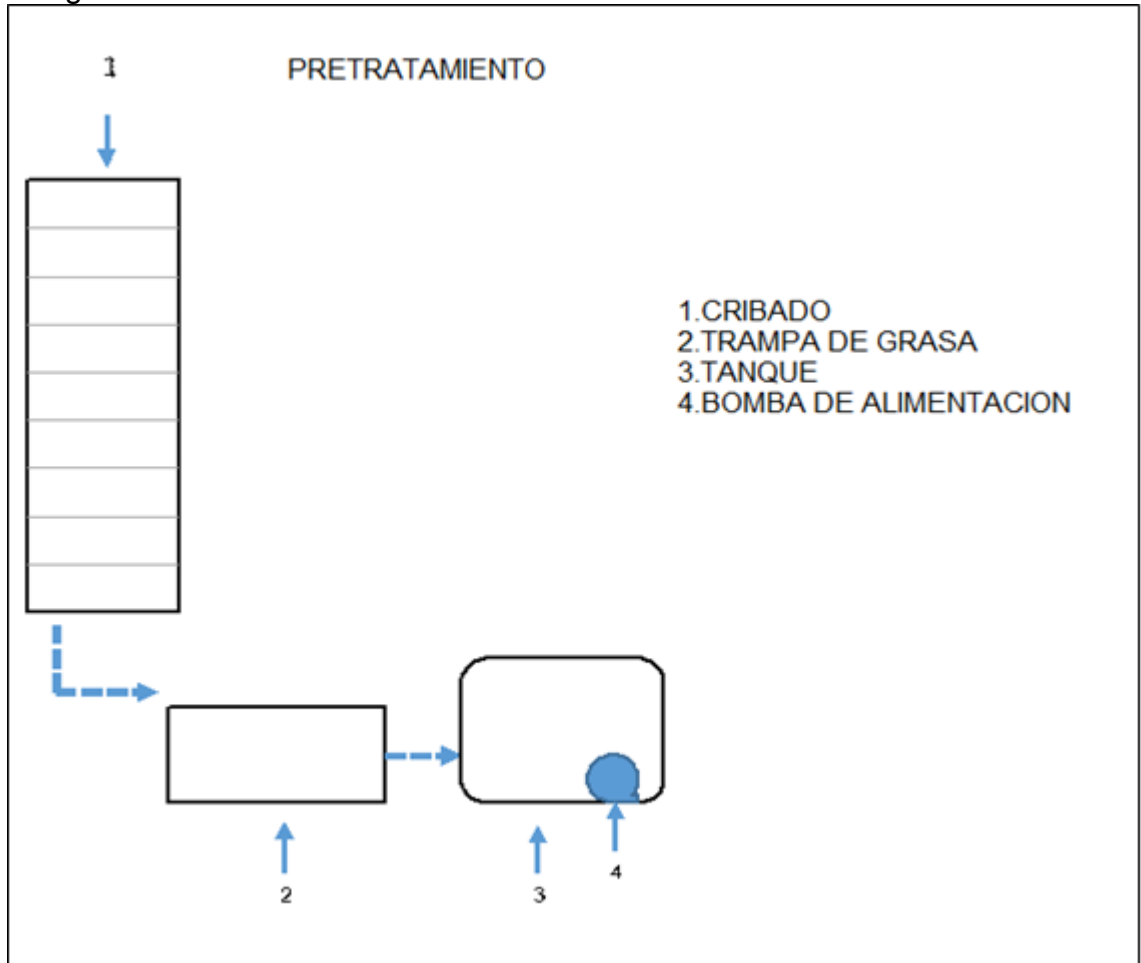
Gracias al método de ponderación lineal se logra identificar que la alternativa que cumple a satisfacción los requerimientos es el filtro de arena y grava rápido o presurizado

#### 4.4 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ALTERNATIVA

Luego de definir la parametrización y de establecer la alternativa de diseño, se cuenta con la suficiente información técnica para establecer el diseño conceptual de lo que sería la planta de tratamiento para el lavado de vehículos

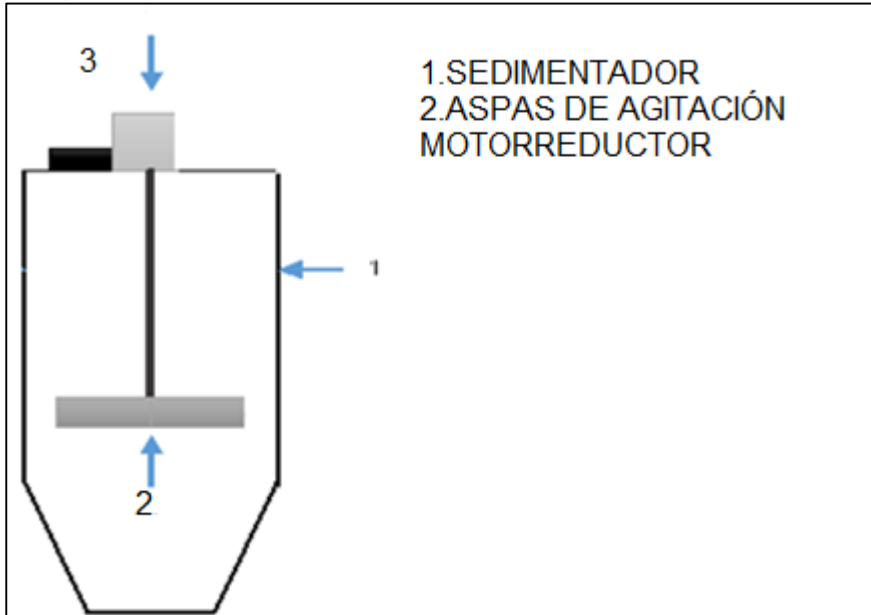
4.4.1 Pretratamiento la planta otorgará la capacidad de lavar 4 vehículos al tiempo, sin importar el tipo de lavado que sea aplicado, el sistema contará con sus correspondientes rejillas de cribado, sus dimensiones y geometría serán especificadas en el diseño detallado; luego el agua pasará por el trampa grasa para la eliminación de las grasas por medio de flotación, para luego poder dar su disposición final adecuada. El agua seguirá su trayecto hasta ser almacenada en un tanque que tendrá una capacidad de 1600L, que equivaldrían a un ciclo de lavado general cada uno de 4 vehículos, esto con el fin de que la planta sea tipo Bach y no de flujo continuo. Además de esto, como se mencionó en la parametrización, servirá como plan de contingencia para cualquier anomalía que se pueda presentar, como un corte de luz, lo que impediría llevar el fluido hasta el próximo tratamiento o simplemente una posible falla en algún sistema posterior. Ver Imagen 10.

Imagen 10. Pretratamiento



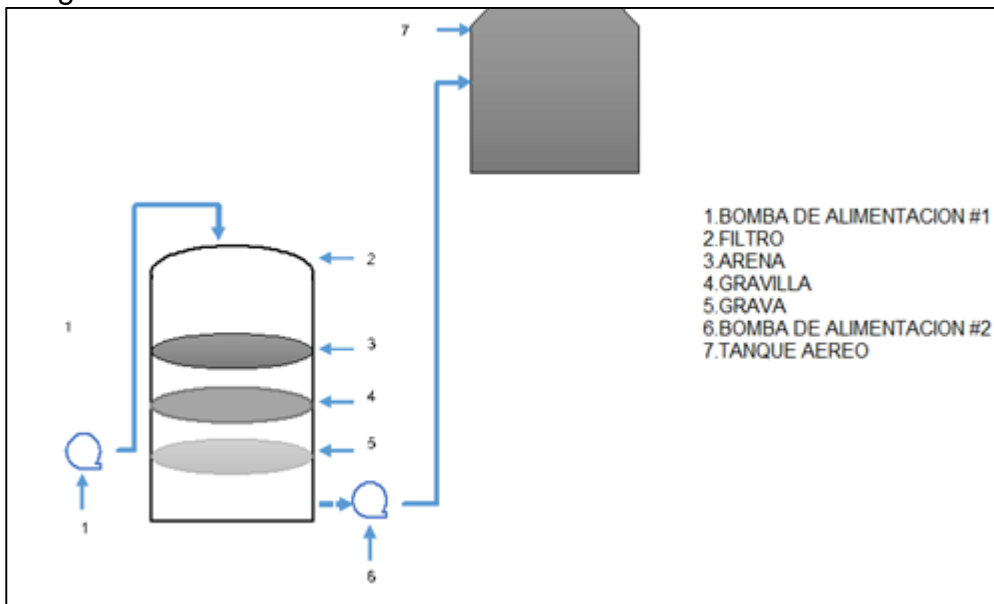
4.4.2 Sistema primario contará con un sedimentador con una capacidad de 3500L, en el cual el sistema de agitación compuesto por un motorreductor y unas aspas los cuales junto con los agentes químicos ayudarán a la formación del floc el cual se presenta por la sedimentación de sólidos los cuales serán retirados por la parte inferior del dispositivo para su disposición final, el agua clarificada saldrá por un costado lista para el próximo tratamiento. Ver Imagen 11.

Imagen 11. Sistema primario



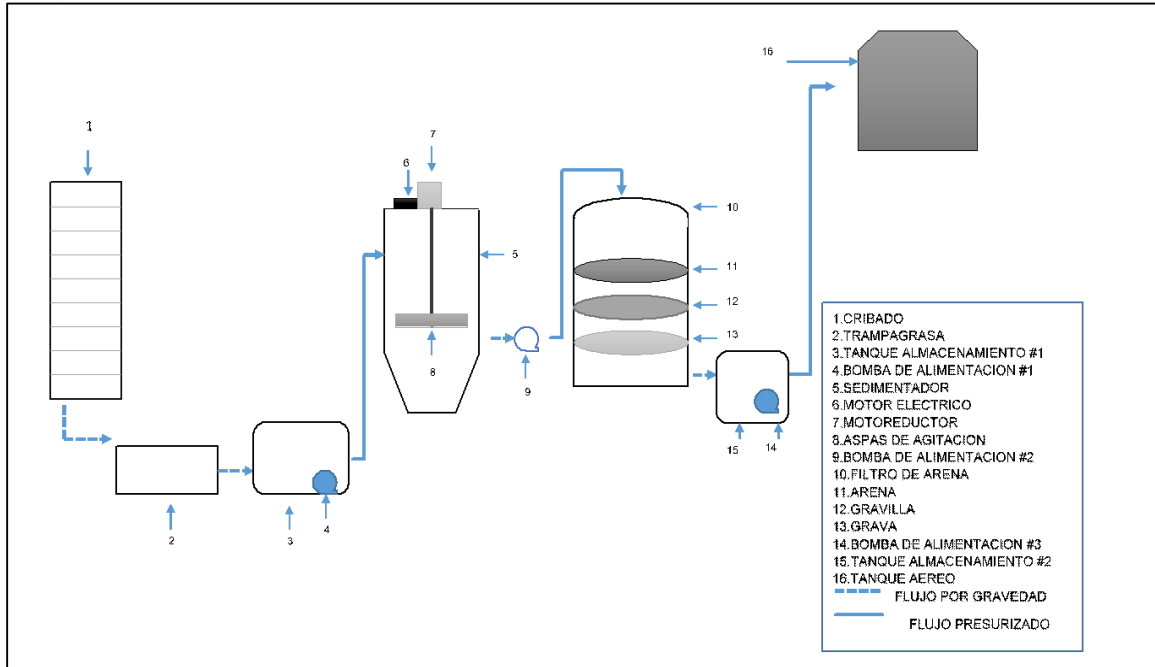
4.4.3 Filtrado, tendrá un filtro de arena rápido o presurizado mediante una bomba, dicho filtro contará con capas interiores las cuales se determinarán en el diseño logrando la retención de sólidos con sus diferentes granulometrías, posterior a este se dispondrá el fluido en un tanque aéreo listo para su reutilización en el lavado de vehículos. Ver Imagen 12.

Imagen 12. Filtrado



La siguiente imagen, representa el funcionamiento completo de la planta de tratamiento de agua para el lavado de automóviles. Ver Imagen 13.

Imagen13. Funcionamiento detallado de la planta



## 5. DISEÑO DETALLADO

En este capítulo se analizarán a fondo todos los elementos propios para un diseño detallado de la planta de tratamiento, desde su selección de componentes comerciales y el correspondiente diseño de los no comerciales, se establecerá un rendimiento de la planta y sus limitaciones de funcionabilidad.

### 5.1 PRETRATAMIENTO

El sistema para tratar el agua residual inicia con el dimensionamiento de espacio necesario para el lavado de los 4 vehículos como se había hablado en la parametrización y como se muestra en la Imagen 14, 15 y 16.

Imagen 14. Distribución de lavado

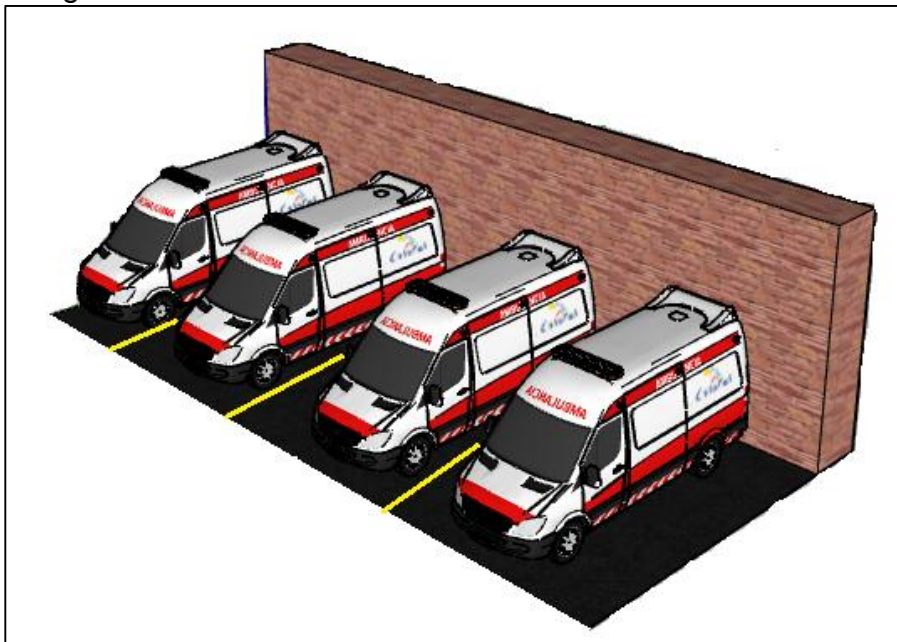


Imagen 15. Área de lavado 1.

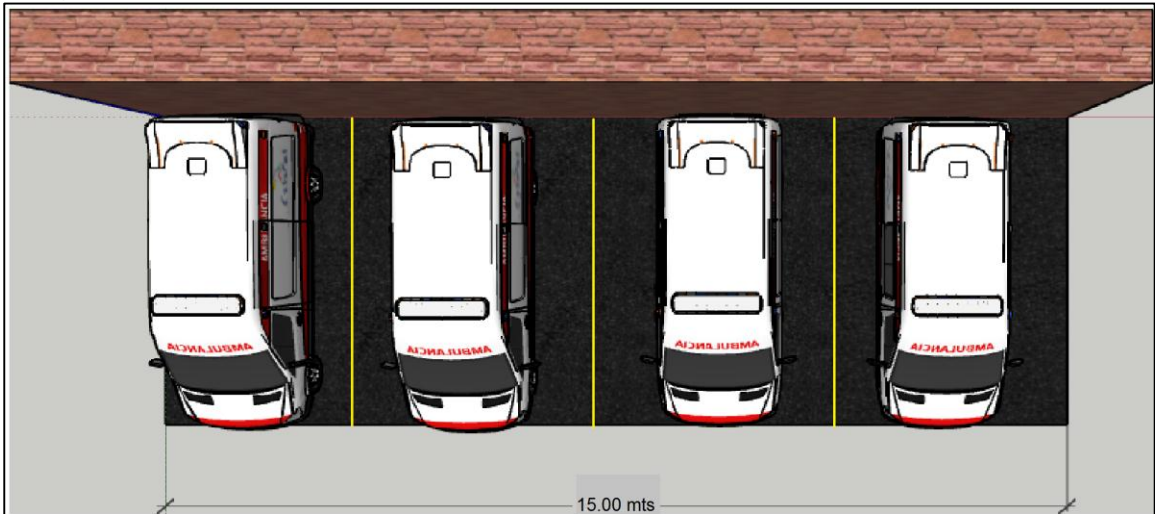
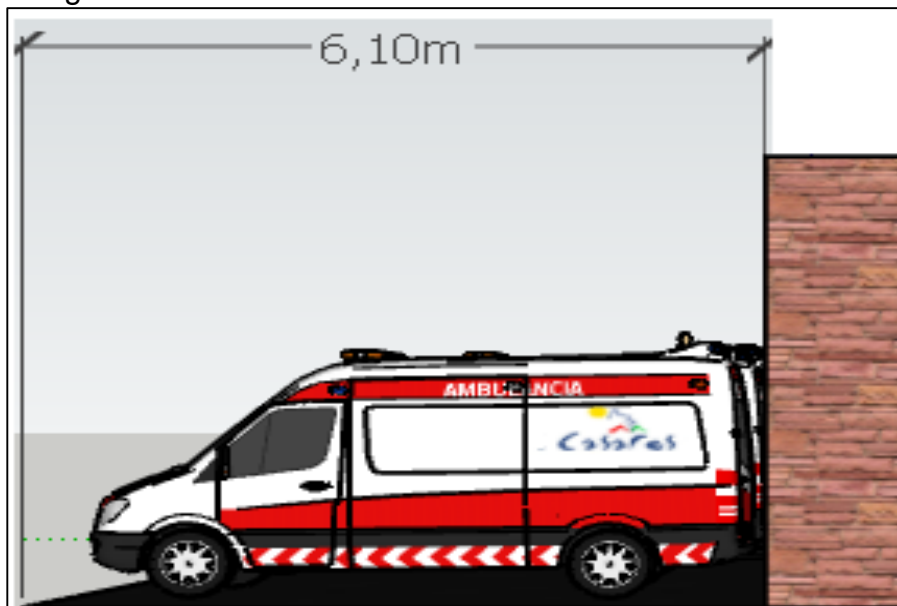


Imagen 16. Área de lavado 2.



5.1.1 Cribado se puede escoger entre diferentes tipos de rejilla, pero se deben cumplir con parámetros establecidos en el RAS 2000(Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico)

5.1.1.1 Localización. Deben colocarse como primer filtro de residuos de tamaño considerable como botellas, trapos, etc., que puedan obstruir tuberías o afectar el funcionamiento de cualquier sistema siguiente.

5.1.1.2 Espaciamiento. El RAS recomienda un espacio entre barras de 15 a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente y entre 3 y 77 mm. para limpiadas mecánicamente.

5.1.1.3 Velocidad mínima de aproximación para poder garantizar una acumulación adecuada el RAS nos establece unas velocidades mínimas de aproximación que deben estar entre 0.3 -0.6 m/s para rejillas limpiadas manualmente y 0.3 -0.9 m/s para rejillas limpiadas mecánicamente.

5.1.1.4 Cálculo de pérdida de carga se utiliza la siguiente ecuación<sup>16</sup>

$$k = \beta \left( \frac{S}{b} \right)^{1.33} \sin \alpha$$

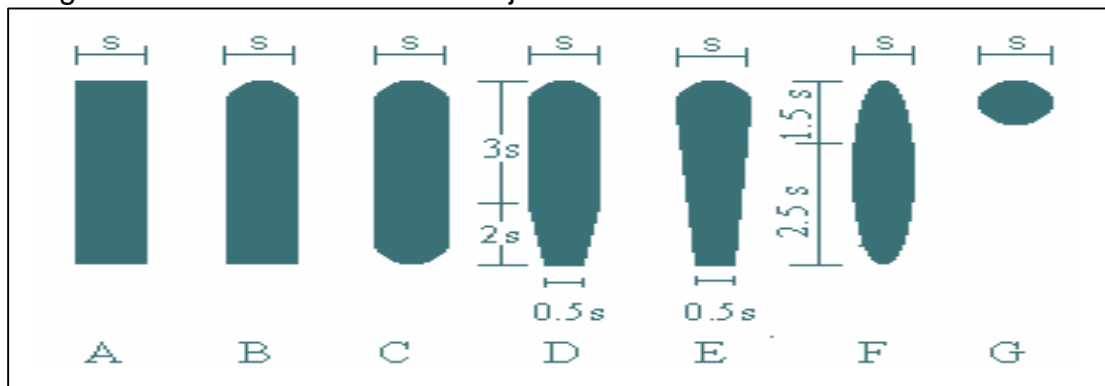
Dicha ecuación se realiza para una rejilla limpia y no acepta en ningún caso una pérdida mayor a 75 cm

✓ Donde  $\beta$  depende de la forma geométrica de la barra. Ver Tabla 9 e Imagen 17.

Tabla 9. Coeficiente de pérdida en rejillas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
$\beta$	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Imagen 17. Diferentes formas de rejillas



Fuente: DE, S. D. R. Y. E., & PLUVIALES, A. R. D. Y. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000.

<sup>16</sup> S. D. R. Y. E., & PLUVIALES, A. R. D. Y. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000



- ✓ S es el ancho de la barra
- ✓ b es el espaciamiento entre barras
- ✓  $\alpha$  es el ángulo de aproximación determinado en  $10^\circ$ , dicho valor se determina mediante construcciones existentes en sitios de lavado vehicular

Teniendo en cuenta todos los parámetros expuestos se procede a diseñar la rejilla con los siguientes resultados

- ✓ Velocidad de aproximación 0,36 m/s con un diámetro de manguera de 1"

El caudal fue determinado anteriormente en 11L/min

$$Q = 11 \frac{L}{min} * \frac{1m^3}{1000L} * \frac{1 min}{60 Seg} = 1.83x10^{-4}m^3/seg$$

La velocidad se asume como 0.3m/s que es la mínima recomendada por el RAS 2000

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

$$A = \frac{1.83x10^{-4}m^3/seg}{0,3 m/s} = 6.11x10^{-4}m^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{6.11x10^{-4}m^2}{\pi}} = 0.013m$$

$$D = 2r = 0,027m$$

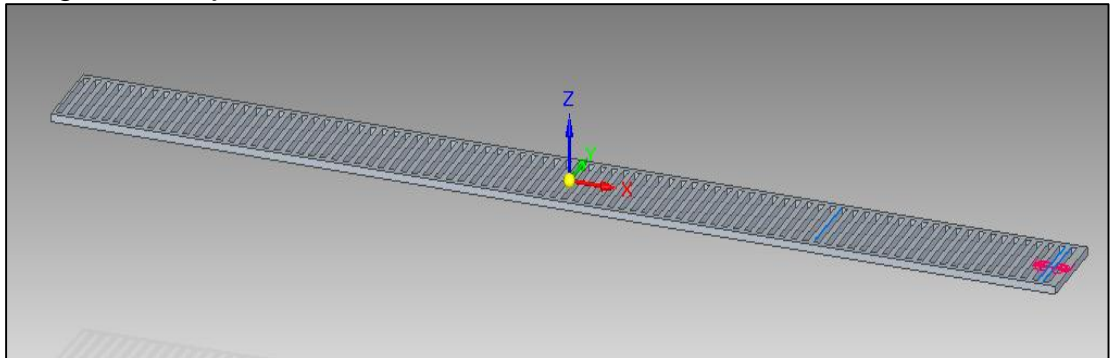
Se debe obtener un diámetro en pulgadas, ya que comercialmente se utilizan estas medidas

$$0.027m * \frac{39.3701 in}{1m} = 1,06299 in$$

Se normaliza el diámetro obtenido a 1" otorgando un aumento de velocidad de 0.3m/s como se había tomado inicialmente a 0,36 m/s, rango que está dentro de lo estipulado por el RAS 2000.

- ✓ Dimensionamiento de la rejilla se toma que el sistema de cribado debe abarcar una distancia total de 15m. como se evidenció en la imagen 15, dicha distancia fue encontrada en el dimensionamiento del área de lavado, se decide diseñar 5 rejillas totalmente iguales con un largo de 3m. y un ancho de 0.3m, con barras de caras rectangulares de 2 cm. de ancho y con un espaciamiento de 2 cm. Ver Imagen 18.

Imagen 18. Rejas de cribado



- ✓ Cálculo de pérdida se realiza la verificación para determinar si cumple o no cumple con lo determinado por el RAS 2000.

$$k = \beta \left( \frac{S}{b} \right)^{1.33} \sin \alpha$$

$$k = 2.42 \left( \frac{2}{2} \right)^{1.33} \sin 10 = 0.420cm$$

- ✓ Las rejillas se instalarán sobre una fosa de concreto que posee una profundidad de 30 cms., en la cual se recolectarán las aguas provenientes del lavado y serán distribuidas por gravedad hacia la trampa de grasas
- ✓ Las rejillas se construirían en acero estructural que logre soportar el peso de los vehículos al pasar por encima de ellas.

5.1.2 Trampa de grasas es de vital importancia dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales la existencia de un artefacto que nos permita la remoción de tanto las grasas como los aceites, ya que afectan de manera considerable el agua a tratar y pueden llegar a ocasionar problemas a futuro como lo es el taponamiento de tuberías por el aglutinamiento de grasas.

5.1.2.1 Dimensionamiento de la trampa es necesario que la trampa a diseñar o seleccionar sea la adecuada para el caso que se necesite, puesto que si escoge una trampa con una capacidad inferior a la que se necesita puede llegar a

ocasionar una baja eficiencia del artefacto y por consiguiente dejar avanzar a sistemas posteriores grasas y aceites.

Para el dimensionamiento existen dos métodos planteados por el PDI-G 101 por sus siglas en inglés el instituto de plomería para drenaje, dicho instituto tiene como finalidad determinar procedimientos certificados de prueba, clasificación e instalación para interceptores de grasas<sup>17</sup>.

El primer método es el siguiente; Ver Imagen 19.

Imagen 19. Dimensionamiento de un trampa de grasas 1.

Paso	Fórmula	Ejemplo
1	Determine el volumen contenido, multiplicando largo x ancho x alto	Un fregadero de 24" de largo por 20 de ancho y 12 de prof. $V = 24 \times 20 \times 12 = 5760$ cu.in. (multiplique $2.54^3$ y tiene en $cm^3$ )
2	Determine la capacidad en galones, 1 galón = 231 cu.in)	Contenido = 24,9 galones = 94,45 litros
3	Determine la carga real de drenaje El accesorio usualmente se haya lleno al 75% de su capacidad, esto por cuanto los elementos a lavar desplazan cerca del 25% del contenido Carga real de drenaje: 0.75 de la capacidad del accesorio	Carga real de drenaje: $0.75 \times 24.9 = 18.7$ galones $(0.75 \times 94.45 = 70.84)$ litros
4	Determine la razón de flujo y el período de drenaje La práctica sugiere un minuto de período de drenaje, sin embargo, cuando las condiciones lo permiten, un período de drenaje de dos minutos es aceptable. Período de drenaje se define como el tiempo requerido para vaciar todo el contenido en el accesorio $\text{Razón de flujo} = \frac{\text{Carga real de drenaje}}{\text{Período de drenaje}}$	Calcule la razón de flujo para un período de drenaje de un minuto $18.7 / 1 = 18.7$ GPM. Razón de flujo $(70.84 / 1 \text{ min} = 70.84 \text{ LPM})$ Calcular la razón de drenaje para un período de dos minutos $18.7 / 2 = 9.4$ GPM. Razón de flujo $(70.84 / 2 \text{ min} = 35.42 \text{ LPM})$
5	Seleccionar el interceptor De la tabla B seleccione el interceptor con una razón de flujo mayor o igual a la razón de flujo calculada. Cuando la razón de flujo queda entre dos tamaños, seleccione la TPG más grande	Para un período de drenaje de un minuto: Razón de flujo 18.7GPM (70.84 LPM) => 20GPM TPG Para un período de drenaje de dos minutos Razón de flujo: 9.4 GPM — 10GPM

Fuente: Durman. Disponible en <http://www.durman.com.co>

El segundo método es aún más sencillo y radica esencialmente en el flujo que debe soportar la trampa de grasa y en base a esto se busca un parámetro normalizado por el PDI-G 101. Ver Imagen 20.

<sup>17</sup> PLUMBING & DRAIMAGE INSTITUTE. North Andover. USA. Disponible en: <http://www.pdionline.org/about-pdi/>

Imagen 20. Dimensionamiento de un trampa de grasas 2

Símbolo del Tamaño, PDI	4	7	10	15	20	25	35	50
Razón de flujo, Galones por minuto (GPM)	4	7	10	15	20	25	35	50
Razón de flujo, Litros por segundo (LPS)	.25	.44	.63	.95	1.26	1.58	2.20	3.16
Capacidad para grasa, libras (lbs)	8	14	20	30	40	50	70	100
Capacidad para grasa, kilogramos (kg)	3.63	6.35	9.07	13.61	18.14	22.68	31.75	45.36

Fuente: Durman. Disponible en <http://www.durman.com.co>

Para el dimensionamiento de la trampa a utilizar en la planta, se decide optar por el segundo método, ya que conocemos con exactitud el caudal con el que se va a trabajar el lavado de los vehículos, que es de 11l/min

Como se planteó anteriormente la planta debe estar en capacidad de lavar 4 vehículos al tiempo.

$$Q = 11L / \text{min}$$

Donde Q equivale al caudal por vehículo, para hallar el caudal utilizado en 4 vehículos multiplicamos dicho caudal

$$Q = 11L / \text{min} * 4$$

$$Q = 44 L / \text{min}$$

Se debe obtener el caudal en litros por segundo para poder utilizar el segundo método

$$Q = \frac{44L}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$Q = 0.73 L / \text{min}$$

Normalizando este caudal al PDI-G 101 encontramos una razón de flujo de 0.95 L/seg y un tamaño PDI de 15

Con el tamaño PDI definido seleccionamos la trampa de grasa, este caso del productor MIFAB con las siguientes características. Ver Imagen 21.

Imagen 21. Modelos de trampa de grasa

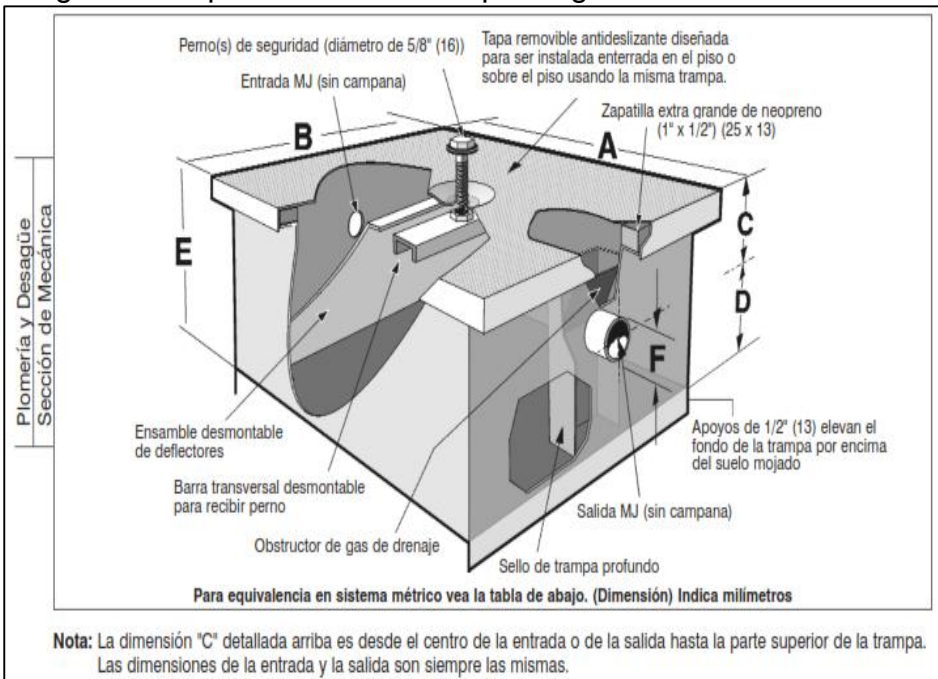
NUMERO DEL MODELO	GPM (USA)	LBS. DE CAPACIDAD	A	B	C	D	E	F	NO. DE TAPAS	NO. DE PERNOS
MI-G-0	4	8	16.75" (419)	11.25" (281)	2.5" (63)	8.5" (213)	11" (275)	2" (50)	1	1
MI-G-1	7	14	17.75" (444)	13.75" (344)	3.5" (88)	8.5" (213)	12" (300)	2" (50)	1	1
MI-G-2	10	20	21.25" (531)	15.75" (394)	3.5" (88)	9.5" (238)	13" (325)	2" (50)	1	1
MI-G-3	15	30	23.75" (594)	15.75" (394)	3.5" (88)	11.5" (288)	15" (375)	2" (50)	1	1
MI-G-4	20	40	23.75" (594)	15.75" (394)	3.5" (88)	14" (350)	17.5" (53)	3" (75)	1	1
MI-G-5	25	50	27.75" (694)	18.75" (469)	3.5" (88)	14" (350)	17.5" (53)	3" (75)	1	1
MI-G-6	35	70	31.25" (781)	23.75" (594)	5.5" (138)	16.5" (413)	22" (550)	3" (75)	2	4
MI-G-7	50	100	31.25" (781)	23.75" (594)	5.5" (138)	18.5" (463)	24" (600)	3" (75)	2	4

**Nota:** Reduzca las dimensiones "A" y "B" en 1" (25) para determinar las dimensiones reales del largo y ancho de la caja. La tapa sobresale 1/2" (13) de la caja por todos los lados.

Fuente: Mifab. Disponible en [www.mifab.com](http://www.mifab.com)

El modelo seleccionado es el MI-G-3 diseñado para soportar instalaciones por debajo del nivel del suelo y posee las siguientes especificaciones. Ver Imagen 22.

Imagen 22. Especificaciones trampa de grasa



Fuente: Mifab. Disponible en [www.mifab.com](http://www.mifab.com)

La conexión entre el sistema de cribado y la trampa de grasas, se va a realizar con tubería sanitaria PVC de 2", el diámetro de la tubería se tuvo en cuenta con el catálogo del productor de la trampa grasa, el cual ya está definido y para el material se tuvo en cuenta su alta durabilidad determinada en más de 50 años, su alto grado

de resistencia a la corrosión, su peso liviano y su superficie lisa que facilita el flujo y rara vez se taponan.

5.1.3 Tanque de almacenamiento. Se hace necesario poseer un tanque en el cual se pueda albergar el agua tratada mediante el pretratamiento, para luego poder transportar el agua al sistema posterior.

Para dimensionar dicho tanque se hace uso de la caracterización que se realizó en la situación actual de los procesos de lavado para determinar un consumo promedio en metros cúbicos diarios. Ver Cuadro 8.

Cuadro 8. Consumo promedio

PROMEDIO(lavado basico)							CONSUMO LTS (semanal)	24079
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	CAUDAL(lts/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$	CONSUMO PROMEDIO LTS (diario)	
SEDAN	86	11	11	10406	13000	1118000		
PICK UP	17	11	14	2618	16000	272000		
CAMIONETA	20	11	14	3080	16000	320000		
VANS	7	11	17	1309	20000	140000		
AMBULANCIA	12	11	18	2376	20000	240000		
<b>total</b>	<b>142</b>			<b>19789</b>		<b>2090000</b>		
PROMEDIO(lavado general)								
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	CAUDAL(lts/min)	TIEMPO DE LAVADO(min)	CONSUMO (lts)	PRECIO \$	INGRESOS SEMANALES \$		
SEDAN	3	11	20	660	20000	60000		
PICK UP	3	11	24	792	25000	75000		
CAMIONETA	2	11	24	528	25000	50000		
VANS	3	11	35	1155	35000	105000		
AMBULANCIA	3	11	35	1155	35000	105000		
<b>total</b>	<b>14</b>			<b>4290</b>		<b>395000</b>		
EL TIEMPO DE LAVADO EXPRESADO EN MINUTOS SE CONTABILIZO CADA VEZ QUE EL OPERARIO HIZO USO DEL RECURSO HIDRICO								

Teniendo en cuenta el consumo promedio diario y que la planta debe ser tipo Bach para economizar costos, se decide diseñar un tanque que en el día haga 2 ciclos de bombeo hacia el sistema primario

5.1.3.1 Dimensionamiento del tanque. Para el determinar sus medidas se tiene

$$CANT = 3439.857143 L = 3.5m^3$$

Ajustando el valor teórico que se había planteado en la caracterización de 1600L y cumpliendo la condición de dos ciclos de bombeo diarios el volumen necesario del tanque sería

$$V = \frac{3.5 m^3}{2} = 1.75m^3$$

Se diseñará un tanque rectangular con las siguientes medidas de almacenamiento

$$V = l * a * h$$

Donde

- ✓ l es el largo del tanque en m
- ✓ a es el ancho en m
- ✓ h la altura en m

$$V = 1.4 * 1.25 * 1 = 1.75m^3$$

Sin embargo, como se había mencionado anteriormente, la razón de uso de dicho tanque no solo tiene que ver como estación de bombeo, sino que además posee una función extra que es abarcar un plan de contingencia por si llegase a fallar el bombeo o fuera necesario albergar el agua por un tiempo mayor al que fue diseñado, por lo cual se decide implementar un desagüe a 10 de cm de altura máxima del agua y la fuente de alimentación de agua a 10 cm del desagüe.

Para su construcción se establecen paredes de 5 cm de concreto impermeable que deben cumplir las siguientes características según Romero<sup>18</sup>

- ✓ Cemento libre de humedad por el almacenamiento.
- ✓ Arena limpia y variable entre muy fina y ¼”
- ✓ Proporciones de mezcla.

Ver Tabla 10.

Tabla 10. Proporciones de mezcla

Tamaño de grava en pulgadas	Cemento (volumen)	Agua (volumen)	Arena (volumen)	Grava (volumen)
1 ½	1	¾	2 ¼	3
¾	1	¾	2 ½	2 ½

- ✓ El tanque debe fundirse en una sola operación para evitar problemas de infiltración de agua causadas por juntas de construcción
- ✓ Para que exista un buen curado, el concreto debe mantenerse húmedo por siete días.

---

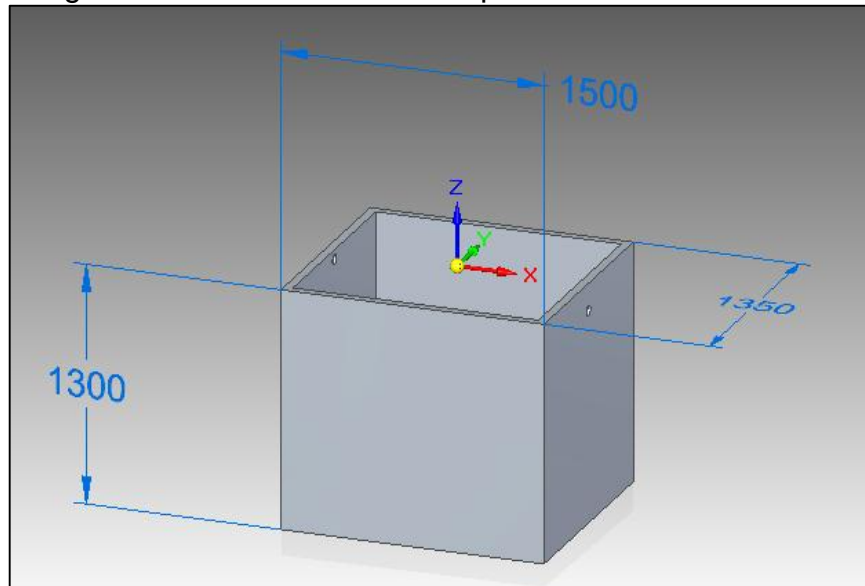
<sup>18</sup> ROMERO, *Op. cit.* p.25

Con esto las medidas de construcción serían:

- ✓ b igual 1.5 m
- ✓ a igual a 1.35 m
- ✓ h igual a 1.3 m
- ✓ O1 es la distancia del fondo al agujero de desagüe 1.1 m
- ✓ O2 es la distancia del fondo al agujero de llenado 1.2 m

Ver Imagen 23.

Imagen 23. Dimensiones del tanque de almacenamiento



El diámetro exterior de los agujeros corresponde a las medidas otorgadas por el manual de Pavco sobre tuberías sanitarias de PVC. Ver Imagen 24.



Imagen 24. Portafolio de productos PAVCO

		Tuberías Sanitarias PAVCO							
		Diámetro Nominal	Referencia	Diámetro Exterior Promedio		Diámetro Interior Promedio		Espesor de Pared Mínimo	
		pulg.		mm	pulg.	mm	mm	pulg.	kg/m
<b>Tuberías Sanitarias y Aguas Lluvias</b> Presión de Prueba: 0.35 MPa - 50 PSI  NTC 1087	1.1/2	2900319	48.26	1.90	42.68	2.79	0.11	0.64	
	2	2902515	60.32	2.37	54.48	2.92	0.11	0.84	
	3	2902517	82.56	3.25	76.20	3.18	0.12	1.27	
	4	2900331	114.30	4.50	107.70	3.30	0.13	1.84	
	6	2900336	168.28	6.62	160.04	4.12	0.16	3.41	
<b>Tuberías Ventilación</b>  NTC 1087	1.1/2	2900338	48.26	1.90	45.22	1.52	0.06	0.36	
	2	2900341	60.32	2.37	56.76	1.78	0.07	0.53	
	3	2900344	82.56	3.25	79.00	1.78	0.07	0.73	
	4	2900347	114.30	4.50	110.08	2.11	0.08	1.20	
<b>Tuberías Sanitarias Novatec</b> La longitud normal de los tubos es de 6 mt.	2	2900323	60.32	2.37	54.48	2.92	0.11	0.84	
	3	2900326	82.56	3.25	76.20	3.18	0.12	1.27	
	4	2900330	114.30	4.50	107.70	3.30	0.13	1.84	
	6	2900335	168.28	6.62	160.04	4.12	0.16	3.41	

Fuente: Pavco. Disponible en [www.pavco.com](http://www.pavco.com)

## 5.2 SISTEMA PRIMARIO.

El objetivo de este sistema es otorgarle a la planta la capacidad de tratar el agua por medio de un sedimentador primario, constituido por un agitador que otorga la capacidad de crear un floc de lodo en la parte inferior del tanque, para poder eliminar los sólidos suspendidos en el agua y mejorar la calidad de ella, esto se logra mediante unas revoluciones del agitador que varían según la calidad del agua y unos agentes químicos utilizados para facilitar la formación del floc.

5.2.1 Sedimentador. El tanque a diseñar va a ser cilíndrico, con una capacidad de almacenamiento de líquido de 3500 L, esto como resultado del sistema de operación tipo Bach de la planta y siguiendo lo planteado de dos ciclos de pretratamiento por un ciclo de tratamiento primario, para evitar costos excesivos en el servicio de luz por el uso de las bombas.

Contará con un final del tanque tipo cono para la acumulación del floc que facilitaría su disposición final, al orientar el floc que se formará hacia la tubería de extracción, con una altura del lodo de 30-40 cm según como lo establece.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> ROMERO. *Op. Cit.*, p.25

Las revoluciones del agitador, el tiempo de uso y los agentes químicos utilizados serán propios de un estudio de tratabilidad de agua residual.

5.2.2 Velocidad de giro e impulsor del agitador son parámetros esenciales en el diseño del agitador ya que garantizan la correcta mezcla de los componentes

Las revoluciones a las que va a trabajar el agitador mecánico, tienen como referencia a la prueba industrial que se realiza para el ensayo de coagulación-floculación o método de jarras la cual está constituida por la norma técnica colombiana “ NTC 3903” en donde expresa lo correspondiente al rango de RPM que debe poseer el sistema de agitador en su numeral 7.1 “Se debe usar un agitador de posición múltiple con variación continua de la velocidad desde aproximadamente 20 rpm hasta 150 rpm (con un tacómetro). Las paletas de agitación deben ser todas de la misma configuración y tamaño, hechas de material de calibre ligero resistente a la corrosión”<sup>20</sup>.

Para la fase de diseño se opta por 120 RPM, ya que según la norma técnica del ensayo de jarras en su numeral 10.3 son las revoluciones de inicio del ensayo de floculación.

El tipo de impulsor a utilizar en el diseño del agitador mecánico debe cumplir con su capacidad de operar a bajas velocidades comprendidas entre 20 y 150 RPM.

Cumpliendo con estos requisitos se decide diseñar un impulsor de paletas planas, que produce un flujo radial y nos proporciona el rango de RPM necesarias, además de esto tiene un rango de operación en fluidos con viscosidad hasta los 0.11 P.as

El material para su construcción será el acero inoxidable AISI 316L utilizado para piezas con alta resistencia a la corrosión localizada, esto teniendo en cuenta el ambiente húmedo al que va a ser expuesto el agitador. El acero AISI 316L cuenta con las siguientes características<sup>21</sup>. Ver Imagen 25 y 26.

---

<sup>20</sup> NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 3903. Procedimiento para el ensayo de coagulación-floculación en un recipiente con agua o método de jarras. Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19429, USA.

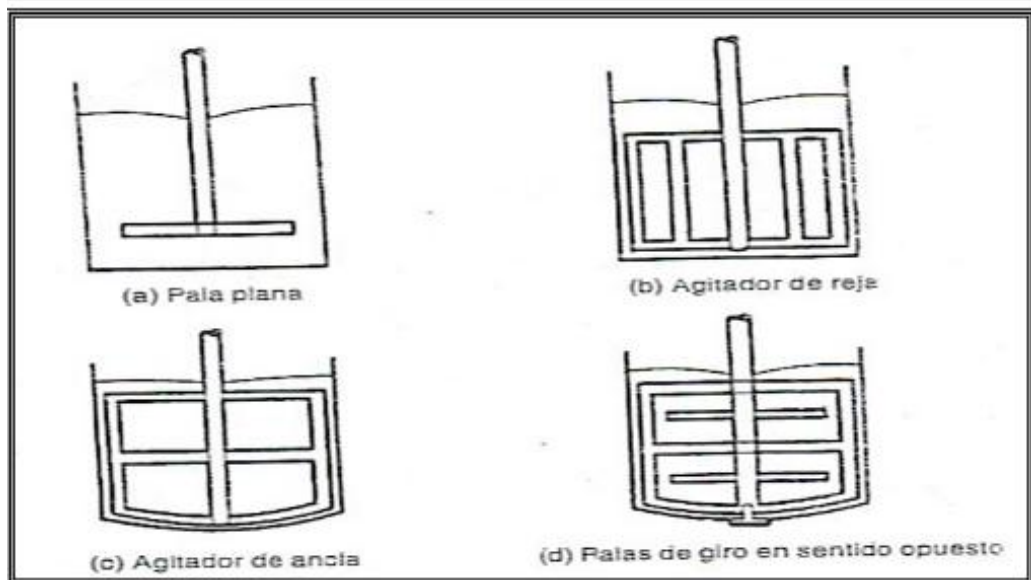
<sup>21</sup> CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES SEGÚN NORMA AISI. Disponible en <http://www.multimet.net/pdf/clasificacionaceros.pdf>

Imagen 25. Propiedades del acero AISI 316

<b>Propiedades Eléctricas</b>	
Resistividad Eléctrica ( $\mu\text{Ohmcm}$ )	70-78
Coefficiente de Temperatura ( $\text{K}^{-1}$ )	-
<b>Propiedades Físicas</b>	
Densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	7,96
Punto de Fusión (C)	1370-1400
<b>Propiedades Mecánicas</b>	
Alargamiento (%)	<60
Dureza Brinell	160-190
Impacto Izod ( $\text{J m}^{-1}$ )	20-136
Módulo de Elasticidad (GPa)	190-210
Resistencia a la Tracción (MPa)	460-860
<b>Propiedades Térmicas</b>	
Calor Especifico a 23C ( $\text{J K}^{-1} \text{kg}^{-1}$ )	502
Coefficiente de Expansión Térmica @20-100C ( $\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ )	16-18
Conductividad Térmica a 23C ( $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ )	16,3

Fuente: AISI 316. Disponible en <http://www.goodfellow.com>

Imagen 26. Turbina de hojas planas



Fuente:Agitadores.Disponible <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitador>

5.2.3 Geometría del tanque de agitación. Dentro del diseño del agitador existen variables que interactúan de manera directa con lo que se pretende, dichas variables van de mano con las necesidades y los objetivos particulares de la agitación como lo son la velocidad de circulación o el consumo de potencia.

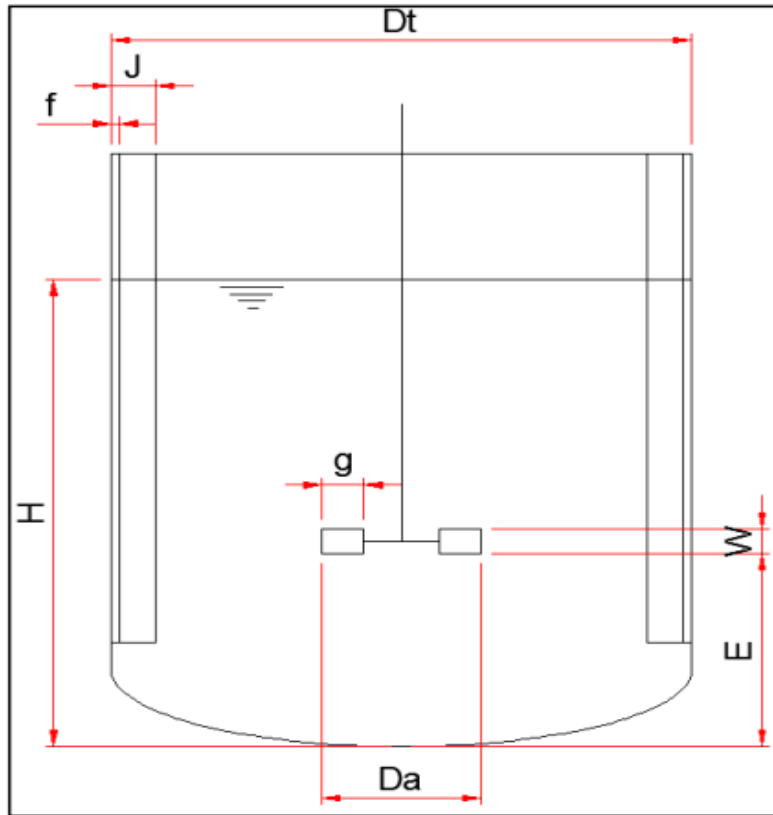
Tomando esto como punto de partida se tienen en cuenta las semejanzas en medidas geométricas que debe poseer el tanque según el tipo de impulsor que se tenga.

Estas relaciones geométricas son;

- ✓ Diámetro del tanque ( $D_t$ )
- ✓ Diámetro de palas ( $D_a$ )
- ✓ Altura del fluido ( $H$ )
- ✓ Distancia desde el fondo hasta el impulsor ( $E$ )

A continuación, se presentan dichas relaciones para el caso del tipo de impulsor turbina de palas planas con la modificación de las medidas del impulsor que en este caso será de paletas planas. Ver Imagen 27.

Imagen 27. Semejanzas geométricas de diseño



Fuente: Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. Vladimir Castillo Uribe.

Tabla 11. Relaciones geométricas impulsor tipo turbina

$H/D_t=1$	$D_a/D_t=0.33$	$E/D_t=0.33$
$W/D_a=0.2$	$f/D_t=0.02$	$J/D_t=0.1$

Fuente: Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. Vladimir Castillo Uribe.

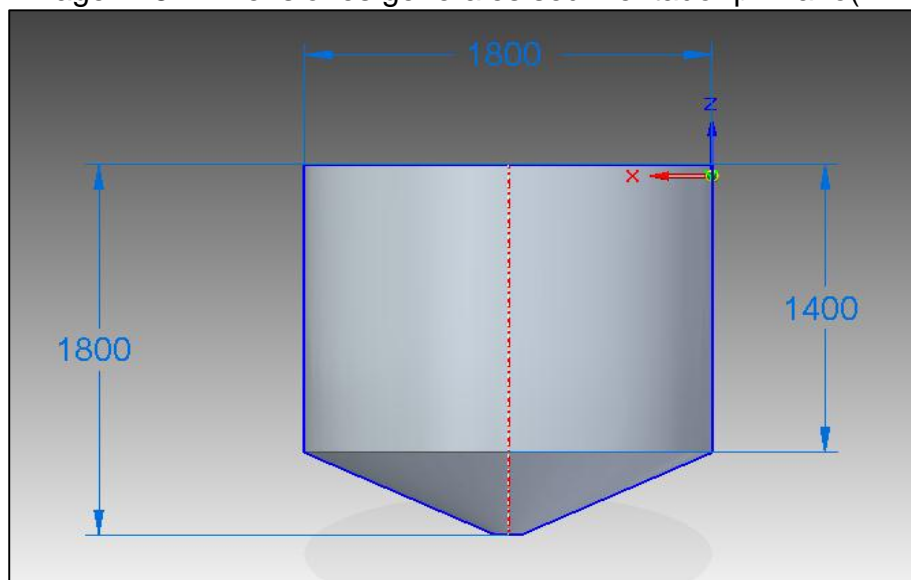
Para el dimensionamiento del tanque hay que tener en cuenta que él va a recibir una carga de 3500 como se había planteado anteriormente pero también debe tener la capacidad de almacenar la altura de lodo de 0.4m ya que es posible que el lodo tome largas horas de formación antes de su disposición final, dicho tiempo solo se podrá calcular mediante pruebas de tratabilidad del agua, es por esto que durante la fase de diseño se debe tener en cuenta el volumen que ocupa el lodo.

Con esto se pudo obtener las medidas que debe poseer el tanque de agitación que se va a diseñar, con un volumen de 3500L más el volumen ocupado al final del tanque tipo cono, que será el volumen ocupado por el floc sedimentado igual a  $0.0149m^3$  hasta cuando se le dé su disposición final.

- ✓ Dt equivale al diámetro del tanque igual a 1.8 mts
- ✓ H sería la altura de la lámina de agua dentro del tanque igual a 1.8 mts.

Ver Imagen 28.

Imagen 28. Dimensiones generales sedimentador primario(mm)



El tanque será construido en acero AISI 316 y tendrá un espesor de 20 mm y para comprobar que dicho espesor soporte los esfuerzos que se producen tanto por el peso del tanque como por la presión que ejerce el agua se realizan los cálculos de esfuerzo circunferencial y esfuerzo longitudinal.

- ✓ Esfuerzo circunferencial

Es necesario conocer si el tanque es considerado pared delgada y para esto debe cumplir con la condición

$$\frac{r}{t} > 10$$

En este caso se tiene que

$$\frac{0.9mts}{0.02mts} = 45 > 10$$

Con esta condición cumplida se aplica la ecuación

$$\sigma_1 = \frac{Pr}{t}$$

Donde

- ✓ P es la presión que ejerce el agua sobre el tanque en Pa
- ✓ r es el radio del tanque en m
- ✓ t espesor del tanque en m

para determinar la presión hidrostática que ejerce el agua se aplica la ley de pascal

$$P = \gamma * h$$

Donde

- ✓  $\gamma$  peso específico del agua en  $N/m^3$ <sup>22</sup>
- ✓ h altura de la lamina de agua en m

$$P = 9777 * 1.8 = 17598.6 Pa$$

Con esto el esfuerzo circunferencial tendría una magnitud de

$$\sigma_1 = \frac{17598.6 * 0.9}{0.02} = 746930 Pa = 746.93KPa$$

- ✓ Esfuerzo longitudinal

Se produce debido a que el peso del tanque esta sostenido uniformemente por las paredes y cumple la siguiente ecuación

$$\sigma_2 = \frac{Wac}{Aac}$$

---

<sup>22</sup> METCALF & EDDY, INC. *Ingeniería de aguas residuales*. Mc Graw Hill. 3ª Edición (1995). Recuperado de: <http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Tablas/Aguas/PropiedadesFisicasAgua.htm>

Donde

- ✓  $W_{ac}$  es el peso del acero en Kg
- ✓  $A_{ac}$  es el área que ocupa el acero en  $m^2$

Para determinar el  $W_{ac}$  es necesario multiplicar el peso específico del acero por el volumen que ocupa

$$W_{ac} = \gamma_{ac} * V_{ac}$$

El peso específico del acero es de  $7950 \text{ kg/m}^3$  según sus propiedades físicas.<sup>23</sup>

En este caso el tanque posee dos figuras geométricas diferentes por lo cual para hallar su respectivo volumen se realiza de manera separada.

Para la parte cilíndrica se tiene

$$V = (\pi * r_{ext}^2 * h) - (\pi * r_{int}^2 * h)$$

$$V = (\pi * 0.9^2 * 1.4) - (\pi * 0.88^2 * 1.4) = 0.1565m^3$$

Para el final del tanque tipo cono se tiene

$$V = \left( \frac{\pi * r_{ext}^2 * h}{3} \right) - \left( \frac{\pi * r_{int}^2 * h}{3} \right)$$

$$V = \left( \frac{\pi * 0.9^2 * 0.4}{3} \right) - \left( \frac{\pi * 0.88^2 * 0.4}{3} \right) = 0.0149m^3$$

Con esto ya se puede obtener el peso del acero

$$W_{ac} = 7950 * (0.1565 + 0.0149) = 1362.63kg$$

Para obtener el área que ocupa el acero es necesario repetir el proceso que se realizó para hallar los volúmenes, tratando las figuras geométricas por aparte. El área del cilindro está dada bajo la fórmula

$$A_{cilindro} = \pi * r_{ext}^2 - \pi * r_{int}^2$$

---

<sup>23</sup> TABLAS TECNICAS DEL ACERO INOXIDABLE. Aproximada de calidades del acero inoxidable entre normas. Disponible en: <http://data.irestal.com/files/files/2012030204152933979.pdf>



$$A \text{ cilindro} = (\pi * 0.9^2) - (\pi * 0.88^2) = 0.111m^2$$

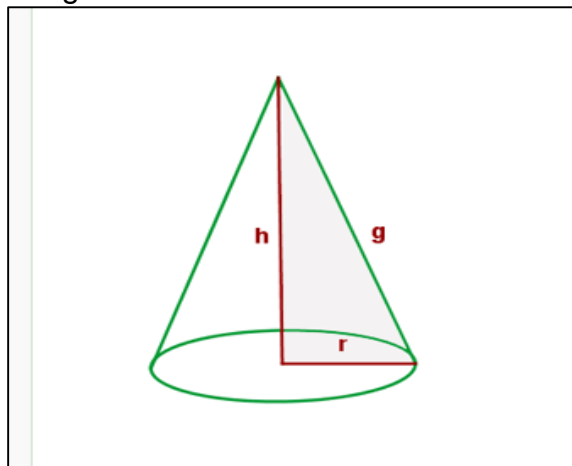
El área del cono está dada bajo la fórmula

$$A \text{ cono} = [\pi * r_{ext} * (g + r_{ext})] - [\pi * r_{int} * (g + r_{int})]$$

Donde

✓  $g$  es la generatriz del cono y se halla mediante el teorema de Pitágoras  
Ver Imagen 29.

Imagen 29. Área de un cono.



Fuente: área de un cono. Disponible en <http://www.vitutor.net>

✓  $g$  de radio externo

$$g = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$g = \sqrt{0.4^2 + 0.9^2} = 0.984 \text{ m}$$

✓  $g$  de radio interno

$$g = \sqrt{0.4^2 + 0.88^2} = 0.966 \text{ m}$$

Con esto el área del cono quedaría con la siguiente magnitud

$$A \text{ cono} = [\pi * 0.9 * (0.984 + 0.9)] - [\pi * 0.88 * (0.966 + 0.88)] = 0.223m^2$$

Reemplazando estos datos en la ecuación de esfuerzo longitudinal, encontramos la siguiente magnitud

$$\sigma_2 = \frac{1362.63}{0.223 + 0.111} = \frac{4079.730kg}{m^2} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 40022.15 Pa$$

Los valores obtenidos por los esfuerzos hallados se deben comparar con el valor de tensión máxima admisible, que es el cociente entre el esfuerzo de fluencia del material y el factor de seguridad otorgado que en este caso se asumirá con un valor de 2, ya que para cargas livianas se toma con valor de 1.5 y cargas pesadas con un valor de 2.5, se asume el promedio de los factores de seguridad

$$\sigma_t = \frac{268895KPa}{2} = 134447.5KPa$$

Comparando los valores de los esfuerzos obtenidos se puede decir que son esfuerzos que no alcanzarían a afectar la integridad del tanque y que el espesor del tanque es un espesor adecuado para la construcción.

Las medidas generales faltantes quedan de la siguiente manera.

- ✓ Diámetro impulsor

$$Da = Dt * 0.33$$

$$Da = 1.8 mts * 0.33 = 0.594 m$$

- ✓ Distancia del fondo del tanque al impulsor

$$E = Dt * 0.33$$

$$E = 1.8 mts * 0.33 = 0.594 m$$

- ✓ Ancho de paleta

$$W = Da * 0.2$$

$$W = 0.594 mts * 0.2 = 0.1188m$$

- ✓ Ancho placa deflectora

$$\frac{J}{Dt} = 0.1$$

$$J = 1.8 mts * 0.1 = 0.18m$$

- ✓ Distancia entre placa y tanque del agitador

$$\frac{f}{Dt} = 0.02$$

$$f = 1.8 \text{ mts} * 0.02 = 0.036m$$

- ✓ La altura total del tanque se establece en 2m, considerando las conexiones de tubería por las cuales ingresa el agua al recipiente

5.2.4 Cálculo de potencia. Determinar la potencia correcta es de vital importancia ya que el agitador debe tener la habilidad de llevar el fluido hasta las partes más alejadas del tanque, donde la turbulencia juega un papel importante, obteniendo con esto que las corrientes estén adecuadamente dirigidas generando gradientes de velocidades adecuados en el líquido. Todo esto consume energía por lo tanto es necesario determinar de manera correcta la potencia del agitador.

Dicha potencia se puede obtener empleando números adimensionales que se relacionan a través de gráficos como lo es el número de Reynolds que nos determina si el tipo de fluido es laminar o turbulento.

- ✓  $Re < 2000$  determina un flujo laminar
- ✓  $2000 < Re < 4000$  determina un régimen transitorio
- ✓  $Re > 4000$  determina un flujo turbulento

Se inicia determinando el número Reynolds, que de manera adimensional nos permite caracterizar el flujo del fluido relacionando densidad, viscosidad, velocidad y la dimensión del flujo

$$Re = \frac{Nd^2\rho}{\mu}$$

Donde;

- ✓ N velocidad de rotación en revoluciones por segundo (rps)
- ✓ d diámetro del impulsor (m)
- ✓  $\rho$  densidad del fluido ( $kg/m^3$ )
- ✓  $\mu$  viscosidad (Pa.s)

Para este caso se poseen los siguientes valores para las diferentes variables

- ✓ Velocidad de rotación (rps)= 120 RPM velocidad máxima de agitación =2 rps

- ✓ d diámetro del impulsor (m)= 0.594 m
- ✓  $\rho$  densidad del fluido ( $kg/m^3$ )= 997  $kg/m^3$
- ✓  $\mu$  viscosidad (Pa.s)= 0,890\*10<sup>-3</sup> Pa.s

Reemplazando obtenemos un numero Reynolds

$$Re = \frac{2 * 0.594^2 * 997}{0,890 * 10^{-3}}$$

$$Re = 790.511 * 10^3$$

Obteniendo con esto un régimen turbulento del fluido, para luego aplicar la ecuación de potencia característica para este tipo de régimen en el fluido<sup>24</sup>.

$$P = KT * N^3 * da^5 * \rho$$

Donde

- ✓ P en W
- ✓ KT constante de agitación para régimen turbulento
- ✓ N revoluciones del agitador en (rps)
- ✓ da diámetro del impulsor en (m)
- ✓  $\rho$  densidad del fluido en ( $kg/m^3$ )

Para determinar la potencia tenemos los siguientes datos del fluido y del impulsor.

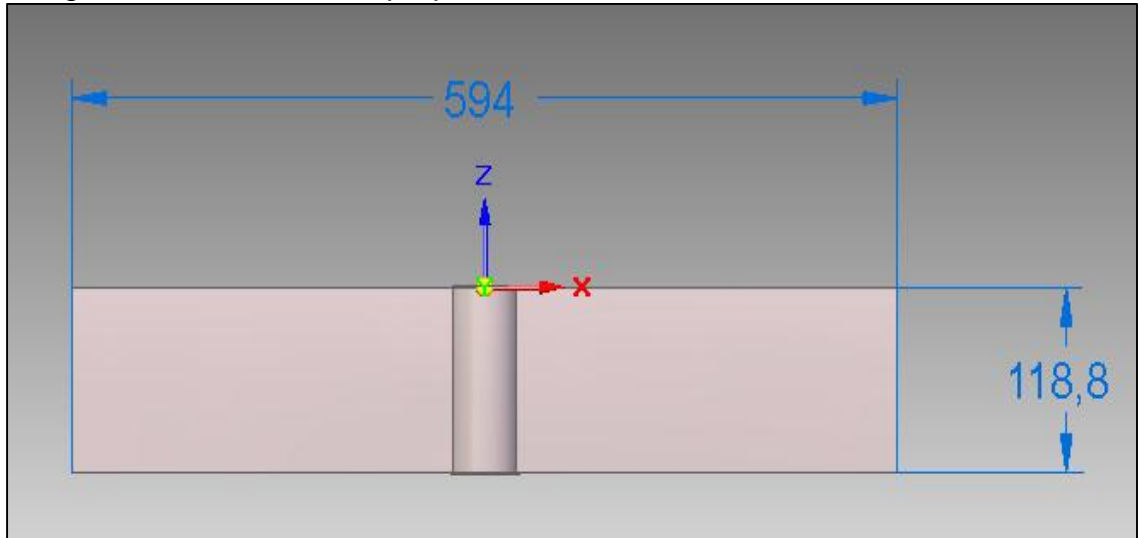
- ✓ Velocidad de rotación (rps)= 120 RPM velocidad máxima de agitación =2 rps
- ✓ d diámetro del impulsor (m)= 0.594 m
- ✓  $\rho$  densidad del fluido ( $kg/m^3$ )= 997  $kg/m^3$

---

<sup>24</sup> CASTILLO URIBE Vladimir. Diseño de un agitador. Disponible en línea [http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo\\_Urbe\\_Vladimir.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Urbe_Vladimir.pdf)

Se tiene en cuenta de igual manera las medidas con las que se va a fabricar la propela del agitador para poder seleccionar la constante adecuada

Imagen 30. Medidas de la propela.



La relación de medidas para seleccionar la constante de agitación involucra el diámetro total de la propela y el ancho de la paleta

$$kt = \frac{Di}{Wi} = \frac{594}{118} = 5$$

Para determinar la constante KT se hace uso de la siguiente tabla, en donde se define el tipo de impulsor de palas planas de dos hojas. Ver Tabla 12.

Tabla 12. Constantes de potencia

Tipo de agitador	$K_L$	$K_T$
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	41	0,32
Hélice, paso 2, 3 palas	43,5	1
Turbina de disco con 4 palas planas	60	5,31
Turbina de disco con 6 palas planas	65	5,75
Turbina con 6 palas curvas	70	4,8
Turbina de ventilador, 6 palas 45 °	70	1,65
Turbina cerrada de 6 palas curvas	97,5	1,08
Turbina cerrada por anillo difusor sin tabiques deflectores	172,5	1,12
Palas planas, 2 hojas, $D_i/W_i = 4$	43	2,25
Palas planas, 2 hojas, $D_i/W_i = 6$	36,5	1,7
Palas planas, 2 hojas, $D_i/W_i = 8$	33	1,15
Palas planas, 4 hojas, $D_i/W_i = 6$	49	2,75
Palas planas, 6 hojas, $D_i/W_i = 6$	71	3,82

Fuente: Coagulación y floculación. Disponible en <http://www.miliarium.com>

Determinada la constante  $K_T$  con un valor de 1.7 se determina la potencia

$$P = 1.7 * 2^3 * 0.594^5 * 997$$

$$P = 1002 \text{ w}$$

Teniendo en cuenta esto se llega a una potencia, con la cual se debe hacer la selección del motor de catálogos de fabricantes

$$P = 1.3 \text{ Hp}$$

Se normaliza la potencia para selección el motor de un fabricante a 1.5 Hp, sin embargo, los motores eléctricos giran a grandes RPM que no serían las adecuadas

para la agitación, es por esto que se selecciona un motorreductor partiendo de los siguientes requisitos

- ✓ Potencia determinada en 1.5 hp
- ✓ RPM de agitación máxima determinadas en 120 RPM
- ✓ Torque necesario determinado mediante la ecuación

$$T = \frac{63025 * HP}{n}$$

Donde



- ✓ T es torque en Lb.in
- ✓ HP es la potencia determinada por medio de la agitación en régimen turbulento
- ✓ n revoluciones a las que debe girar el eje agitador en rpm

$$T = \frac{63025 * 1.5}{120} = 787.8$$

Con estos datos se debe remitir a un catálogo de fabricante de motorreductores, que permita la instalación vertical del sistema de potencia y que ofrezca una protección suficiente contra la corrosión, ya que el sistema va a estar expuesto a la intemperie.

Se selecciona el sistema de reducción con referencia "SK 372.1". Ver Imagen 31.

Imagen 31. Selección de motorreductor

Motor Power $P_n$ [hp]	Output Speed		Service Factor $f_s$	AGMA Class	Gear Ratio $i_{gr}$	Standard Bearings		Heavy Duty Bearings (VL)		Model Type 	Weight  [lb]	Dim. Page
	$n_2$ [rpm]	$T_2$ [lb-in]				$F_{RN}$ OHL [lb]	$F_{AN}$ Thrust [lb]	$F_{RVL}$ OHL [lb]	$F_{AVL}$ Thrust [lb]			
	1.5	470 646 1459 1620				201 146 65 58	0.9 1.4 3.4 3.6	* II III III	3.70 2.69 1.19 1.07			
1.5	363 503 835 889 1508 1620	261 188 113 106 63 58	1.2 2.1 4.1 4.2 5.4 5.5	I III III III III III	4.80 3.46 2.08 1.96 1.15 1.07	444 405 351 340 290 283	713 667 554 526 425 414	1111 1030 1118 1118 1045 1023	1217 1122 991 956 826 809	SK 171.1 - 90 SP/4	40	143
1.5	153 178 199 222 246 270 302 339 377 417 459 540 596 640 699 751	619 532 474 426 385 350 313 279 251 227 206 175 159 148 135 126	1.2 1.4 1.6 1.7 1.9 2.1 2.2 2.6 2.5 2.5 2.5 2.7 2.8 2.8 2.8 3.0	I II II II II III III III III III III III III III III III	11.39 9.79 8.72 7.83 7.08 6.43 5.77 5.14 4.62 4.17 3.79 3.22 2.92 2.72 2.49 2.32	629 629 629 629 629 629 629 629 629 629 629 629 629 629 625 613	877 877 877 877 877 877 877 877 877 877 877 877 877 869 843 809 785	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	SK 172.1 - 90 SP/4	42	146
1.5	242 316 395 561 638 708 870 994 1131 1347 1560	391 299 239 168 148 134 109 95 84 70 61	0.8 1.5 2.3 4.1 5.0 5.5 6.5 6.9 7.1 7.4 7.7	* II III III III III III III III III III III	7.20 5.50 4.40 3.10 2.73 2.46 2.00 1.75 1.54 1.29 1.12	745 690 646 581 559 542 508 487 467 442 421	997 944 899 827 798 762 694 654 619 575 541	1612 1613 1614 1614 1614 1614 1614 1614 1562 1484 1421	1876 1755 1657 1512 1461 1420 1341 1291 1245 1184 1135	SK 371.1 - 90 SP/4	43	149
1.5	51 58 67 76 84 95 105 119	1839 1636 1404 1250 1121 1000 896 792	0.9 1.0 1.2 1.4 1.5 1.8 1.9 2.1	* I I II II II II II III	33.84 30.11 25.85 23.00 20.62 18.40 16.50 14.57	829 864 941 956 963 996 994 1022	2360 2360 2360 2360 2360 2360 2360 2360	1658 1692 1725 1744 1756 1705 1652 1600	2293 2293 2293 2293 2293 2293 2293 2293	SK 372.1 - 90 SP/4	49	152

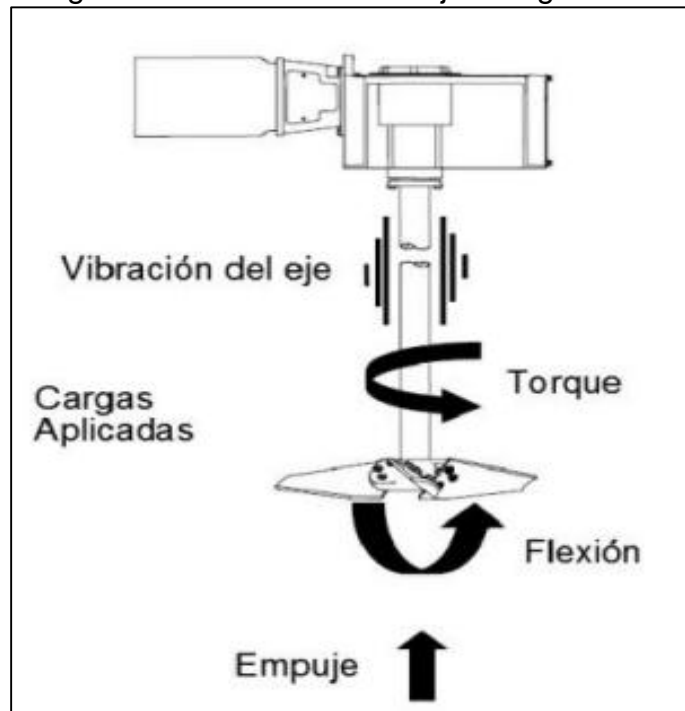
Fuente: Nord pág. 96. Disponible en <https://www.nord.com>

Este motorreductor además de cumplir con los requisitos de selección nos ofrece un factor de servicio con un valor de 2.1, con lo que nos permitiría un rango de operación de más de 10 horas por día, es decir, excede el horario laboral máximo de 8 horas.



5.2.5 Diámetro del eje. Determinar el diámetro que debe poseer el eje con el que va a contar el agitador es sumamente importante, ya que este va a soportar los diferentes esfuerzos presentes y va a transmitir la potencia del motor eléctrico al fluido para su correspondiente mezcla, los esfuerzos característicos son propios de la siguiente imagen. Ver Imagen 32

Imagen 32. Esfuerzos en un eje de agitación



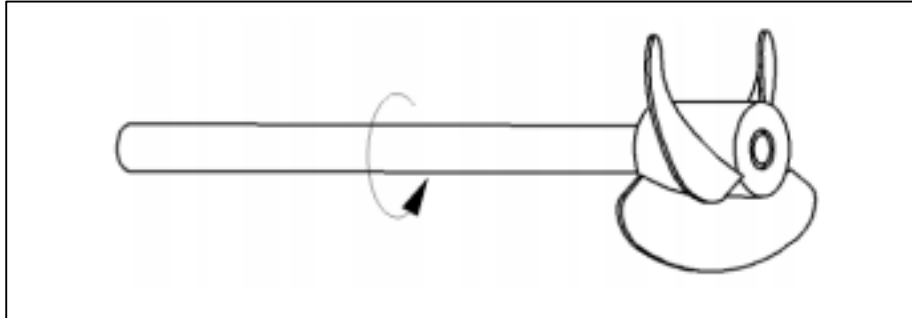
Fuente: BOLÍVAR, Rubén. Análisis, diseño y modelamiento.

✓ Momento torsor

El torque aplicado por el motor eléctrico se transmite a lo largo del eje, ya que se produce por el efecto de una fuerza tangencial y a través del radio de la propela o impulsor que posee el equipo.

Para analizarlo se debe considerar la fuerza  $F$  constante que actúa tangencialmente sobre una flecha de radio  $R$ , que gira unas revoluciones ya establecidas, con esto se determina que el trabajo denominado con la letra  $W$  es igual a la fuerza multiplicada por la distancia y la potencia  $P$  es el trabajo que se realiza en una unidad de tiempo. Ver Imagen 33.

Imagen 33. Trabajo de eje



Fuente: BOLÍVAR, Rubén. Análisis, diseño y modelamiento.

Con esto se llega a la siguiente ecuación

$$W \text{ flecha} = F * V = Mt * \omega$$

Donde

- ✓ W flecha es trabajo de flecha
- ✓ F es fuerza en N
- ✓ V es velocidad en m/s
- ✓ Mt es momento torsor en Nm
- ✓  $\omega$  es velocidad angular en rad/s

Para determinar la velocidad en rad/s se hace uso de la siguiente relación

$$\omega = \frac{2\pi * N}{60}$$

Donde

- ✓ N es revoluciones por minuto RPM

Con esto se puede decir que la potencia que transmite una flecha que gira a unas RPM establecidas está influenciado bajo la aplicación de un momento torsor Mt

$$P = Mt * w$$

$$t = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{\frac{2\pi * N}{60}}$$

Donde

- ✓ Mt es momento torsor en Nm
- ✓ P es potencia en watts
- ✓  $\omega$  es velocidad angular en rad/s

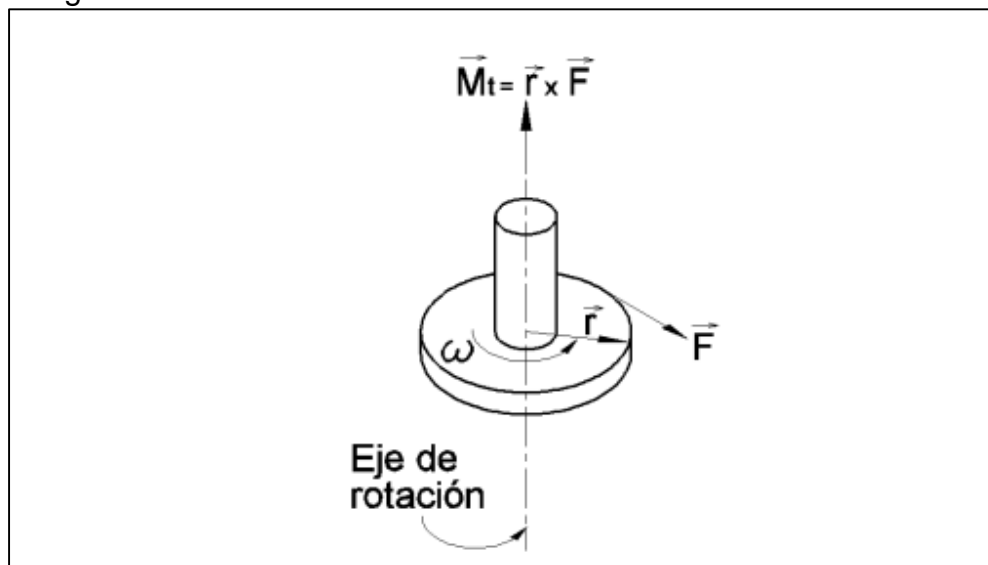
Para este caso ya se conoce la potencia en watts del motor y las revoluciones a las que va girar, las cuales se obtuvieron durante el estudio anterior sobre la potencia del agitador obteniendo un Mt. con el siguiente valor

$$Mt = \frac{1119}{\frac{2\pi * 120}{60}}$$

$$Mt = 89.04 \text{ Nm}$$

Ver Imagen 34.

Imagen 34. Momento torsor



Fuente: BOLÍVAR, Rubén. Análisis, diseño y modelamiento.

Al haber calculado el valor del momento torsor y conociendo el radio de la propela que se va a utilizar, se puede hallar el valor de la fuerza tangencial que se presenta

durante la agitación, hay que tener en cuenta que el tipo de propela y las revoluciones a las que va a trabajar el equipo hacen que la fuerza axial sea considerada con magnitud de cero.

$$Mt = F * r$$

Donde

- ✓ Mt momento torsor en Nm
- ✓ F fuerza en N
- ✓ r radio de la propela en m

$$F = \frac{Mt}{r}$$

Haciendo uso del valor del momento torsor obtenido y del radio de la propela determinado se obtiene el siguiente valor para F

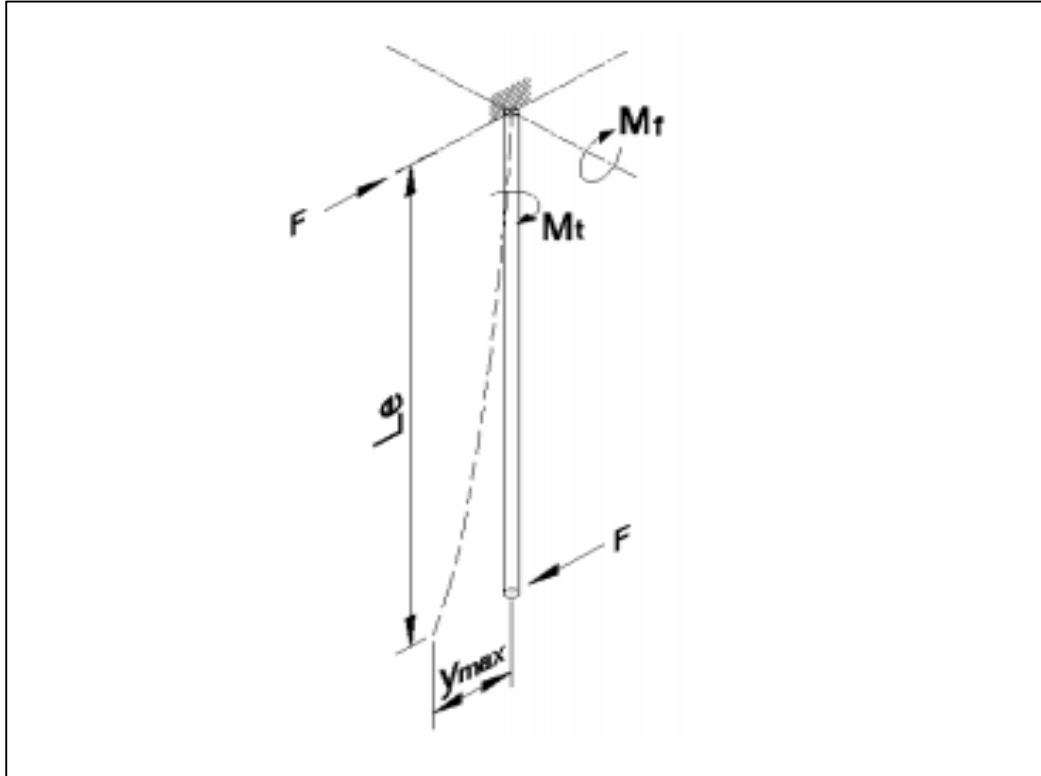
$$F = \frac{89.04}{0.297}$$

$$F = 299.8 \text{ N}$$

- ✓ Momento flector

El eje del agitador al estar unido por uno de sus extremos al acople del motor eléctrico y el otro extremo al estar libre posee un comportamiento como si fuera una viga en voladizo, en donde hace presencia un momento flector. Ver Imagen 35.

Imagen 35. Momento flector



Fuente: BOLÍVAR, Rubén. Análisis, diseño y modelamiento.

Para obtener la magnitud de dicho momento flector se hace uso de la siguiente ecuación

$$Mf = F * Le$$

Donde

- ✓ Mf es momento flector en Nm
- ✓ F tiene un valor de 299.8 N
- ✓ Le es longitud del eje en m

Obteniendo un valor de

$$Mf = 299.8 * 13$$

$$Mf = 388.7 \text{ Nm}$$

- ✓ Dimensionamiento del eje

Al haber obtenido el valor de los esfuerzos críticos, se debe proceder a determinar el diámetro mínimo que debe poseer el eje, para este caso se realizó por medio de la ecuación del libro de diseño de ingeniería mecánica de Shigley.<sup>25</sup>

$$d = \left[ \frac{16 * n}{\pi * sy} * \left( Mf^2 + \frac{3 * Mt^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde

- ✓ d diámetro mínimo del eje en m
- ✓ n es el factor de seguridad
- ✓ sy esfuerzo ultimo del material en Pa
- ✓ Mf momento flector en Nm
- ✓ Mt momento torsor en Nm

Para nuestro caso se tienen las siguientes consideraciones

- ✓ El eje se va diseñar en acero 304L, material que tiene una alta protección contra la corrosión y encaja perfecto al ambiente húmedo en el que se va a utilizar, con un esfuerzo de fluencia de 228 MPa.<sup>26</sup>
- ✓ El factor de seguridad es algo de vital importancia para el diseño de elementos mecánicos, sus valores están comprendidos entre 1.5 para cargas livianas y 2.5 para cargas pesadas, en nuestro caso se decide diseñar con un factor de seguridad de 2

Teniendo en cuenta esto y reemplazando en la ecuación, obtenemos el siguiente resultado:

---

<sup>25</sup> BUDYNAS, Richard; NISBETT, Keith. Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, 8va. Edición. 2008.

<sup>26</sup> PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL ACERO INOXIDABLE. Disponible en: <http://www.wesco.com.co/userfiles/propiedades%20acero%20inox%20serie%20300.pdf>

$$d = \left[ \frac{16 \cdot 2}{\pi \cdot 228 \text{ Mpa}} \cdot \left( 388.7^2 + \frac{3 \cdot 89.04^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

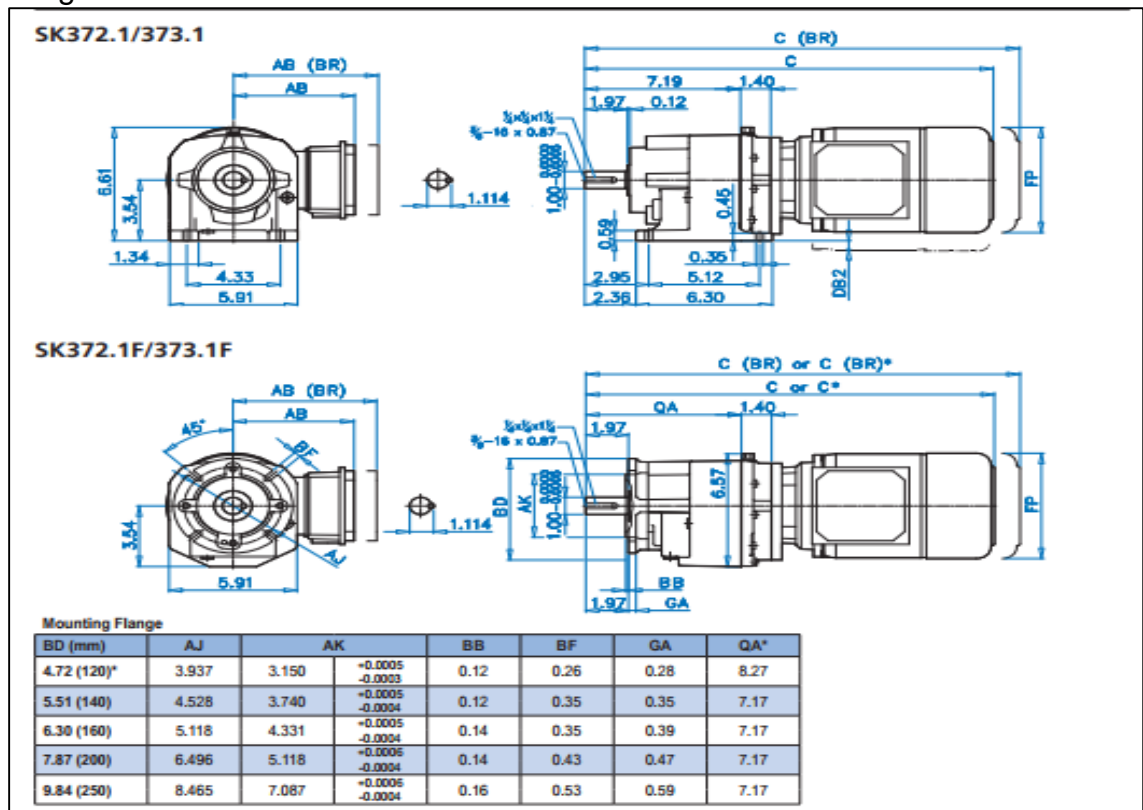
$$d = 0.025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

Se normaliza el diámetro obtenido en 25mm<sup>27</sup>

✓ Acople

Es necesario poseer un acople mecánico que garantice la transmisión del par torsional que genera el motorreductor y que debe transmitir el eje de agitación, para poder determinar los diámetros del acople se debe conocer el diámetro del eje que posee el motorreductor, que para este caso es el SK 372.1 y posee las siguientes dimensiones. Ver imagen 36

Imagen 36. Dimensiones del motorreductor seleccionado



Fuente: Motorreductor. Nord pag 115. Disponible en <https://www.nord.com>

<sup>27</sup> Ejes macizos y ejes huecos métricos y en pulgadas. Información Técnica de Producto TPI 79. Sant Just Desvern · Barcelona. Disponible en: <http://www.apiro.com/CatalogoEjesINA.pdf>

En este caso el eje del motorreductor tiene un diámetro de 1"=25mm, que es igual al diámetro normalizado del eje, con esto se selección un acople rígido que posee las siguientes características. Ver imagen 37.

Imagen 37. Acople rígido

**CLX-16-16-SS - Acoplamiento Rígido**



Clave de producto:	CLX-16-16-SS
Tipo de producto:	Acoplamiento Rígido
Tipo:	de Una Pieza tipo Abrazadera
Material:	Acero Inoxidable 303 (DIN 1.4305)
Acabado:	Brillante
País de origen:	Estados Unidos

**Medidas**

Agujero B1:	1,000 pulg
Agujero B2:	1,000 pulg
Diámetro externo OD:	1 3/4 pulg
Longitud L:	3 pulg
Penetración del eje:	1,500 pulg
Espacio requerido C MAX:	2,049 pulg
Posición del tornillo R:	0,670 pulg

**Tornillos**

Tornillo tipo abrazadera:	1/4 - 28
Material del tornillo:	Acero Inoxidable 18-8 con Nypatch®
Acabado de los tornillos:	Brillante
Torque de apretamiento:	110 libra-pulg
Llave Allen:	3/16 pulg

Fuente: Acoplamiento rígido. Disponible en <http://www.ruland.com>

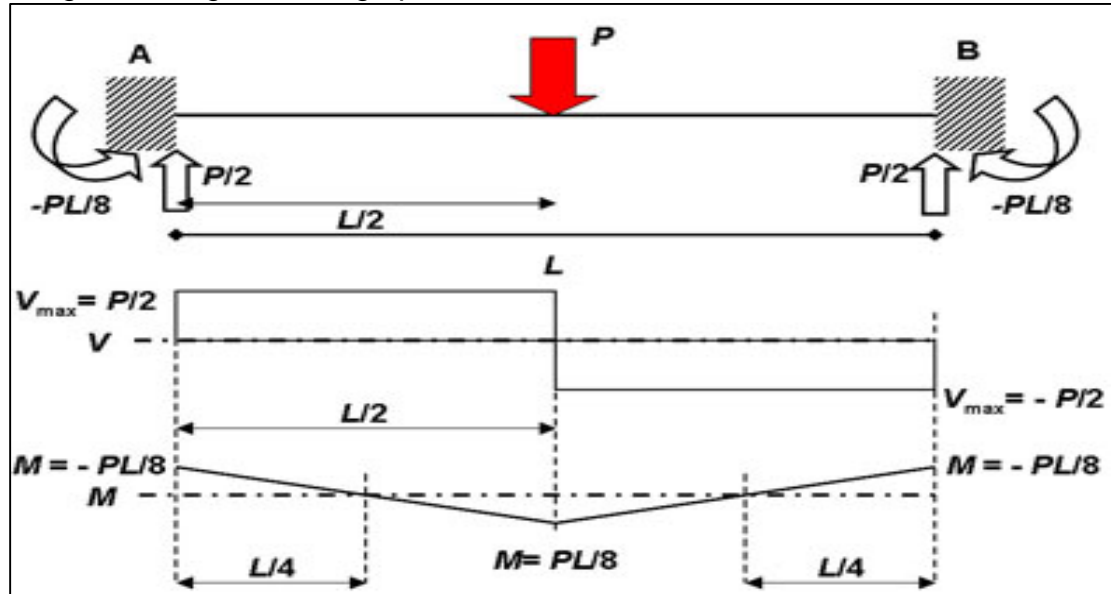
5.2.6 Estructura soporte. Tanto el peso del eje agitador como el peso del tanque total deben tener una estructura que pueda soportar el peso de cada uno de sus componentes y que garanticen la perfecta operación del equipo.

✓ Estructura del eje agitador



Se va a analizar como una viga a flexión con una carga puntual que sería el peso total del eje agitador y con empotramiento a los extremos. Ver Imagen 38.

Imagen 38. Viga con carga puntual



Fuente: Javier Arturo. Vigas empotradas

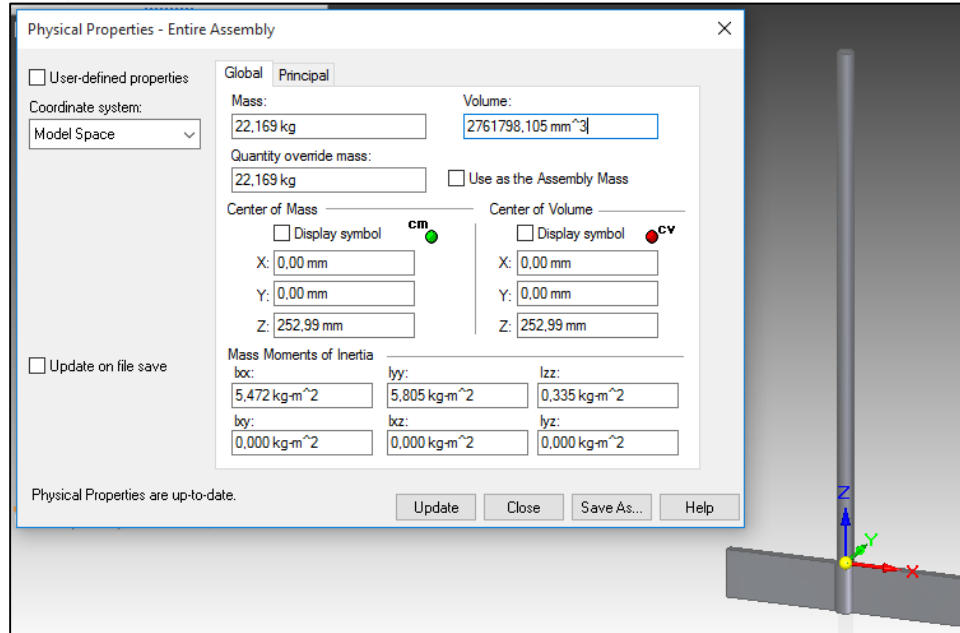
- ✓ La longitud de la viga será de 1.8 m correspondiente al ancho del tanque
- ✓ Para determinar la carga  $P$  que actúa sobre la viga es necesario la suma de todos los pesos de los componentes que va a soportar multiplicada por la acción de la gravedad

$$P = (\text{Peso motorreductor} + \text{peso del eje agitador} + \text{peso de la propela}) * g$$

Donde

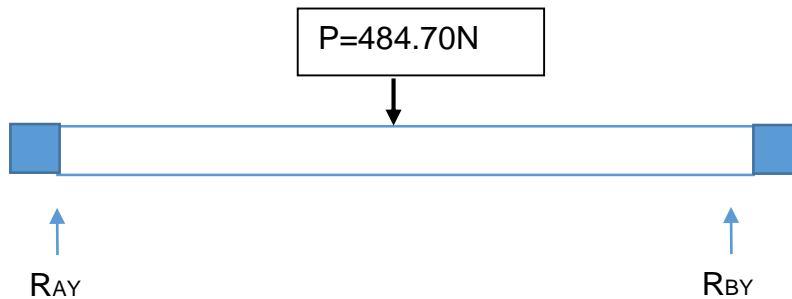
- ✓ La masa del motorreductor teniendo en cuenta el catálogo del fabricante es igual a 60 lbs lo que equivaldría a 27.24 kg
- ✓ Peso del eje agitador más propela se tiene en cuenta los materiales asignados para su construcción y su geometría. Ver imagen 39.

Imagen 39. Propiedades físicas eje agitador con propela



$$P = (27.24kg + 22.169kg) * 9.81 \frac{m}{s^2} = 484.70N$$

Teniendo la magnitud de la carga que se va a aplicar a la viga, se deben conocer el valor de las reacciones en los apoyos y después se procede a realizar los diagramas de esfuerzo cortante y esfuerzo flector para determinar el perfil estructural que soporte la carga a aplicar

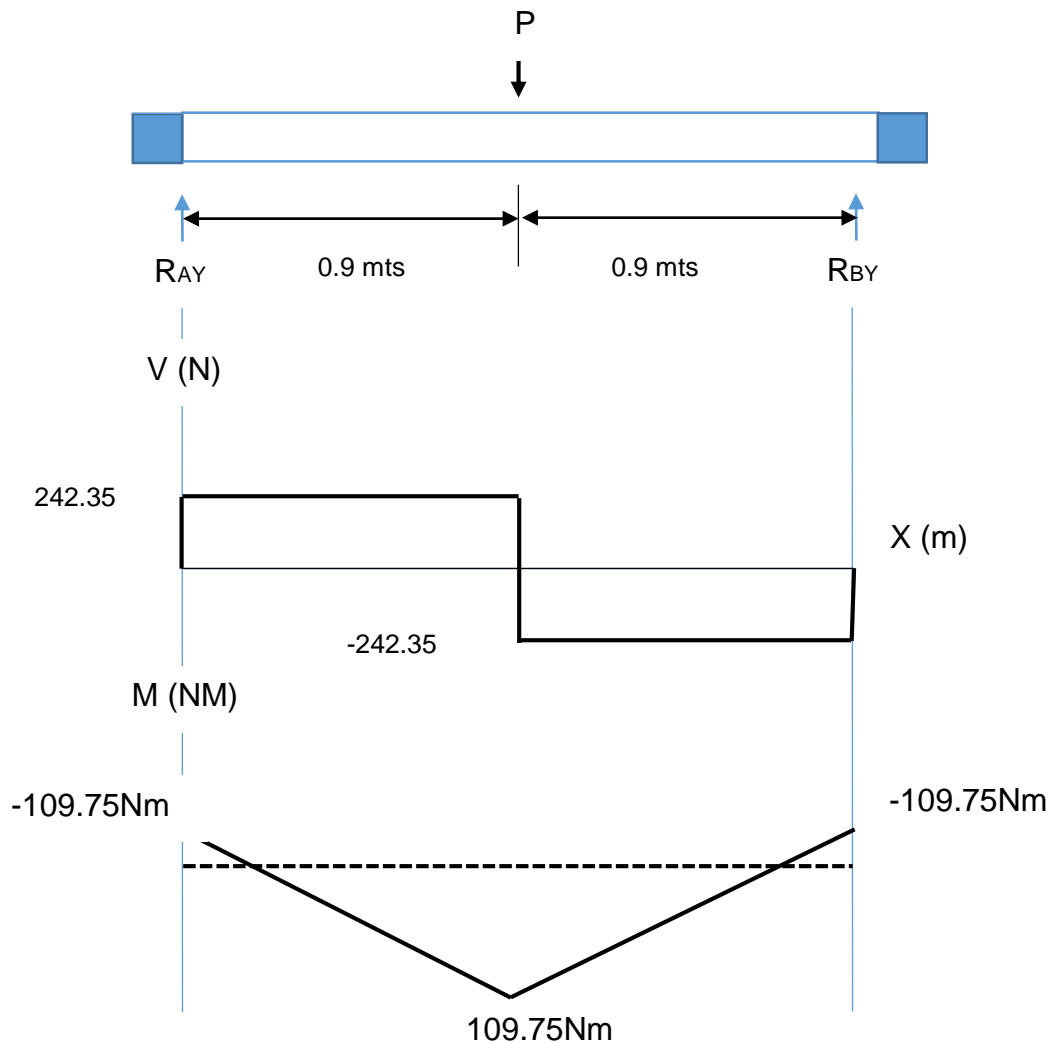


Se tiene una sola fuerza actuante sobre la viga la cual debe ser soportada por dos apoyos, es decir que la carga en las reacciones equivale a la mitad de la carga.

$$\begin{aligned} \Sigma F_A &= R_{Ay} - P - R_{By} = 0 \\ R_{Ay} &= 242.35N \end{aligned}$$

$$R_{By} = 242.35N$$

Al conocer las magnitudes de todas las incógnitas se procede a realizar los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector



Al obtener el momento máximo se puede hallar el valor del módulo de sección requerido, mediante la fórmula de flexión.

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{permitido}}$$

La viga será construida en acero AISI 316L que posee una gran resistencia a la oxidación a la que estaría expuesta por el medio húmedo en el que se encuentra y con un factor de seguridad de 2

$$\sigma_{\text{permitido}} = \frac{2,68896 \cdot 10 + 8 \text{ Pa}}{2} = 134448 \text{ KPa}$$

$$S_{\text{req}} = 109.75 = 8.11e - 7 \text{ m}^3 = 0,81 \text{ cm}^3$$

Con este valor de módulo de sección seleccionamos un perfil estructural que nos ofrezca un valor mayor al que nos dio como resultado analítico. Ver imagen 40.

Imagen 40. Perfil estructural seleccionado

Tamaño y grosor	Masa por metro	Área	Eje x-x				Eje y-y				Eje z-z
			<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>y</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>x</i>	<i>r</i>
mm	kg	mm <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	mm	mm	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	mm	mm	mm
L203 × 203 × 25.4	75.9	9 680	36.9	258	61.7	60.1	36.9	258	61.7	60.1	39.6
L203 × 203 × 19.0	57.9	7 380	28.9	199	62.6	57.8	28.9	199	62.6	57.8	40.1
L203 × 203 × 12.7	39.3	5 000	20.2	137	63.6	55.5	20.2	137	63.6	55.5	40.4
L152 × 152 × 25.4	55.7	7 100	14.6	139	45.3	47.2	14.6	139	45.3	47.2	29.7
L152 × 152 × 19.0	42.7	5 440	11.6	108	46.2	45.0	11.6	108	46.2	45.0	29.7
L152 × 152 × 12.7	29.2	3 710	8.22	75.1	47.1	42.7	8.22	75.1	47.1	42.7	30.0
L152 × 152 × 9.5	22.2	2 810	6.35	57.4	47.5	41.5	6.35	57.4	47.5	41.5	30.2
L127 × 127 × 19.0	35.1	4 480	6.54	73.9	38.2	38.7	6.54	73.9	38.2	38.7	24.8
L127 × 127 × 12.7	24.1	3 060	4.68	51.7	39.1	36.4	4.68	51.7	39.1	36.4	25.0
L127 × 127 × 9.5	18.3	2 330	3.64	39.7	39.5	35.3	3.64	39.7	39.5	35.3	25.1
L102 × 102 × 19.0	27.5	3 510	3.23	46.4	30.3	32.4	3.23	46.4	30.3	32.4	19.8
L102 × 102 × 12.7	19.0	2 420	2.34	32.6	31.1	30.2	2.34	32.6	31.1	30.2	19.9
L102 × 102 × 9.5	14.6	1 840	1.84	25.3	31.6	29.0	1.84	25.3	31.6	29.0	20.0
L102 × 102 × 6.4	9.8	1 250	1.28	17.3	32.0	27.9	1.28	17.3	32.0	27.9	20.2
L89 × 89 × 12.7	16.5	2 100	1.52	24.5	26.9	26.9	1.52	24.5	26.9	26.9	17.3
L89 × 89 × 9.5	12.6	1 600	1.20	19.0	27.4	25.8	1.20	19.0	27.4	25.8	17.4
L89 × 89 × 6.4	8.6	1 090	0.840	13.0	27.8	24.6	0.840	13.0	27.8	24.6	17.6
L76 × 76 × 12.7	14.0	1 770	0.915	17.5	22.7	23.6	0.915	17.5	22.7	23.6	14.8
L76 × 76 × 9.5	10.7	1 360	0.726	13.6	23.1	22.5	0.726	13.6	23.1	22.5	14.9
L76 × 76 × 6.4	7.3	927	0.514	9.39	23.5	21.3	0.514	9.39	23.5	21.3	15.0
L64 × 64 × 12.7	11.5	1 450	0.524	12.1	19.0	20.6	0.524	12.1	19.0	20.6	12.4
L64 × 64 × 9.5	8.8	1 120	0.420	9.46	19.4	19.5	0.420	9.46	19.4	19.5	12.4
L64 × 64 × 6.4	6.1	766	0.300	6.59	19.8	18.2	0.300	6.59	19.8	18.2	12.5
L51 × 51 × 9.5	7.0	877	0.202	5.82	15.2	16.2	0.202	5.82	15.2	16.2	9.88
L51 × 51 × 6.4	4.7	605	0.146	4.09	15.6	15.1	0.146	4.09	15.6	15.1	9.93
L51 × 51 × 3.2	2.5	312	0.080	2.16	16.0	13.9	0.080	2.16	16.0	13.9	10.1

Fuente: HIBBELER, R. C. (2006). *Mecánica de materiales*. Pearson educación.

Estructura del tanque sedimentador

✓ Estructura tanque agitador

Se decide adoptar como soporte del tanque 4 bases iguales que se van a analizar como columnas a compresión, dichas bases serán soldadas a la parte inferior del tanque otorgándole la capacidad necesaria de soportar el peso y de brindar equilibrio al tanque de sedimentación

Para esto se lleva a cabo la selección de un perfil estructural circular y se realiza la comprobación analítica de que soporte la carga necesaria. Ver imagen 41.

Imagen 41. Perfil estructural circular

PERFIL CIRCULAR																
DIÁMETRO			INTERIOR d INT (cm)	ESPESOR		PESO P			ÁREA cm <sup>2</sup>	FLEXIÓN			MÓDULO PLÁSTICO Z cm <sup>3</sup>	TORSIÓN		UNIDAD DE EMPAQUE
NOMINAL PULG.	EXT. d (pulg)	EXT. d (cm)		PARED E (mm)	NEGRO (kg/m)	GALV. (kg/m)	MOMENTO INERCIA - I cm <sup>4</sup>	MÓDULO SECCIÓN - S cm <sup>3</sup>		RADIO DE GIRO - r cm	MOMENTO INERCIA - J cm <sup>4</sup>	MÓDULO ELÁSTICO - B cm <sup>3</sup>				
1/2	0,84	2,13	1,83	1,50	0,73	0,75	0,93	0,46	0,43	0,70	0,59	0,92	0,86	37		
3/4	1,05	2,67	2,27	2,00	1,22	1,27	1,55	1,19	0,89	0,88	1,22	2,38	1,78	37		
1	1,30	3,29	2,79	2,50	1,88	1,95	2,39	2,78	1,69	1,08	2,32	5,56	3,38	37		
	1,30	3,29	2,69	3,00	2,21	2,3	2,82	3,19	1,94	1,06	2,69	6,37	3,87	19		
1 1/4	1,66	4,22	3,72	2,50	2,45	2,55	3,12	6,17	2,92	1,41	3,95	12,33	5,85		19	
	1,66	4,22	3,62	3,00	2,90	2,96	3,70	7,16	3,39	1,39	4,63	14,32	6,78	19		
1 1/2	1,90	4,83	4,53	1,50	1,73	1,86	2,20	6,03	2,50	1,66	3,28	12,06	5,00		19	
	1,90	4,83	4,43	2,00	2,28	2,45	2,91	7,81	3,23	1,64	4,29	15,62	6,47	19		
	1,90	4,83	4,33	2,50	2,82	2,91	3,60	9,46	3,92	1,62	5,25	18,92	7,83			19
2	1,90	4,83	4,23	3,00	3,35	3,42	4,27	10,97	4,55	1,60	6,15	21,94	9,09	19		
	2,36	5,99	5,59	2,00	2,86	3,07	3,64	15,29	5,10	2,05	6,72	30,59	10,21		19	
	2,36	5,99	5,49	2,50	3,54	3,69	4,51	18,64	6,22	2,03	8,25	37,28	12,44			19
	2,36	5,99	5,39	3,00	4,21	4,3	5,36	21,76	7,27	2,01	9,72	43,53	14,53		19	
2 1/2	2,36	5,99	5,10	4,00	5,52	5,66	7,02	27,58	9,21	1,98	12,52	55,16	19,42	7		
	2,85	7,24	6,84	2,00	3,47	3,73	4,42	27,41	7,57	2,49	9,91	54,83	15,15		7	
	2,85	7,24	6,74	2,50	4,31	4,49	5,49	33,56	9,27	2,47	12,22	67,12	18,54			7
	2,85	7,24	6,64	3,00	5,13	5,24	6,54	39,44	10,90	2,46	14,45	78,87	21,79			
	2,85	7,24	6,44	4,00	6,75	6,92	8,59	50,42	13,93	2,42	18,73	100,83	27,86			7
3	3,50	8,89	8,49	2,00	4,29	4,57	5,46	51,57	11,60	3,07	15,11	103,14	23,20	7		
	3,50	8,89	8,39	2,50	5,33	5,51	6,79	63,37	14,26	3,06	18,67	126,75	28,51		7	
	3,50	8,89	8,29	3,00	6,36	6,44	8,10	74,76	16,82	3,04	22,15	149,53	33,64			7
	3,50	8,89	8,09	4,00	8,38	8,52	10,67	96,34	21,67	3,00	28,85	192,68	43,35		7	
	3,50	8,89	7,69	6,00	12,27		15,63	134,94	30,36	2,94	41,31	269,88	60,72			7

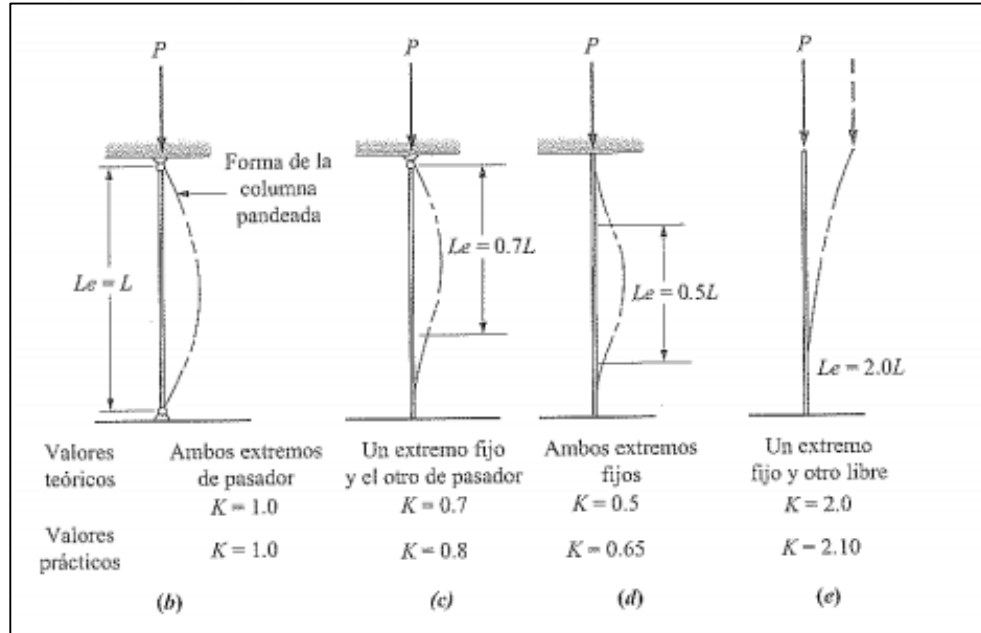
Fuente: Colmena. Disponible en <http://tuboscolmena.com>

✓ Las columnas poseerán de longitud 1 metro

Para realizar la comprobación analítica se inicia hallando la longitud efectiva de la columna,  $Mott^{28}$ , muestra como determinar la longitud efectiva. Ver imagen 42.

<sup>28</sup> MOTT, R. L., SALAS, R. N., FLORES, M. A. R., & MARTÍNEZ, E. B. (2009). *Resistencia de materiales* (Vol. 5). Pearson.

Imagen 42. Longitud efectiva en columnas



Fuente: Resistencia de materiales. Robert L. Mott.

Para nuestro caso la figura con numeral d expone nuestro caso ya que por un lado la columna estará fija por el peso que soporta en el suelo y por el otro lado estará soldada a la base inferior del tanque

Se debe determinar la relación de esbeltez y la constante de columna para poder determinar si nuestra columna es considerada larga o corta, ya que esto influye directamente en la carga crítica que podrá soportar.

✓ Relación de esbeltez

Se realiza mediante la siguiente ecuación

$$SR = \frac{Le}{r_{min}} = \frac{KL}{r_{min}}$$

Donde

- ✓ Le es la longitud efectiva y es el producto entre la longitud de la columna y el k que se obtiene dependiendo de las fijaciones en los extremos
- ✓ r min es el radio de giro mínimo de la sección transversal

$$SR = \frac{100cm * 0.65}{2.46cm} = 26.42$$

- ✓ Constante de la columna

Se realiza mediante la ecuación

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{s_y}}$$

Donde

- ✓ El perfil estructural está diseñado con acero galvanizado que cumple la normatividad para ASTM A500 y con un acero AISI 1015
- ✓ E es el modulo elástico del material, para aceros estructurales  $E=200\text{GPa}$ <sup>29</sup>
- ✓  $s_y$  el límite de fluencia igual a  $0.317\text{GPa}$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 200\text{GPa}}{0.317\text{GPa}}} = 111.596$$

El resultado de la constante de la columna es mayor que la relación de esbeltez, esto implica que para determinar la carga crítica de pandeo que soportaría la columna se debe aplicar la ecuación de Johnson<sup>30</sup>

$$P_{cr} = A s_y \left[ 1 - \frac{s_y (SR)^2}{4\pi^2 E} \right]$$

Donde

- ✓  $P_{cr}$  es la carga crítica que soporta la columna en N
- ✓ A es el área del perfil estructural en  $m^2$
- ✓ SR relación de esbeltez
- ✓  $s_y$  límite de fluencia del material
- ✓ E módulo de elasticidad del material

---

<sup>29</sup> Ibid., p.86.

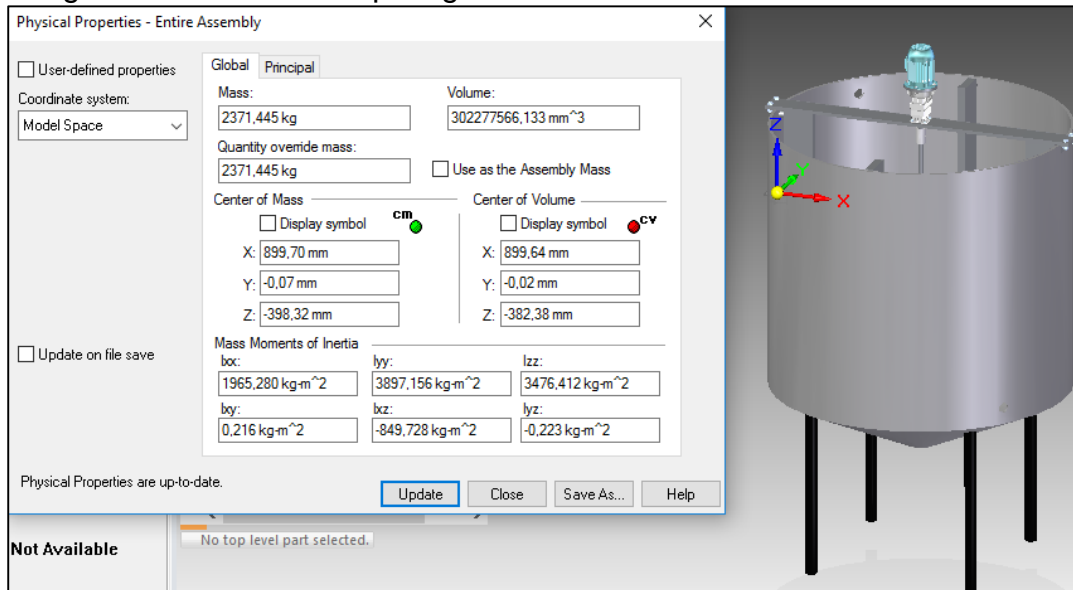
<sup>30</sup> Fórmula de J.B. Johnson para columnas cortas. Disponible en <http://ingenieroenmecanica.blogspot.com.co/2014/01/formula-de-j-b-johnson-para-columnas.html>

$$P_{cr} = 0.000654 * 0.317 * 10 + 9 Pa \left[ 1 - \frac{0.317 * 10 + 9 Pa (26.42)^2}{4\pi^2 * 200 * 10 + 9 Pa} \right] = 149.218 KN$$

Las columnas deben soportarla todo el peso del tanque agitador, el cual se debe considerar como si estuviera lleno de agua.

La masa del tanque aborda todos sus componentes y lo podemos ver expresado en la siguiente imagen. Ver imagen 43.

Imagen 43. Masa del tanque agitador



Esta masa nos otorgaría una fuerza de pandeo de 23263.87 N

La fuerza de pandeo que produce peso del agua se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$P = \gamma * v$$

Donde

- ✓  $\gamma$  peso específico del agua en  $N/m^3$
- ✓  $v$  volumen de agua ocupado en  $m^3$

$$P = 9777 * 3.8 = 37152.6 N$$

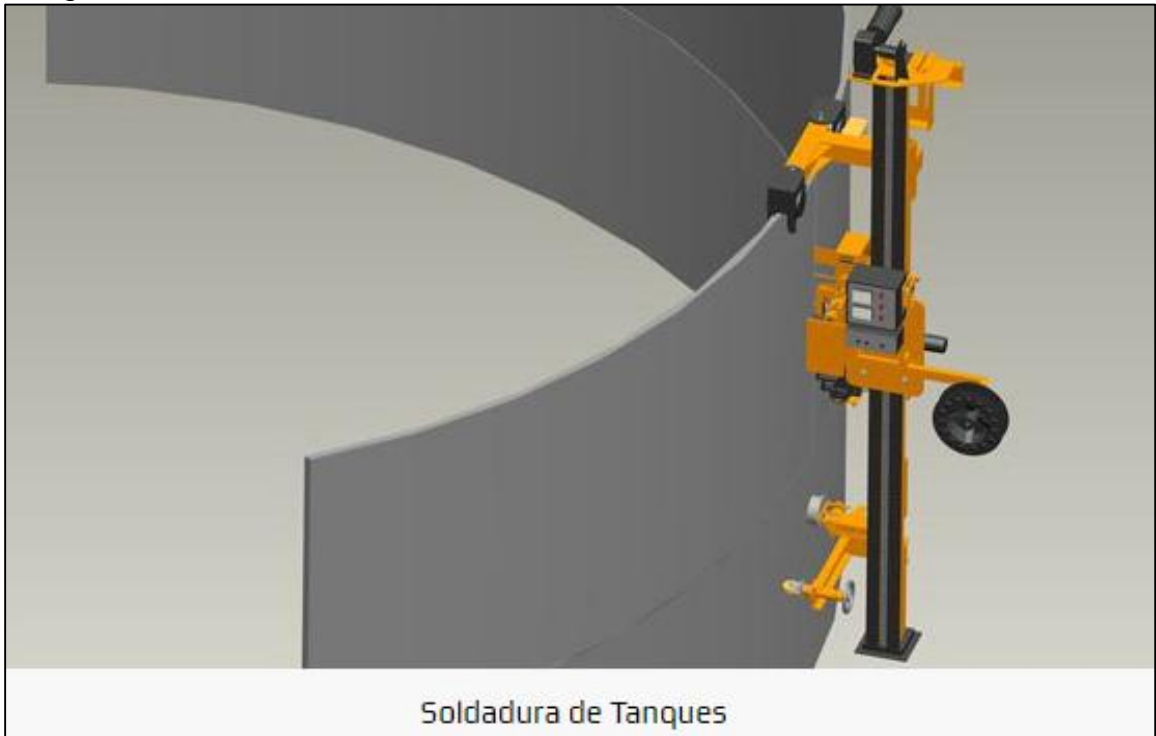
En total la carga que deben soportar las columnas es de 60416.47 N, dividiendo la carga uniformemente cada columna soportaría 15104.11 N, dicha carga no iguala



ni sobrepasa la carga crítica a la cual se podría someter la columna seleccionada que fue de  $149.218KN$

5.2.7 Soldadura Se deberá emplear soldadura por electro gas (EGW) que tiene como característica que es un proceso automático que garantiza la fiabilidad de la unión soldada y que es recomendada por la norma API 650 para la unión de virolas de tanques de almacenamiento.

Imagen 44. Soldadura EGW



Fuente: Soldadura de tanques. Disponible en [www.demaquinasyherramientas.com/soldaduras](http://www.demaquinasyherramientas.com/soldaduras)

5.2.8 Inyección de floculante Es necesario contar con una bomba dosificadora que inyecte el floculante en el agua residual antes que llegue al sedimentador, se adopta un sistema de tuberías para que pueda ser inyectada en la tubería que transportara el agua desde el tanque de almacenamiento #1 hasta el sedimentador, en base a esto la bomba debe proporcionar una dosificación precisa de productos químicos como el floculante y que sea apropiada en el manejo de aguas residuales.

Teniendo en cuenta estas condiciones la bomba que cumple con estas condiciones Es una Miagua Prominent

Imagen 45. Bomba dosificadora.



Fuente :Bombas dosificadoras.  
 Disponible en [www.miagua.com](http://www.miagua.com)

La cual posee las siguientes características

Imagen 46. Bomba seleccionada

Concept	Capacidad máxima a contrapresión máxima		Frecuencia del stroke	Diametros de conexión	Distancia de succión	
Tipo Bomba	Presión psi	Capacidad máx. l/h	ml/ stroke	mm	mWG	
CONb 601	232	1,0	0,14	120	6 x 4	6
CONb 1602	232	1,5	0,14	180	6 x 4	6
CONb 1201	174	1,7	0,24	120	6 x 4	6
CONb 1002	145	2,3	0,32	120	8 x 5	6
CONb 1203	174	2,5	0,24	180	6 x 4	6
CONb 0803	116	3,4	0,48	120	6 x 4	3
CONb 1003	145	3,4	0,31	180	8 x 5	6
CONb 0806	116	5,3	0,48	180	6 x 4	3
CONb 0308	44	7,8	1,08	120	8 x 5	6
CONb 0313	44	13,0	1,20	180	8 x 5	6
CONb 0215	29	14,8	2,05	120	12 x 9	1,5
CONb 0223	29	23,0	2,13	180	12 x 9	1,5

Fuente :Bombas dosificadoras. Disponible en [www.miagua.com](http://www.miagua.com)

### 5.3 FILTRADO

Para el sistema de filtrado se selecciona un filtro de arena y grava tal como resultado del análisis de alternativas de diseño, y para ello se hace uso del catálogo de hidrometálica.

El filtro de hidrometálica los componen los siguientes partes

- ✓ Equipo de bombeo y equipo de lavado

Está compuesto por una bomba centrífuga con una potencia y caudal correspondiente al volumen de agua a tratar, posee un motor de 1500 revoluciones por minutos, con protección IP-55 que garantiza protección frente a chorros de agua, que podrían llegar a ocurrir durante su operación.

- ✓ Estructura

Está conformada por la virola que es el cuerpo del filtro, por fondos tipo klopper que encierran a la virola, por bocas de hombre y estructuras de soporte que varían según el volumen a tratar

- ✓ Falso fondo

Divide al filtro en dos secciones, la primera reúne el material filtrante y el agua a filtrar mientras que la segunda es la sección de recolección del agua tratada

- ✓ Tubuladura

Está compuesto por los circuitos fundamentales para el proceso de filtración.

Colector de purga de aire

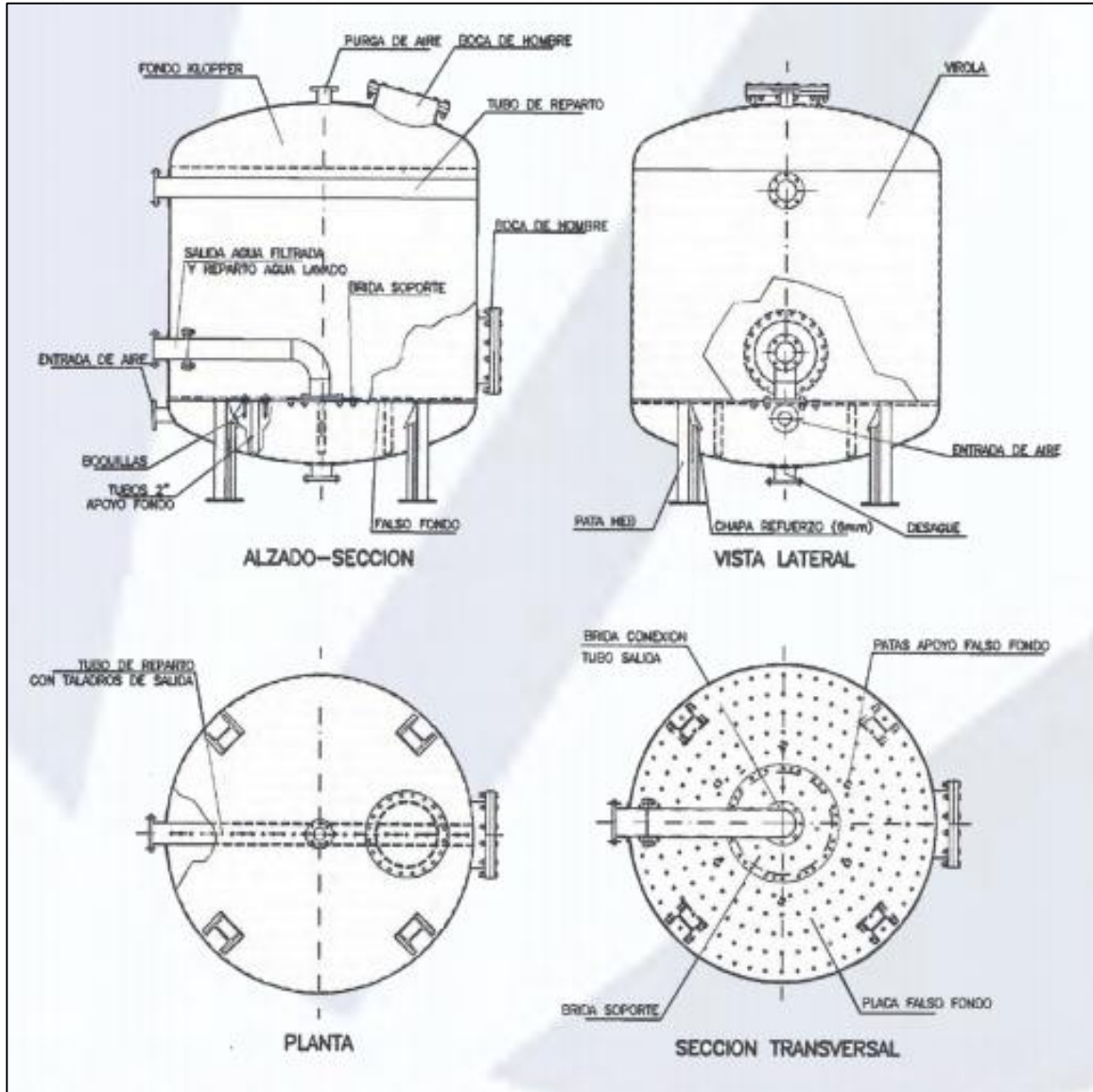
Colector reparto de agua bruta y salida agua de lavado

Colector reparto de agua de lavado y salida agua filtrada

Colector de entrada de aire

Batería de válvulas. Ver Imagen 47.

Imagen 47. Estructura general filtro hidrometálica.

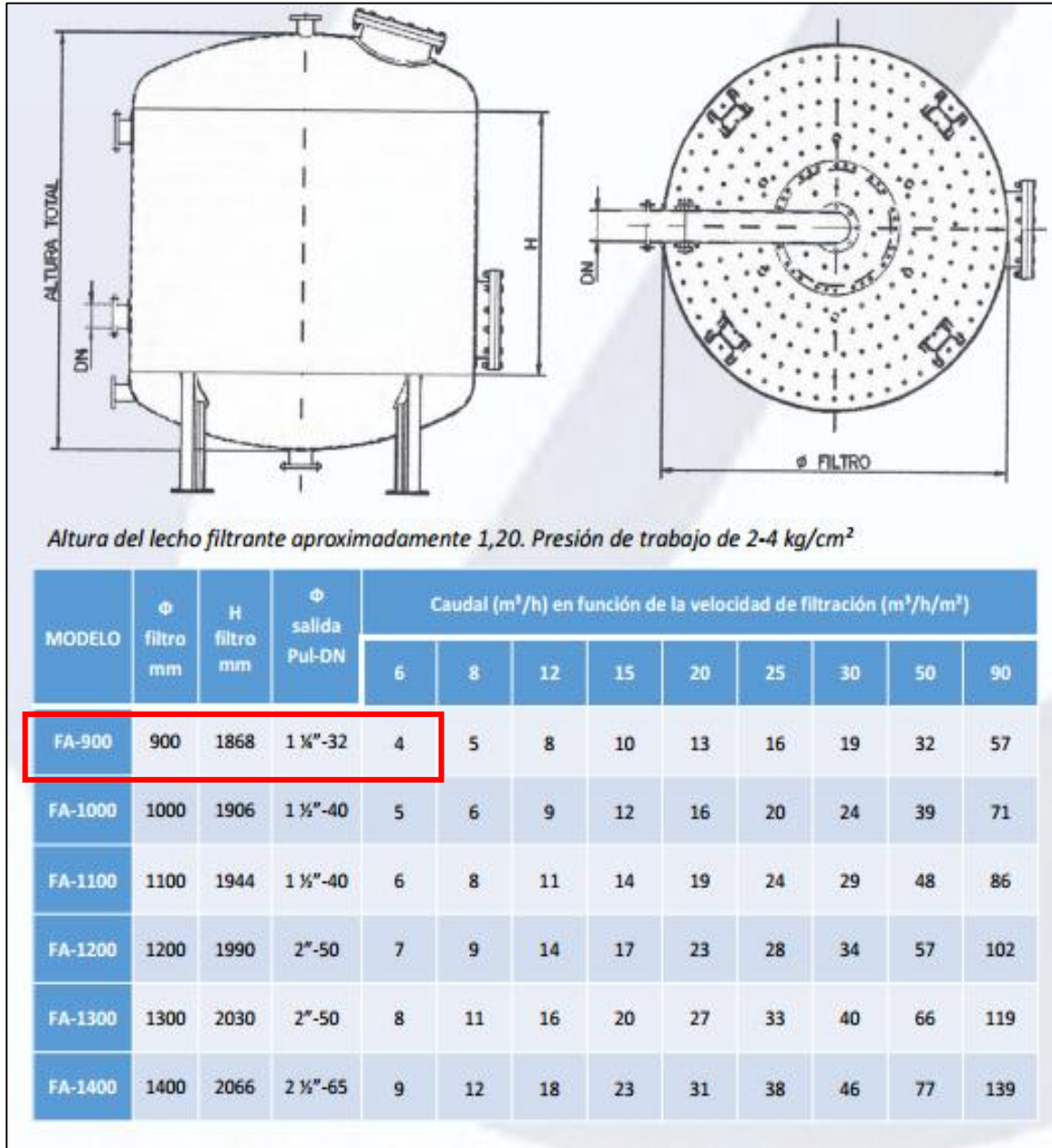


Fuente: Hidrometálica. Disponible en <http://hidrometalica.com/filtro-de-arena/>

Para la selección del filtro es necesario establecer la tasa de filtración en  $m^3/h/m^2$ , un parámetro que establece el caudal en función de la velocidad de filtración.

Para este caso se establece una tasa de filtración de  $6 m^3/h/m^2$ , con esto se selecciona un filtro normalizado con las siguientes características. Ver Imagen 48.

Imagen 48. Características filtro seleccionado



Fuente: Hidrometálica. Disponible en <http://hidrometalica.com/filtro-de-arena/>

#### 5.4 PERFIL HIDRÁULICO DE LA PLANTA

Durante la fase de diseño se hace importante conocer el comportamiento que posee el fluido, para esto se deben conocer las pérdidas que se producen durante el tratamiento del agua.

Las pérdidas serán clasificadas en 2 categorías, según la naturaleza que las produzca

✓ Pérdida primaria

Será la pérdida de energía que se produzca debido a la fricción del fluido con la tubería que los transporta

✓ Pérdida secundaria

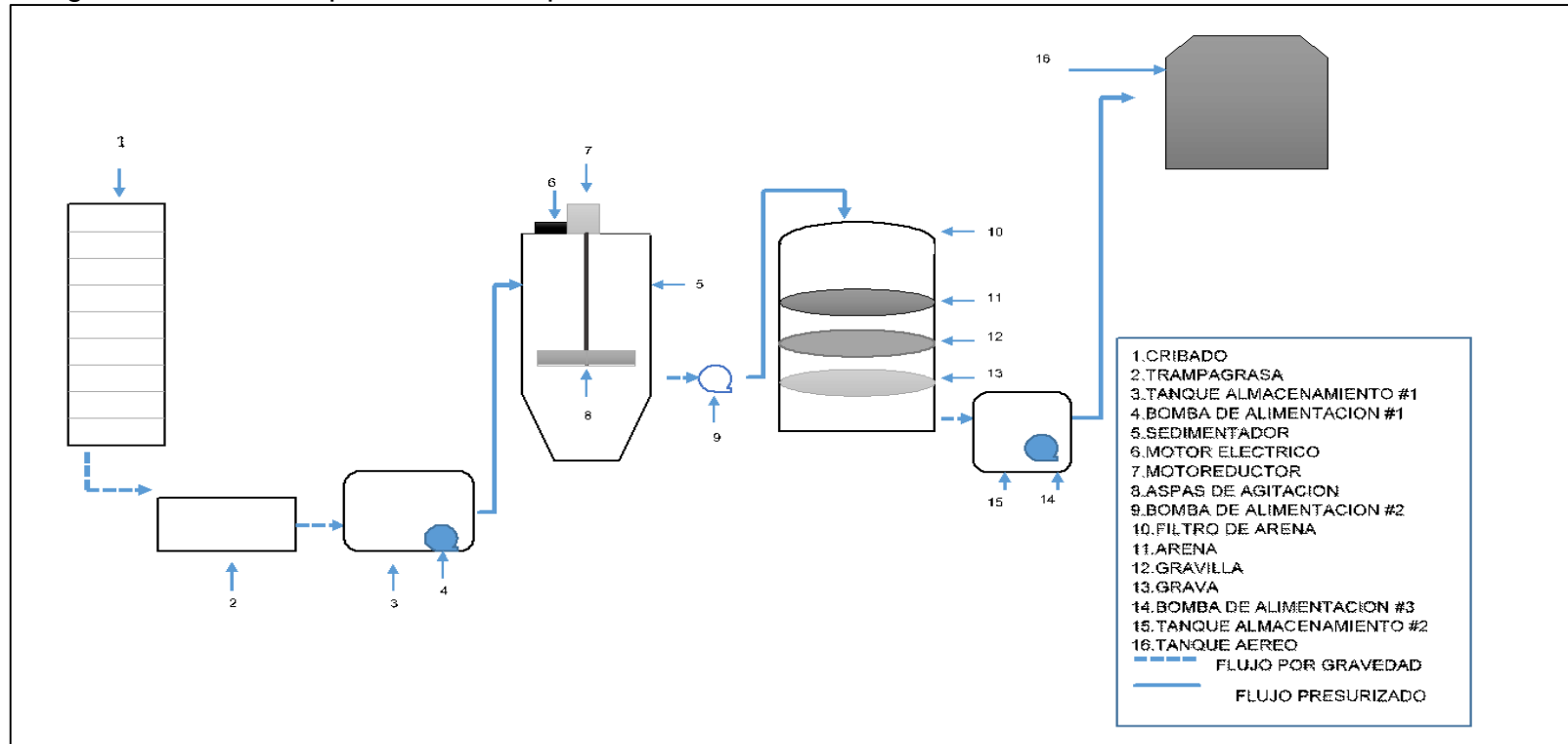
Será la pérdida de energía que se presenta por la presencia de accesorios tales como codos, uniones, válvulas y demás

Para conocer el valor de velocidades y de pérdidas durante el sistema se debe tomar el valor del caudal que se definió en el inicio del capítulo 5 en el numeral

5.1.1.4, este caudal fue determinado con un valor 11L/min, valor que corresponde al lavado de un solo vehículo, sin embargo, los cálculos se realizarán con la condición crítica del sistema que sería el lavado de cuatro vehículos en simultáneo y un caudal de 44L/m.

La delimitación de equipos y su correspondiente configuración de instalación para los correspondientes cálculos hidráulicos se realizarán con base en la siguiente imagen. Ver imagen 49.

Imagen 49. Diseño esquemático de la planta



5.4.1 Pretratamiento. El pretratamiento abarca desde el numeral 1 del grafico que corresponde al cribado hasta el tanque de almacenamiento #1

Se inicia con el caudal de 44L/min, proveniente de 4 mangueras de 1" lo que nos otorgaría una velocidad de 0.36m/s por cada manguera, que sería equivalente a 1.44 m/s

Para el estudio del fluido se analizará mediante la ecuación general de la energía

$$\frac{v1^2}{2g} + \frac{P1}{\gamma} + z1 + ha = hf + \frac{v2^2}{2g} + \frac{P2}{\gamma} + z2$$

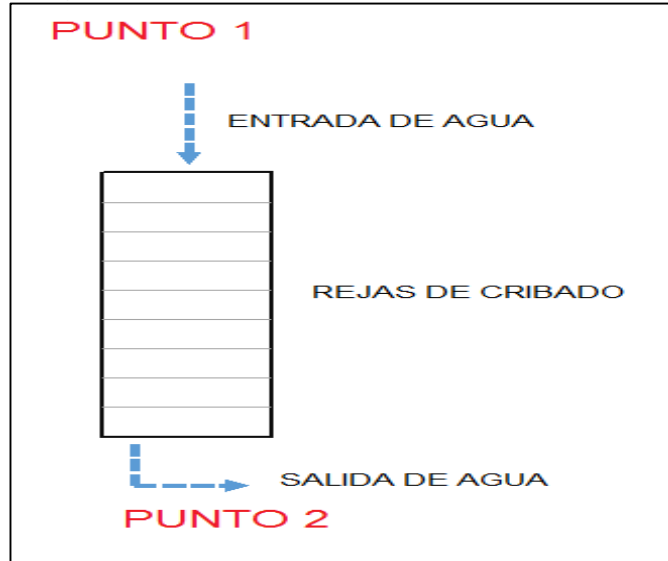
Donde

- ✓ V1 corresponde a la velocidad en el primer punto de análisis
- ✓ P1 corresponde a la presión en el punto 1 de análisis
- ✓  $\gamma$  corresponde al peso específico del fluido
- ✓ ha corresponde a un trabajo externo que le suministra o extrae energía al fluido
- ✓ Z1 es la cota nominal de la altura en el punto de análisis 1
- ✓ hf es el valor total de las pérdidas que se producen en el sistema
- ✓ V2 corresponde a la velocidad en el segundo punto de análisis
- ✓ P2 corresponde a la presión en el punto 2 de análisis
- ✓ Z2 es la cota nominal de la altura en el punto de análisis 2

Para el primer análisis del fluido se tomará como punto 1 el fluido antes del cribado y punto 2 después del cribado



Imagen 50. Puntos de estudio hidráulico



✓ Pérdida de cribado

El cálculo de pérdida se realizó en la fase de diseño del cribado y se puede ver en el numeral 5.1.1.4, dicho calculo corresponde a la perdida en una sola rejilla, por lo cual se deberá multiplicar por 5, que es el número total de rejillas.

$$k = 2.42 \left( \frac{2}{2} \right)^{1.33} \sin 10 = 0.420 \text{ cm} * 5 = 2.1 \text{ cm}$$

La ecuación de la energía queda de la siguiente manera, se cancelan las variables semejantes en los dos puntos de análisis

$$\frac{v1^2}{2g} + \frac{P1}{\gamma} + z1 + h_a = hf + \frac{v2^2}{2g} + \frac{P2}{\gamma} + z2$$

El valor de la presión se cancela, ya que los dos puntos están sometidos a presión atmosférica, al igual que el peso específico ya que se trata del mismo fluido en los puntos

La diferencia de alturas se considera como 0 al poseer un valor mínimo

ha se cancela ya que el fluido no posee ningún dispositivo que le añada o sustraiga energía

$$\frac{v1^2}{2g} = hf + \frac{v2^2}{2g}$$

Con esto se podría hallar la velocidad en el punto 2, resolviendo la ecuación de energía y despejando  $v_2$

$$\sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - hf\right) * 2g} = v_2$$

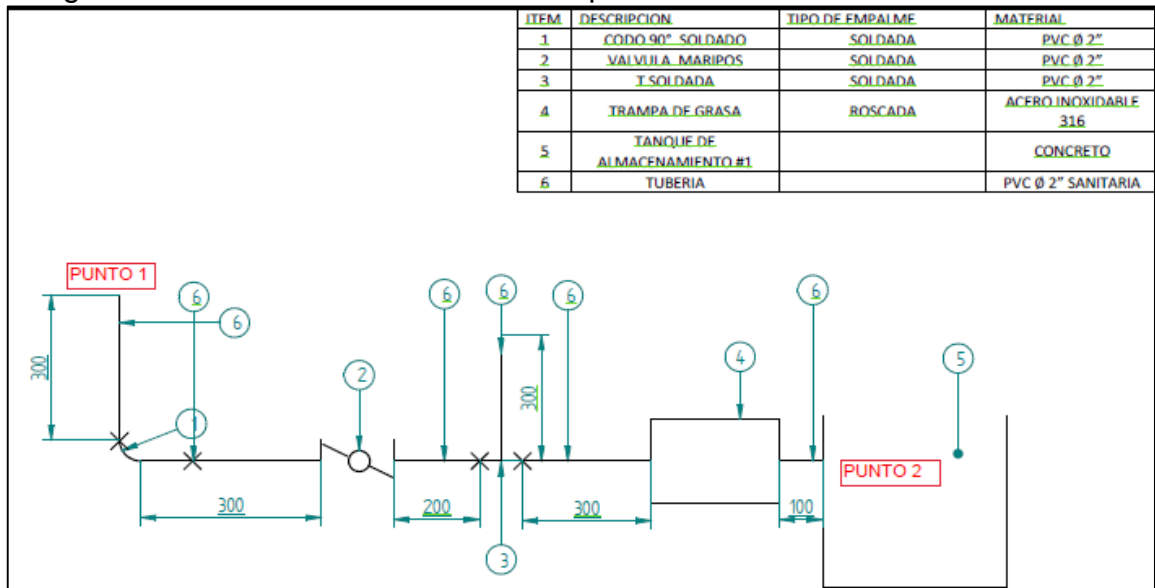
Para este caso en específico la única pérdida que se presenta es la pérdida del cribado

$$\sqrt{\left(\frac{(1.44\text{m/s})^2}{2 * 9.81\text{m/s}^2} - 0.021\text{m}\right) * 2 * 9.81\text{m/s}^2} = v_2$$

$$1.28\text{m/s} = v_2$$

- ✓ Para el siguiente análisis se tomará como punto 1 el fluido después del cribado y como punto 2 el fluido en la salida de la trampa de grasas. Ver Imagen 51.

Imagen 51. Puntos de estudio hidráulico pretratamiento



Se aplica la ecuación general de la energía reducida en la que solo se tienen en cuenta las variables aplicables, tal como se hizo en el primer análisis

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 = hf + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

Con esto se podría hallar la velocidad en el punto 2, resolviendo la ecuación de continuidad y despejando  $v_2$

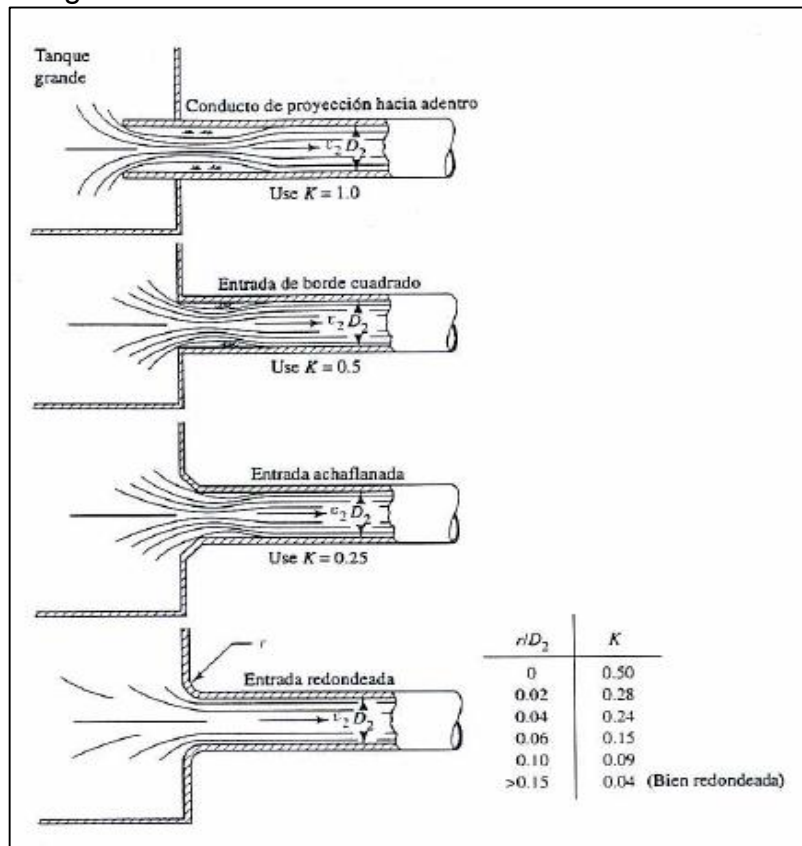
$$\sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} + z_1 - hf - z_2\right) * 2g} = v_2$$

Para este caso existen múltiples pérdidas de energía, las cuales involucran la tubería y los accesorios, cada tipo de pérdida posee su ecuación característica para determinar su valor

✓  $h_1 = k \left(\frac{v^2}{2g}\right)$  Pérdida en la entrada del tubo

Para determinar el valor de k se debe tener en cuenta la forma que genera el tubo con respecto del tanque de donde se toma el agua, que en este caso sería la canaleta de recolección de aguas. Ver Imagen 52.

Imagen 52. Coeficiente de resistencia de entrada



Fuente: MOTT, R. L. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*. Pearson Educación. pág. 280

Para este caso se utiliza un valor de  $k=0.5$  y una velocidad inicial de  $1.28\text{m/s}$ , la cual sería la misma del punto 2 en el anterior análisis

$$h_1 = 0.5 \left( \frac{(1.28 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} \right) = 0.04 \text{ m}$$

- ✓  $h_2 = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  Pérdida por fricción en la tubería de entrada de la trampa de grasa

Para determinar el valor de  $f$  es necesario conocer si el flujo dentro de la tubería es de régimen turbulento o laminar, para eso se aplica la ecuación del número de Reynolds

$$NR = \frac{vD\rho}{\mu}$$

Donde

- ✓  $V$  es la velocidad del fluido dentro del conductor
- ✓  $D$  diámetro interno del conducto
- ✓  $\rho$  densidad del fluido
- ✓  $\mu$  viscosidad dinámica del fluido

Para el diámetro de tubería se selección de 2" de PVC teniendo en cuenta el tamaño de entrada de la trampa grasas, se decide el mismo tamaño para evitar el uso de otros accesorios de acople que generarían más pérdidas de energía

$$NR = \frac{1.28 \text{ m/s} * 0.05448 \text{ m} * 997 \text{ kg/m}^3}{(0,890 * 10^{-3}) \text{ Pa} * \text{ s}} = 78118$$

El número de Reynolds nos muestra un régimen turbulento por lo que es necesario hacer uso del diagrama de Moody para obtener el valor  $f$ , el diagrama de Moody compara el valor de Reynolds y la rugosidad relativa que es el cociente entre la rugosidad del material y el diámetro del conducto

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{D}$$

La tubería de PVC posee una rugosidad de 0.0015 mm lo cual otorgaría una rugosidad relativa de 0.00002

Haciendo uso del diagrama de Moody el valor de  $f$  sería de 0.02

Con esto se reemplaza en la ecuación de Darcy y se determina su magnitud

$$h_2 = 0.02 \left( \frac{1000}{54.48} \right) \left( \frac{1.28^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} \right) = 0.03 \text{ m}$$

✓  $h_3 = f_t \left( \frac{L_e}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  Pérdida en válvula tipo mariposa

Para determinar  $f_t$  hacemos uso del siguiente cuadro. Ver cuadro 9

Cuadro 9. Factor de fricción

Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción, $f_t$	Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción, $f_t$
1/2	0.027	4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8-10	0.014
1 1/2	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 1/2, 3	0.018		

Fuente: Mecánica de fluidos. Robert Mott pág. 284

Para el valor de la longitud equivalente se debe hacer uso del siguiente cuadro. Ver cuadro 10

Cuadro 10. Longitudes equivalentes

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de conducto, $L_e/D$
Válvula de globo—completamente abierta	340
Válvula de ángulo—completamente abierta	150
Válvula de compuerta—completamente abierta	8
—3/4 abierta	35
—1/2 abierta	160
—1/4 abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo de bola	150
Válvula de mariposa—completamente abierta	45
Codo estándar de 90°	30
Codo de radio de largo de 90°	20
Codo de calle de 90°	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de calle de 45°	26
Codo de devolución cerrada	50
Te estándar—con flujo a través de un tramo	20
Te estándar—con flujo a través de una rama	60

Fuente: Mecánica de fluidos. Robert Mott pág. 283

Con esto se reemplaza en la ecuación de Darcy y se determina su magnitud

$$h3 = 0.019(45) \left( \frac{1.28^2}{2 * 9.81m/s^2} \right) = 0.07m$$

✓  $h4 = ft \left( \frac{Le}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  Pérdida en codo 90°

$$h4 = 0.019(30) \left( \frac{1.28^2}{2 * 9.81m/s^2} \right) = 0.047m$$

✓  $h5 = ft \left( \frac{Le}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  Pérdida en T

$$h4 = 0.019(60) \left( \frac{1.28^2}{2 * 9.81m/s^2} \right) = 0.095m$$

✓  $h6 = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  Pérdida por fricción en la tubería de salida de la trampa de grasa

$$h6 = 0.02 \left( \frac{100}{54.48} \right) \left( \frac{1.28^2}{2 * 9.81m/s^2} \right) = 0.003m$$

✓  $h7 = 1.0 \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  Pérdida a la salida

$$h7 = 1.0 \left( \frac{1.28^2}{2 * 9.81m/s^2} \right) = 0.08m$$

La pérdida total de energía hf se determina mediante la suma de las 7 pérdidas halladas.

$$hf = 0.04m + 0.03m + 0.07m + 0.047m + 0.095m + 0.08m + 0.003 = 0.36m$$

z1 es la altura en el punto de análisis 1 el cual se toma como punto de referencia con un valor de 0

z2 se encuentra 30 cms por debajo del punto de referencia

Despejando la ecuación se halla la velocidad del fluido justo en la entrada del dispositivo de la trampa de grasas

$$\sqrt{\left( \frac{1.28^2}{2 * 9.81m/s^2} - 0.36m + 0.3m \right) * 2 * 9.81m/s^2} = 0.68m/s = v2$$

Esto otorgaría un tiempo de llenado del tanque #1 correspondiente al caudal que llega a la entrada del tanque

$$Q = A * V$$

Donde

✓ A corresponde al área de flujo del conducto

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} = \pi * \frac{0.05448^2}{4} = (2.33 * 10^{-3}) m^2$$

✓ V corresponde a la velocidad del fluido de 0.81m/s

Despejando obtenemos el caudal

$$Q = 2.33 * 10^{-3} m^2 * 0.68m/s = 1.58 * 10^{-3} m^3/s$$

El tiempo de llenado se obtendría de la solución de la siguiente ecuación

$$Tiempo\ de\ llenado = \frac{volumen\ tanque}{caudal\ de\ llenado}$$

El tanque # 1 como se diseñó en el numeral 5.1.3.1 posee un volumen de  $1.75m^3$ , y el tiempo de llenado sería de 19 minutos

5.4.2 Sistema primario El análisis del sistema primario incluye desde la bomba de alimentación # 1 hasta el equipo de sedimentación.

El estudio se realizará igualmente con la ecuación general de la energía

$$\frac{v1^2}{2g} + \frac{P1}{\gamma} + z1 + ha = hf + \frac{v2^2}{2g} + \frac{P2}{\gamma} + z2$$

Para este caso se tienen en cuenta las siguientes consideraciones

✓ V1 y V2 se toman en los puntos del tanque de almacenamiento #1 y el tanque sedimentador respectivamente.

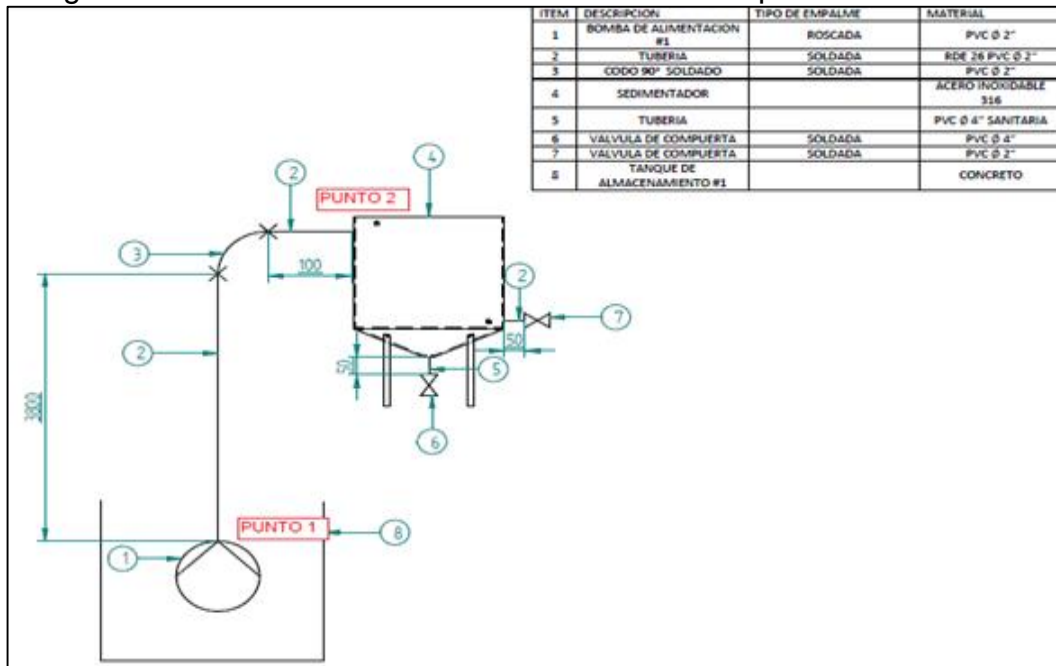
V1 se asume con valor de 0 y V2 se toma con un valor de 1.5m/s teniendo en cuenta los parámetros de diseño, para estaciones de bombeo, descritas en el RAS 2000

título D, dicha velocidad debe ser confrontada con el rendimiento de la bomba seleccionada <sup>31</sup>.

- ✓ P1 y P2 se consideran igual ya que estarán expuestas a la presión atmosférica
- ✓ Se toma como punto de referencia Z1 igual a 0

Ver Imagen 53.

Imagen 53. Puntos de estudio hidráulico tratamiento primario



Teniendo en cuenta las consideraciones la ecuación general de la energía queda de la siguiente manera

$$h_a = h_f + z_2 + \frac{v^2}{2g}$$

Para este caso existen 3 tipos de pérdidas de energía, las cuales involucran la tubería y los accesorios, cada tipo de pérdida posee su ecuación característica para determinar su valor

- ✓  $h_1 = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  Pérdida por fricción en la tubería de conducción del fluido

<sup>31</sup> RAS 2000. *Op, cit.* p. 7



$$h_1 = 0.02 \left( \frac{3900}{54.48} \right) \left( \frac{1.5^2}{2 * 9.81 \text{m/s}^2} \right) = 0.16 \text{m}$$

✓  $h_2 = f t \left( \frac{L e}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  Pérdida en codo 90°

$$h_2 = 0.019(30) \left( \frac{1.5^2}{2 * 9.81 \text{m/s}^2} \right) = 0.065 \text{m}$$

✓  $h_3 = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  Pérdida en la entrada del tubo conductor

$$h_3 = 0.5 \left( \frac{(1.5 \text{m/s})^2}{2 * 9.81 \text{m/s}^2} \right) = 0.057 \text{m}$$

La pérdida total de energía  $h_f$  se determina mediante la suma de las 3 pérdidas halladas.

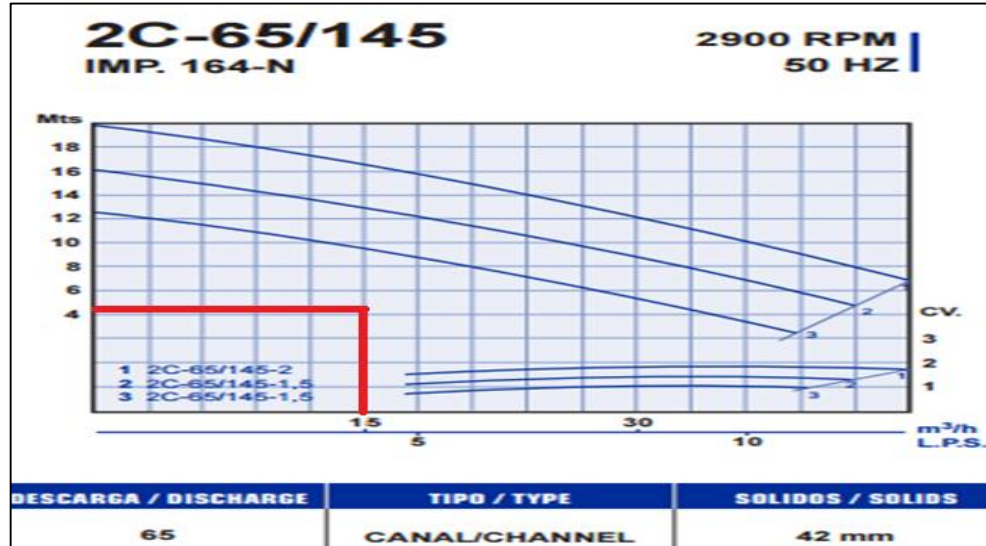
$$h_f = 0.16 \text{m} + 0.065 \text{m} + 0.057 = 0.282 \text{m}$$

El valor de  $z_2$  corresponde a la altura a la cual debe ser llevada el agua corresponde a 3.8 m, conociendo los valores de las incógnitas se puede conocer el valor  $h_a$  de la bomba a seleccionar

$$h_a = 0.282 \text{m} + 3.8 \text{m} + \left( \frac{1.5^2}{2 * 9.81 \text{m/s}^2} \right) = 4.2 \text{m}$$

Para conocer la bomba requerida, se hace uso de la curva de rendimiento que proporcionan los fabricantes, la cual involucra la cabeza de altura de la bomba y el caudal que debe proporcionar. Ver Imagen 54.

Imagen 54. Catálogo de bomba sumergible



Fuente: Bomba sumergible. Disponible en <http://www.bombasomega.com>

Como se puede observar en la imagen 55, la bomba seleccionada es la 2C-65/145-1.5, la cual tiene las siguientes características. Ver imagen 55.

Imagen 55. Características bomba seleccionada

HOJA DATOS TECNICOS 50 Hz, 380 V. TECHNICAL DATA SHEET 50 Hz, 380 V. PAGE INFORMATION TECHNIQUE 50 Hz, 380 V.							
Tipo Bomba Pump Type Type Pompes	Potencia CV/Kw Power HP/Kw Puissance CV/Kw	Intensidad Nominal a 380V Nominal Current at 380V Intensité Nominale à 380V	Tensión Nominal Nominal Voltage Voltage Nominal	COS PHI COS PHI COS PHI	Rendimiento Motor Motor Efficiency Rendement Moteur	Peso Bomba Kgs. Pump Weight Kgs. Poids Pump Kgs.	Peso Zócalo Kgs. Anchoring base weight Kgs. Fondation fixe Kgs.
2C-65/145-1.5	1,5/1,1	4,8	220/380V	0,6	55%	34	30
2C-65/145-2	2/1,5	5,2	220/380V	0,75	60%	34	30
2C-65/145-3	3/2,2	6	220/380V	0,8	70%	36	30
2C-65/145-4	4/3	6,6	220/380V	0,86	79%	36	30
2C-65/170-5,5	5,5/4	9,3	220/380V	0,84	79%	91	30
2C-65/170-7,5	7,5/5,5	12,3	220/380V	0,85	80%	92	30
2C-80/145-3	3/2,2	6	220/380V	0,8	70%	45	43
2C-80/145-4	4/3	6,6	220/380V	0,86	79%	45	43
2C-80/145-5,5	5,5/4	9,3	220/380V	0,84	79%	84	43
2C-80/145-7,5	7,5/5,5	12,3	220/380V	0,85	80%	84	43
2C-80/220-10	10/7,5	17	380/660V	0,82	81%	146	56
2C-80/220-12,5	12,5/9,2	19	380/660V	0,87	84%	146	56
2C-80/220-15	15/11	25	380/660V	0,81	83%	163	56
2C-80/220-20	20/15	30	380/660V	0,88	85%	163	56
2C-80/220-25	25/18,5	40	380/660V	0,83	84%	166	56
2C-80/220-30	30/22	45	380/660V	0,88	85%	178	56

Fuente: Bomba sumergible. Disponible en <http://www.bombasomega.com>

El tiempo de bombeo será de 8 minutos teniendo en cuenta el caudal que proporcionará la bomba seleccionada.

Para seleccionar la tubería que transporta el agua, se selecciona correspondiente al manual técnico de Pavco de tuberías a presión con diámetro de 2" denominada RDE 26 PVC. Ver Imagen 56.

Imagen 56. Tuberías de presión

Tuberías Presión PAVCO									
NTC 382	Diámetro Nominal		Referencia	Peso g/m	Diámetro Exterior Promedio		Espesor de Pared Mínimo		Diámetro Interior Promedio
	mm	pulg.			mm	pulg.	mm	pulg.	
<b>RDE 9 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 500 PSI	21	1/2	2900266	218	21.34	0.84	2.37	0.09	16.60
<b>RDE 11 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 400 PSI	26	3/4	2900210	304	26.67	1.05	2.43	0.09	21.81
<b>RDE 13.5 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 315 PSI	21	1/2	2902449	157	21.34	0.84	1.58	0.06	18.18
	33	1	2900213	364	33.40	1.31	2.46	0.09	28.48
<b>RDE 21 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 200 PSI	26	3/4	2900237	189	26.7	1.05	1.52	0.06	23.63
	33	1	2900220	252	33.4	1.31	1.60	0.06	30.20
	42	1.1/4	2900225	395	42.2	1.66	2.01	0.08	38.14
	48	1.1/2	2902450	514	48.3	1.90	2.29	0.09	43.68
	60	2	2902453	811	60.3	2.37	2.87	0.11	54.58
	73	2.1/2	2900230	1185	73.0	2.87	3.48	0.14	66.07
	88	3	2900233	1761	88.9	3.50	4.24	0.17	80.42
	114	4	2900240	2904	114.3	4.50	5.44	0.21	103.42
	168	6	2904616	5835	168.3	6.62	8.03	0.32	152.22
<b>RDE 26 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 160 PSI	60	2	2900246	655	60.3	2.37	2.31	0.09	55.70
	73	2.1/2	2900248	964	73.0	2.87	2.79	0.11	67.45
	88	3	2900251	1438	88.9	3.50	3.43	0.13	82.04
	114	4	2900254	2376	114.3	4.50	4.39	0.17	105.52
	168	6	2904617	4759	168.3	6.62	6.48	0.25	155.32
<b>RDE 32.5 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 125 PSI	88	3	2900256	1157	88.9	3.50	2.74	0.11	83.42
	114	4	2900258	1904	114.3	4.50	3.51	0.14	107.28
<b>RDE 41 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 100 PSI	114	4	2900261	1535	114.3	4.50	2.79	0.11	108.72

Fuente : Pavco. Disponible en [www.Pavco.com](http://www.Pavco.com)

5.4.3 Filtrado El filtro seleccionado posee una bomba centrífuga, la cual se encarga de impulsar el fluido a través del medio filtrante

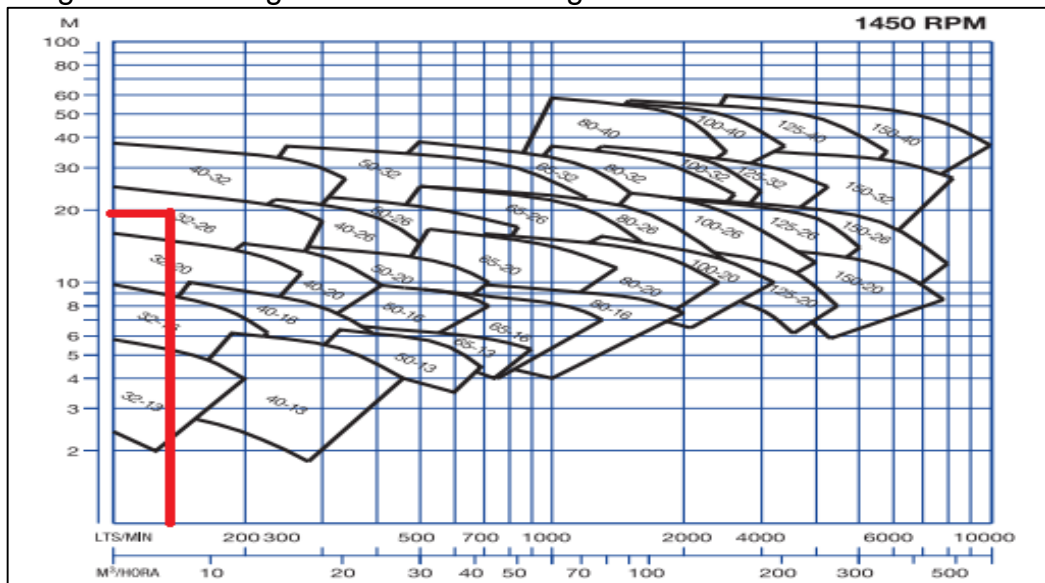
Para determinar la potencia de la bomba se hace necesario saber el diferencial de presión de trabajo del filtro que en este caso es de 196133 Pa

Se expresa la altura de cabeza  $h_a$  en función del diferencial de presión y del peso específico de la siguiente manera

$$h_a = \frac{(p_1 - p_2)}{\gamma} = \frac{196133 \text{ Pa}}{9777 \text{ N/m}^3} = 20.06 \text{ m}$$

De modo que la bomba seleccionada debe cumplir con un caudal seleccionado en el numeral 5.3 de  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  y con una cabeza de altura de 20.06m, además de esto debe funcionar con un motor de 1500 RPM según especificaciones del fabricante. Ver Imagen 57.

Imagen 57. Catálogo de bomba centrífuga



Fuente: Bomba sumergible. Disponible en <http://www.bombasomega.com>

Como se puede observar en la imagen 58, la bomba que cumple con los requisitos es la bomba 32-26, la cual tiene las siguientes características. Ver imagen 58

Imagen 58. Características bomba seleccionada

Modelo Model / Modèle	P2		Ø		Altura / Height / Hauteur (m)	Caudal / Flow / Débit (m³/h)											
	kW	CV	Asp	Imp		4	6	8	10	12	14	16	18				
BMO4-32/125-0.75	0,55	0,75	50	32		6,5	6,3	5,6	4,6								
BMO4-32/160A-0.75	0,55	0,75	50	32		10,1	9,5	8,1									
BMO4-32/160B-0.75	0,55	0,75	50	32		7,5	7,2	7	6,5	6	5						
BMO4-32/160B-1	0,75	1	50	32		9,8	9,7	9,5	9,2	8,5	8,2	6,7					
BMO4-32/200A-0.75	0,55	0,75	50	32		10,8	9,3										
BMO4-32/200A-1	0,75	1	50	32		13,9	13	11									
BMO4-32/200A-1.5	1,1	1,5	50	32		16,7	16,2	15,2	11								
BMO4-32/200B-1	0,75	1	50	32		11,2	11	10,8	10,2	9,2	8						
BMO4-32/200B-1.5	1,1	1,5	50	32		14,2	14,1	14	13,7	13	12	10,6					
BMO4-32/200B-2	1,5	2	50	32		16,9	16,8	16,7	16,3	16	15	14	12,5				
BMO4-32/250-1.5	1,1	1,5	50	32		15,8	15,1	13									
BMO4-32/250-2	1,5	2	50	32		20	19,2	18	15								
BMO4-32/250-3	2,2	3	50	32		22	21,5	20	17,8								

Fuente: Bomba sumergible. Disponible en <http://www.bombasomega.com>

El tiempo de bombeo será de 30 minutos teniendo en cuenta el caudal que proporcionará la bomba seleccionada

5.4.4 Disposición del agua El agua que sale del sistema de filtrado, deberá ser llevada hasta el tanque aéreo para poder ser reutilizada en el lavado de los vehículos, para esto se analizarán las pérdidas que se presentan en el fluido debido a la fricción en la tubería y a los accesorios presentes.

El estudio se realizará igualmente con la ecuación general de la energía

$$\frac{v1^2}{2g} + \frac{P1}{\gamma} + z1 + ha = hf + \frac{v2^2}{2g} + \frac{P2}{\gamma} + z2$$

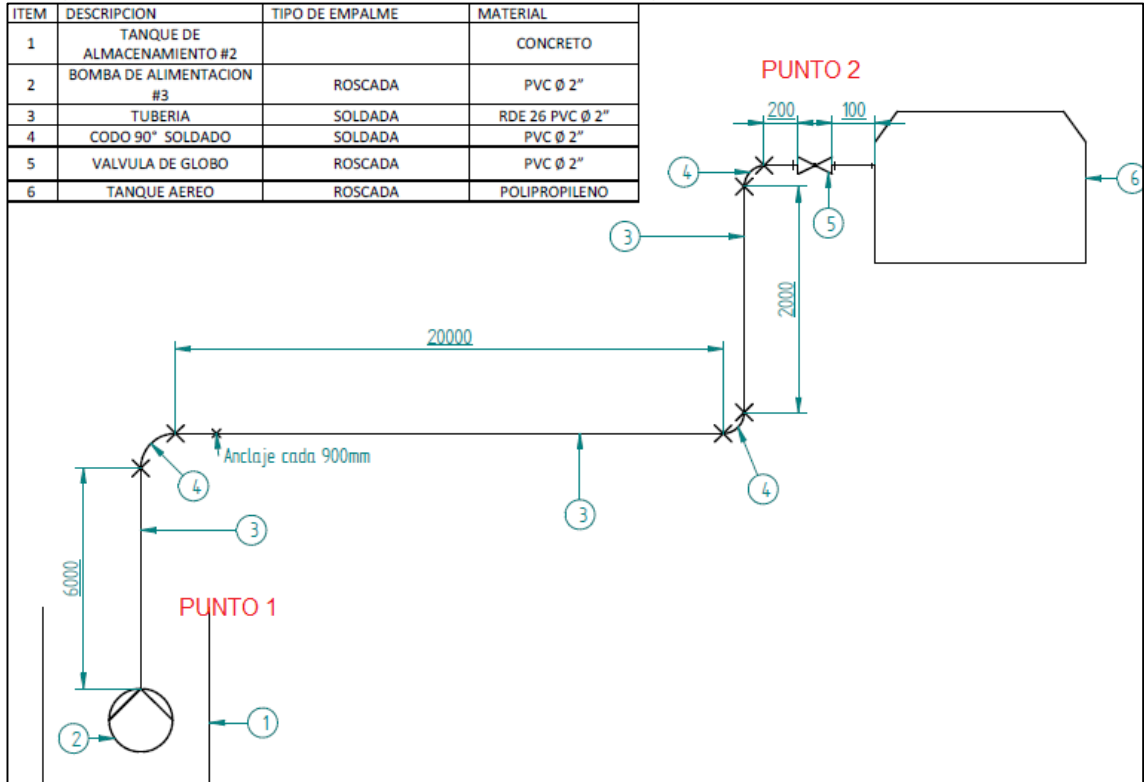
Para este caso se tienen en cuenta las siguientes consideraciones

- ✓ V1 y V2 se toman en los puntos del tanque de almacenamiento #2 y el tanque aéreo respectivamente.
- ✓ V1 se asume con valor de 0 y V2 se asume con un valor de 1.5m/s teniendo en las recomendaciones del RAS 2000<sup>32</sup>
- ✓ P1 y P2 se consideran igual ya que estarán expuestas a la presión atmosférica
- ✓ Se toma como punto de referencia Z1 igual a 0

Ver Imagen 59.

<sup>32</sup> RAS 2000. Op., cit. P. 8

Imagen 59. Puntos de estudio hidráulico de agua tratada



Teniendo en cuenta las consideraciones la ecuación general de la energía queda de la siguiente manera

$$h_a = h_f + z_2 +$$

$$h_a = h_f + z_2 + \frac{v^2}{2g}$$

Para este caso existen 4 tipos de pérdidas de energía, las cuales involucran la tubería y los accesorios, cada tipo de pérdida posee su ecuación característica para determinar su valor.

Es necesario hallar el número de Reynolds debido a que se toma una velocidad mayor a los análisis anteriores.

$$NR = \frac{1.5m/s * 0.05448m * 997kg/m^3}{0,890 * 10^{-3} Pa * s} = 91544$$

El número de Reynolds nos muestra un régimen turbulento por lo que es necesario hacer uso del diagrama de Moody para obtener el valor  $f$ , el diagrama de Moody

compara el valor de Reynolds y la rugosidad relativa que es el cociente entre la rugosidad del material y el diámetro del conducto

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{D}$$

La tubería de PVC posee una rugosidad de 0.0015 mm lo cual nos otorgaría una rugosidad relativa de 0.00002

Haciendo uso del diagrama de Moody el valor de  $f$  sería de 0.018

Con esto reemplazamos en la ecuación de pérdida y encontramos su magnitud

✓  $h_1 = f \left(\frac{L}{D}\right) \left(\frac{v^2}{2g}\right)$  Pérdida por fricción en la tubería de conducción del fluido

$$h_1 = 0.018 \left(\frac{28300}{54.48}\right) \left(\frac{(1.5\text{m/s})^2}{2 * 9.81\text{m/s}^2}\right) = 1.07\text{m}$$

✓  $h_2 = ft \left(\frac{Le}{D}\right) \left(\frac{v^2}{2g}\right)$  Pérdida en codo 90°(3 codos)

$$h_2 = 0.019(30) \left(\frac{(1.5\text{m/s})^2}{2 * 9.81\text{m/s}^2}\right) = 0.065\text{m} = 0.27\text{m}$$

✓  $h_3 = ft \left(\frac{Le}{D}\right) \left(\frac{v^2}{2g}\right)$  Pérdida en válvula

$$h_3 = 0.019(340) \left(\frac{1.5^2}{2 * 9.81\text{m/s}^2}\right) = 0.74\text{m}$$

✓  $h_4 = k \left(\frac{v^2}{2g}\right)$  Pérdida en la entrada del tubo conductor

$$h_4 = 0.5 \left(\frac{(1.5\text{m/s})^2}{2 * 9.81\text{m/s}^2}\right) = 0.057\text{m}$$

La pérdida total de energía  $h_f$  se determina mediante la suma de las 4 pérdidas halladas.

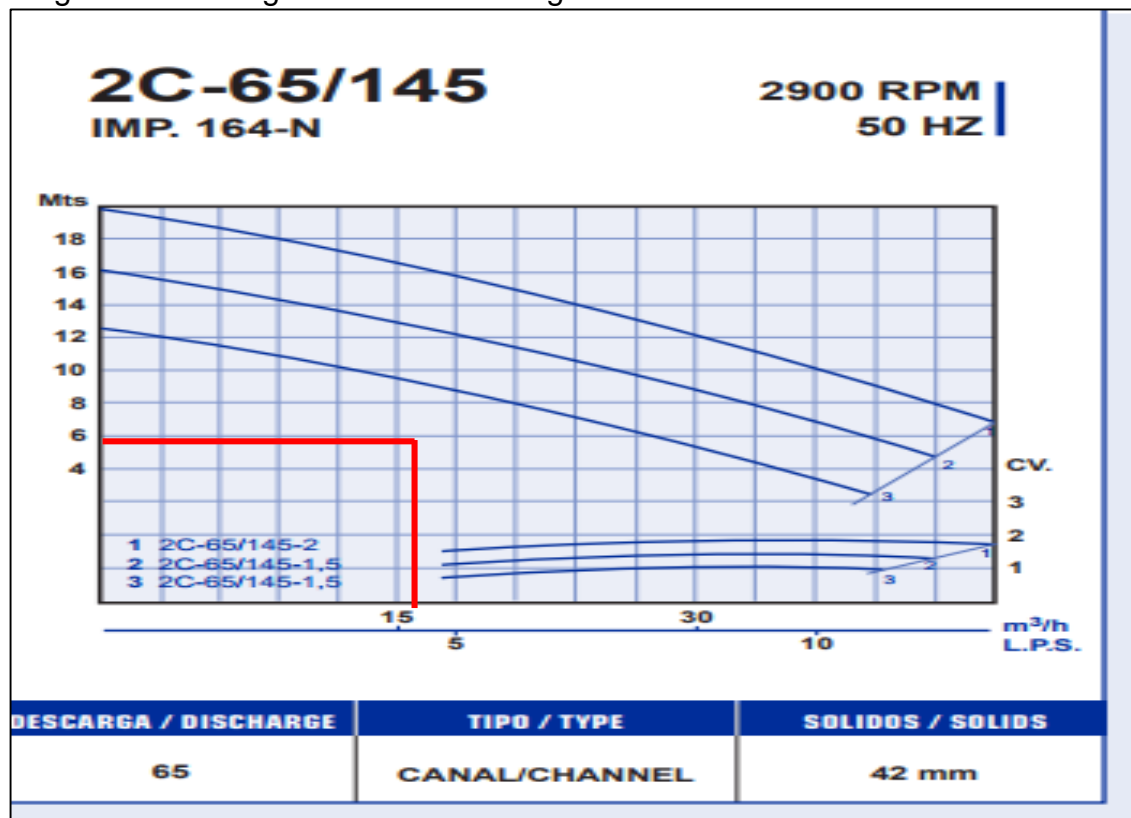
$$h_f = 1.07 + 0.27 + 0.74 + 0.057 = 2.137\text{m}$$

El valor de  $z_2$  corresponde a la altura a la cual debe ser llevada el agua corresponde a 4m, conociendo los valores de las incógnitas se puede conocer el valor  $h_a$  de la bomba a seleccionar

$$h_a = 4m + 2.137m + \left( \frac{(1.5m/s)^2}{2 * 9.81m/s^2} \right) = 6.25m$$

Para conocer la bomba requerida, se hace uso de la curva de rendimiento que proporcionan los fabricantes, la cual involucra la cabeza de altura de la bomba y el caudal que debe proporcionar. Ver Imagen 60.

Imagen 60. Catálogo de bomba sumergible



Fuente: Bomba sumergible. Disponible en <http://www.bombasomega.com>

Como se puede observar en la imagen 56, la bomba seleccionada es la bomba 2C-65/145-3, la cual tiene las siguientes características. Ver imagen 61.



Imagen 61. Características bomba seleccionada

HOJA DATOS TECNICOS 50 Hz, 380 V. TECHNICAL DATA SHEET 50 Hz, 380 V. PAGE INFORMATION TECHNIQUE 50 Hz, 380 V.							
Tipo Bomba Pump Type Type Pompes	Potencia CV/Kw Power HP/Kw Puissance CV/Kw	Intensidad Nominal a 380V Nominal Current at 380V Intensité Nominale á 380V	Tensión Nominal Nominal Voltage Voltage Nominal	COS PHI COS PHI COS PHI	Rendimiento Motor Motor Efficiency Rendement Moteur	Peso Bomba Kgs. Pump Weight Kgs. Poids Pump Kgs.	Peso Zócalo Kgs. Anchoring base weight Kgs. Fondation fixe Kgs.
2C-65/145-1,5	1,5/1,1	4,8	220/380V	0,6	55%	34	30
2C-65/145-2	2/1,5	5,2	220/380V	0,75	60%	34	30
2C-65/145-3	3/2,2	6	220/380V	0,8	70%	36	30
2C-65/145-4	4/3	6,6	220/380V	0,86	79%	36	30
2C-65/170-5,5	5,5/4	9,3	220/380V	0,84	79%	91	30
2C-65/170-7,5	7,5/5,5	12,3	220/380V	0,85	80%	92	30
2C-80/145-3	3/2,2	6	220/380V	0,8	70%	45	43
2C-80/145-4	4/3	6,6	220/380V	0,86	79%	45	43
2C-80/145-5,5	5,5/4	9,3	220/380V	0,84	79%	84	43
2C-80/145-7,5	7,5/5,5	12,3	220/380V	0,85	80%	84	43
2C-80/220-10	10/7,5	17	380/660V	0,82	81%	146	56
2C-80/220-12,5	12,5/9,2	19	380/660V	0,87	84%	146	56
2C-80/220-15	15/11	25	380/660V	0,81	83%	163	56
2C-80/220-20	20/15	30	380/660V	0,88	85%	163	56
2C-80/220-25	25/18,5	40	380/660V	0,83	84%	166	56
2C-80/220-30	30/22	45	380/660V	0,88	85%	178	56

Fuente: Bomba sumergible. Disponible en <http://www.bombasomega.com>

## 5.5 CONEXIÓN ELÉCTRICA

Para la conexión de los componentes eléctricos se debe tener en cuenta la potencia de cada uno de ellos y su voltaje para poder determinar la corriente empleada en su funcionamiento, esto se hace para seleccionar el número del conductor eléctrico a utilizar. Ver Tabla 13.

Tabla 13. Potencias de quipos

EQUIPO	VOLTAJE (V)	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	FASE
<b>Bomba de alimentación #1</b>	220	1100	6,25	Monofásica
<b>Bomba de alimentación #2</b>	220	2200	12,5	Monofásica
<b>Bomba centrífuga</b>	220	2200	12,5	Monofásica
<b>Motorreductor</b>	220	1500	7,21	Trifásica
<b>Total</b>		<b>7000</b>	<b>38,46</b>	

De acuerdo a los resultados de la tabla 13, la selección del cableado queda de la siguiente manera. Ver Tabla 14.

Tabla 14. Selección de cableado AWG

<b>EQUIPO</b>	<b>CABLE AWG</b>
<b>Bomba de alimentación #1</b>	14
<b>Bomba de alimentación #2</b>	12
<b>Bomba centrífuga</b>	12
<b>Motorreductor</b>	14
<b>CONECTOR PRINCIPAL</b>	4

Para la selección de conductores y elementos eléctricos se tuvo en cuenta el reglamento de técnico de instalaciones eléctricas o Retie, al igual que la norma técnica NTC 2050 , la cual reglamenta la legislación colombiana y es de estricto cumplimiento.<sup>33</sup>. Ver anexo H. plano 13.

---

<sup>33</sup> REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS- RETIE. Ministerio De Minas y Energía. Recuperado de: <https://www.minminas.gov.co/retie>

## 6.SIMULACIONES POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

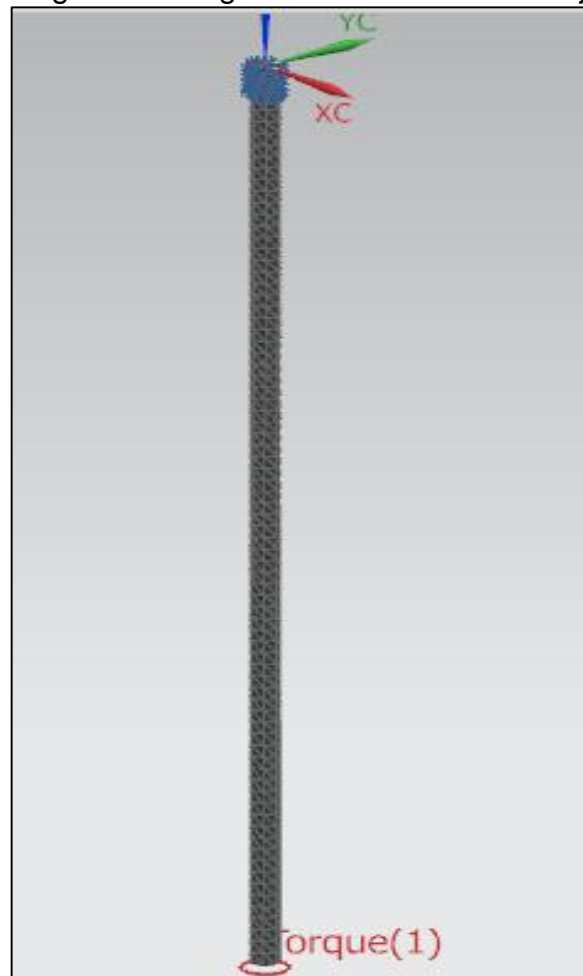
En este capítulo se comprobarán los cálculos analíticos que se desarrollaron en el capítulo número 5, dicha comprobación se realizará por el método de elementos finitos en el software de simulación avanzada Nx 9.0

### 6.1 SIMULACIÓN DEL EJE DE AGITACIÓN

El eje de agitación se desarrolló analíticamente bajo la acción de dos fuerzas que son el momento torsor y el momento flector, dicho cálculo analítico nos arrojó un diámetro de 35mm, el cual se someterá a una simulación por medio de elementos finitos para verificar que el diseño cumpla satisfactoriamente con las condiciones estipuladas.

Para ello se le asignan las cargas. Ver Imagen 62.

Imagen 62. Cargas de simulación en el eje



El eje posee una restricción fija en su extremo superior, dicha restricción está basada en el efecto que produce el acople rígido que se seleccionó en la fase de diseño

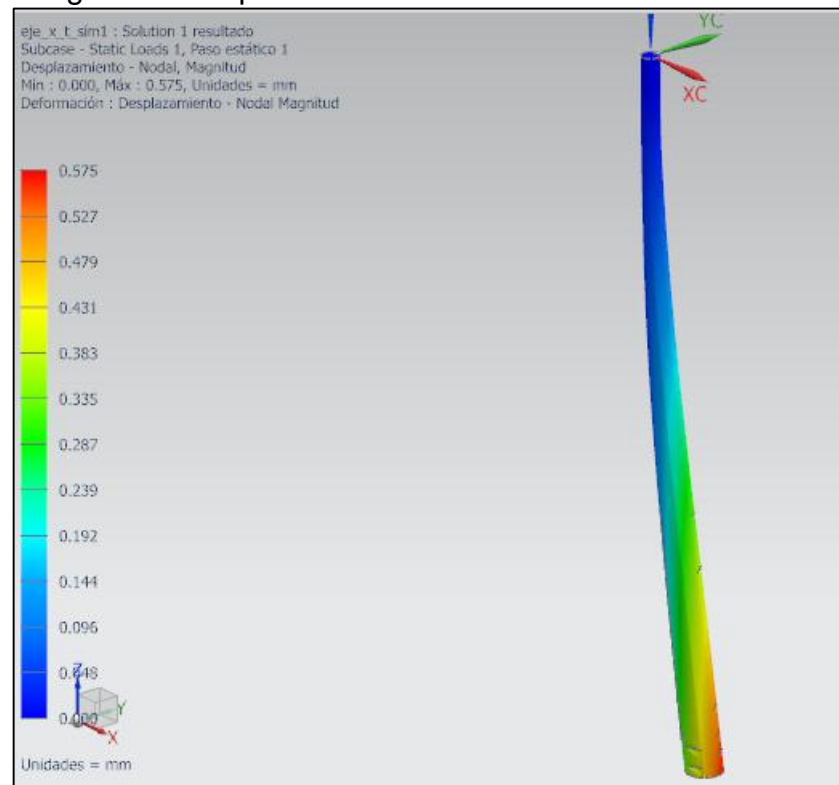
En el extremo inferior posee un par torsor de 1037 lb\*in, el cual otorga el motorreductor seleccionado. (Véase imagen 45)

El eje se simuló con acero 304L el cual posee una excelente protección contra la corrosión y un límite de fluencia de 227.527 MPa

✓ Resultados de la simulación

El primer resultado que se analizó fue el de magnitud del desplazamiento nodal. Ver Imagen 63.

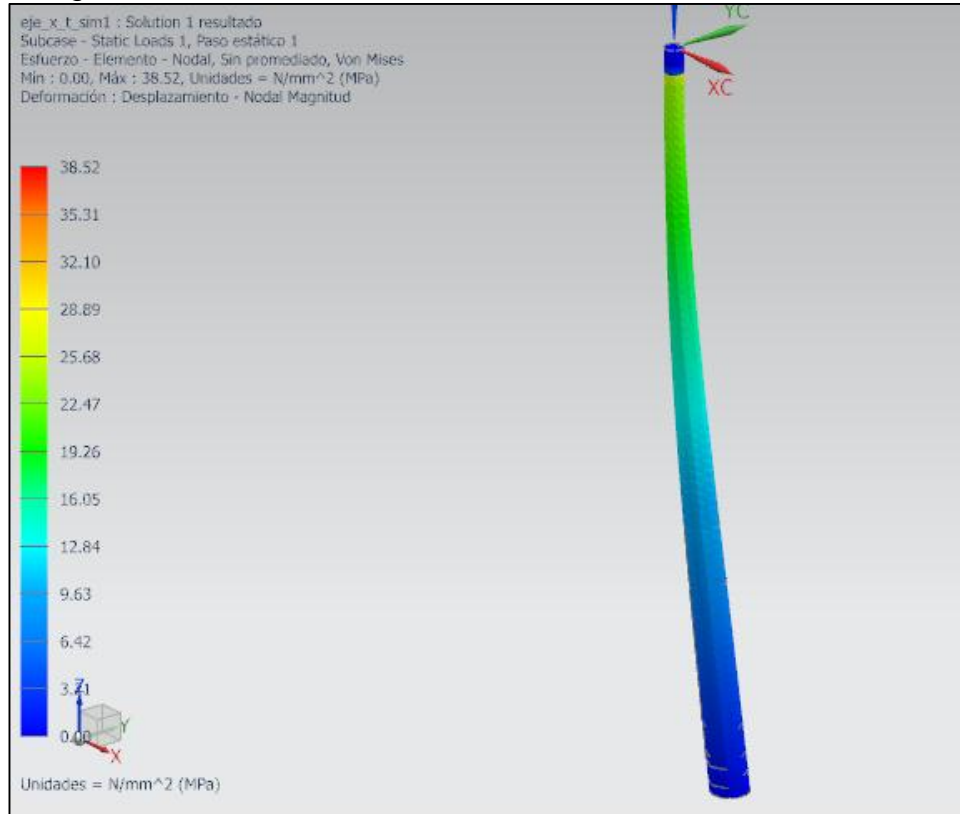
Imagen 63. Desplazamiento nodal



Como se observa en la imagen el desplazamiento nodal máximo se da en su extremo inferior que estará sujeto a la propela de agitación, el valor máximo fue de 0.575 mm, dicho valor no afecta la integridad del eje

El segundo análisis se realiza con el esfuerzo von mises para determinar el factor de seguridad que nos arroja la simulación. Ver Imagen 64.

Imagen 64. Esfuerzo von mises



El factor de seguridad se obtiene del cociente del límite de fluencia y el máximo esfuerzo generado que en este caso sería de 38.52 MPa

$$FS = \frac{227.527 \text{ MPa}}{38.52 \text{ MPa}} = 5.9$$

El factor de seguridad nos indica que el eje soporta las cargas anteriormente mencionadas sin que se vea perjudicada su integridad estructural

## 6.2 SIMULACIÓN BASE DEL MOTORREDUCTOR

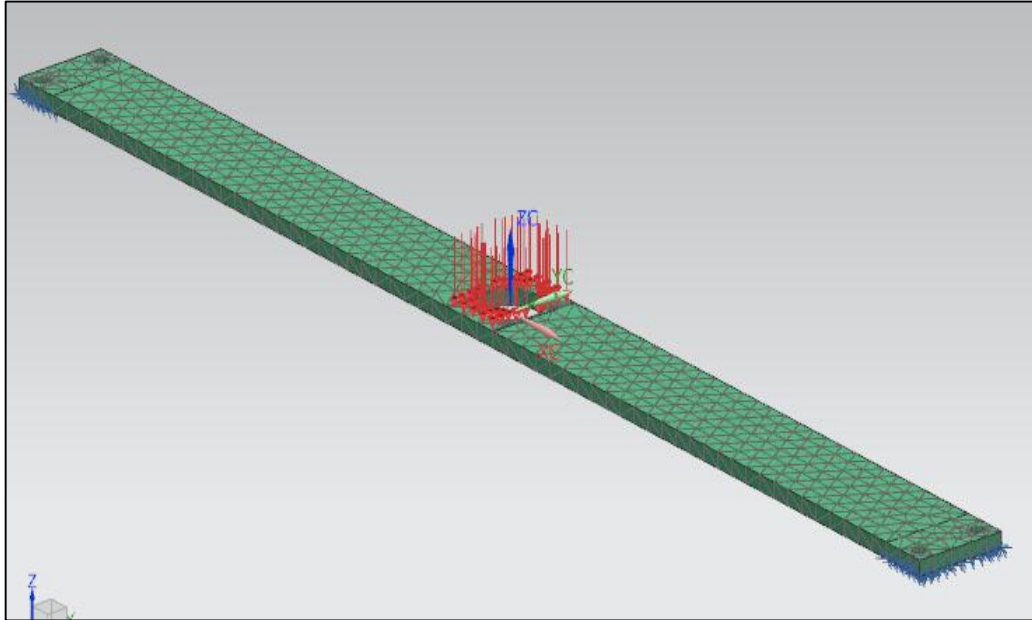
La base del motorreductor hace parte de la estructura soporte que deberá proveer una superficie estable y segura para el funcionamiento de la agitación

De forma analítica se encontraron los perfiles estructurales que soportarían la base en sus extremos, es por esto que por medio del método de elementos finitos se

realizara la comprobación de la base que soportará el peso del motorreductor y del conjunto de agitación que incluye el eje y la propela

Para ello se le aplican las cargas a la que estará sometida. Ver Imagen 65.

Imagen 65. Cargas de simulación en la base del motorreductor



La base posee doble restricción fija en sus extremos, dicha restricción está basada en la estabilidad que le debe dar la estructura soporte al eje agitador

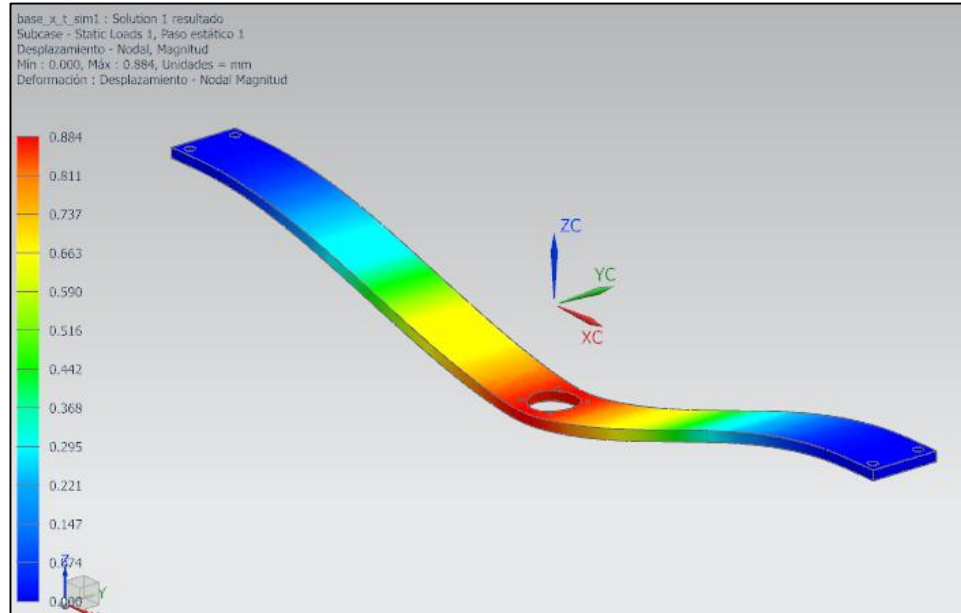
En la mitad de la base posee una fuerza de 484.70N que es el peso que debe soportar la base

La base se simuló con acero estructural A36 que posee un límite de fluencia de 250 Mpa

✓ Resultados de la simulación

El primer resultado que se analizó fue el de magnitud del desplazamiento nodal. Ver Imagen 66.

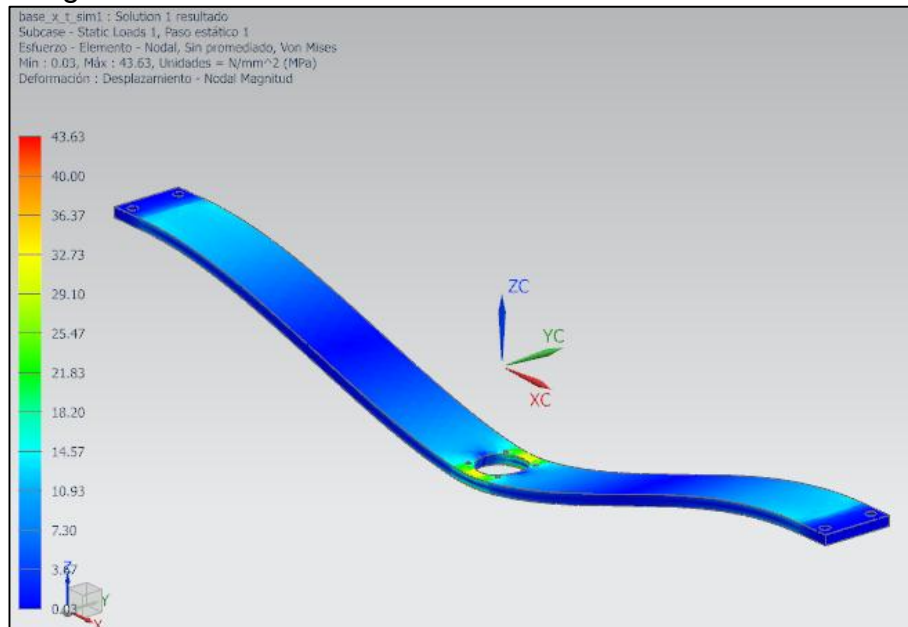
Imagen 66. Desplazamiento nodal



Como se observa en la imagen 66, la mayor deflexión se presenta en el área donde estará soportado todo el peso del motorreductor, con un valor de deflexión máximo de 0.884mm, el cual no representa un peligro para la integridad estructural de la base

El segundo análisis se realiza con el esfuerzo von mises para determinar el factor de seguridad que nos arroja la simulación. Ver Imagen 67.

Imagen 67. Esfuerzo de von mises



El factor de seguridad se obtiene del cociente del límite de fluencia y el máximo esfuerzo generado que en este caso sería de 43.63 MPa

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{43.63 \text{ MPa}} = 5.7$$

El factor de seguridad nos indica que la base soporta las cargas de pandeo anteriormente mencionada sin que se vea perjudicada su integridad estructural.

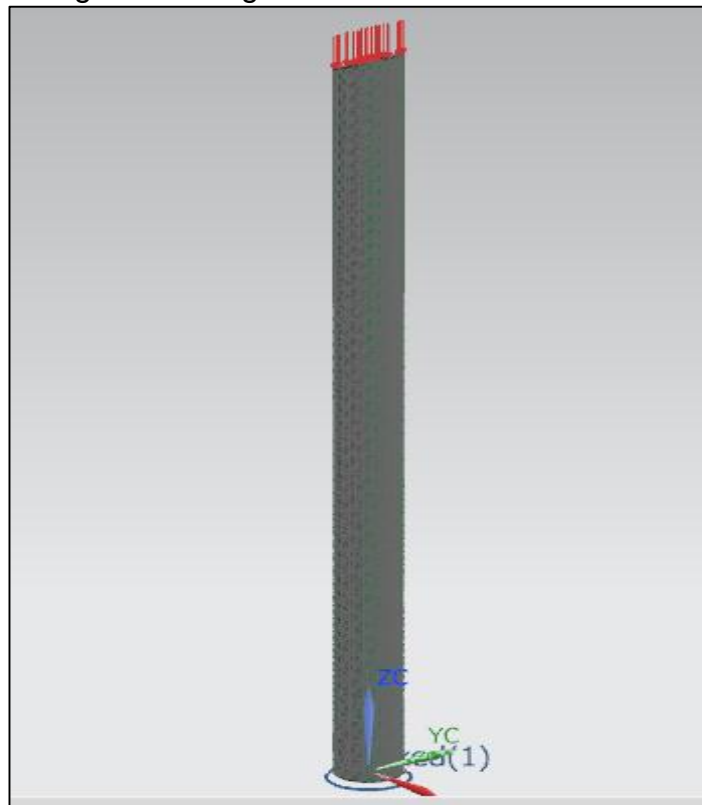
### 6.3 SIMULACIÓN DE LA COLUMNA DE SOPORTE

La columna será la encargada de soportar todo el peso del tanque de agitación más el peso que produce el agua dentro del tanque

El peso total que debe soportar multiplicado por la fuerza de gravedad es de 60416.47N, donde cada columna soportara  $\frac{1}{4}$  de la carga equivalente a 15104.11 N.

La columna se simulo con su material de construcción AISI SAE 1015 con un límite de fluencia de 317 MPa. Ver Imagen 68

Imagen 68. Cargas de simulación en la columna



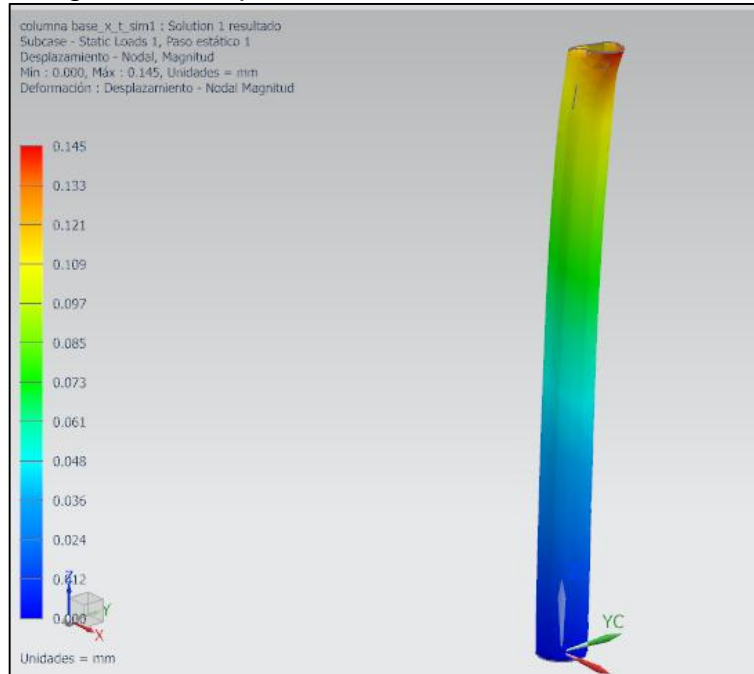


La columna soportará la fuerza en su cara superior y en su cara inferior se encontrará con una restricción fija

✓ Resultados de la simulación

El primer resultado que se analizó fue el de magnitud del desplazamiento nodal. Ver Imagen 69.

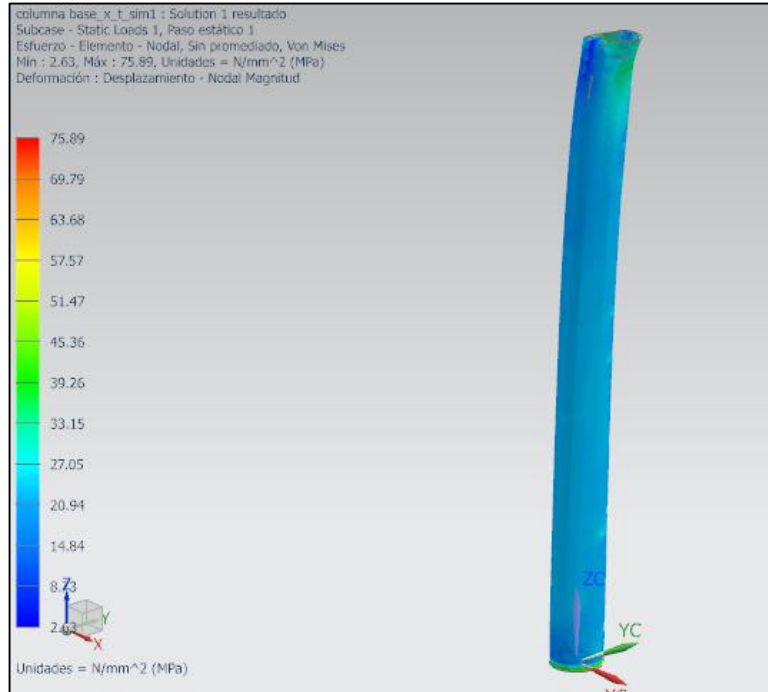
Imagen 69. Desplazamiento nodal



Como se observa en la imagen el desplazamiento nodal máximo se da en su extremo superior que estará expuesto a la fuerza de pandeo, el valor máximo fue de 0.145 mm, dicho valor no afecta la integridad de la columna

El segundo análisis se realiza con el esfuerzo von mises para determinar el factor de seguridad que nos arroja la simulación. Ver Imagen 70.

Imagen 70. Esfuerzo von mises



El factor de seguridad se obtiene del cociente del límite de fluencia y el máximo esfuerzo generado que en este caso sería de 75.89 MPa

$$FS = \frac{317 \text{ MPa}}{75.89 \text{ MPa}} = 4.17$$

El factor de seguridad indica que la columna soporta las cargas de pandeo anteriormente mencionada sin que se vea perjudicada su integridad estructural.

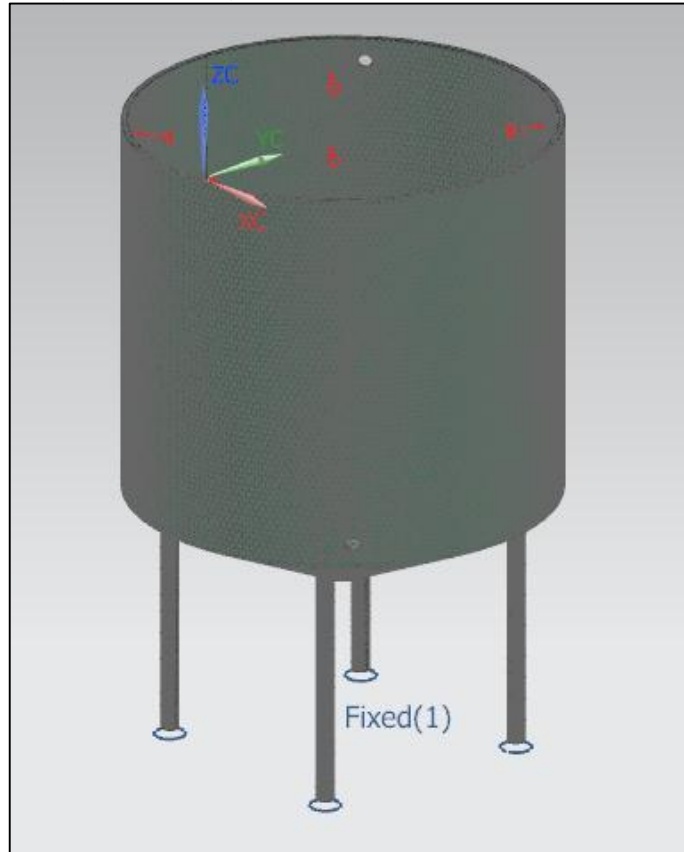
#### 6.4 SIMULACIÓN DEL TANQUE DE AGITACIÓN

En este análisis lo que se pretende es comprobar por el método de elementos finitos los cálculos que se realizaron analíticamente que abarcan el espesor del tanque, el peso del agua en el fondo del tanque y el comportamiento general de la resistencia estructural.

Para esto en la simulación se introducen las cargas del peso del agua actuando sobre el fondo del tanque, la presión hidrostática del agua actuando sobre las paredes del tanque y las restricciones fijas en sus apoyos

El tanque se simuló en acero inoxidable 316 el cual posee un límite de fluencia de 268.895 MPa. Ver Imagen 71.

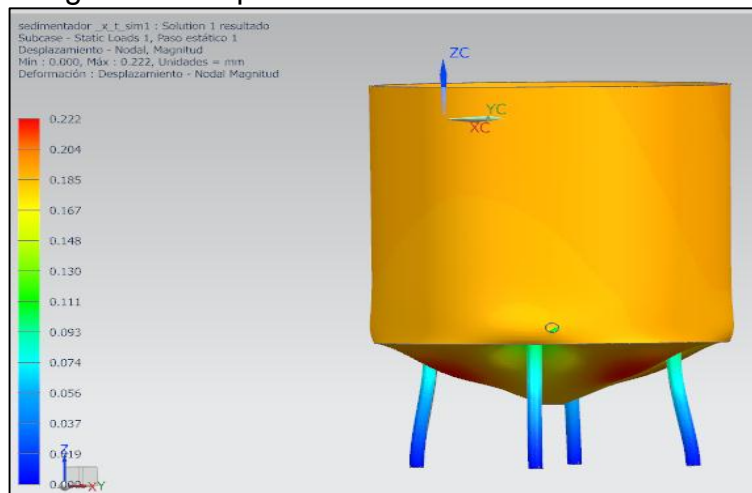
Imagen 71. Cargas de simulación



✓ Resultados de la simulación

El primer resultado que se analizó fue el de magnitud del desplazamiento nodal. Ver Imagen 72.

Imagen 72. Desplazamiento nodal



Como se observa en la imagen el desplazamiento nodal máximo se da en la cara inferior del tanque, la cual soporta el peso del agua, el valor máximo fue de 0.222 mm, dicho valor no afecta la integridad del tanque

El segundo análisis se realiza con el esfuerzo von mises para determinar el factor de seguridad que arroja la simulación. Ver Imagen 73.

Imagen 73. Esfuerzo von mises



El factor de seguridad se obtiene del cociente del límite de fluencia y el máximo esfuerzo generado que en este caso sería de 113.28 MPa

$$FS = \frac{227.527 \text{ MPa}}{113.28 \text{ MPa}} = 2$$

El factor de seguridad indica que el tanque de agitación soporta las cargas anteriormente mencionadas sin que se vea perjudicada su integridad estructural.

## 7.MANUALES

En este capítulo se enunciarán los procedimientos que deben llevarse a cabo en la instalación, operación y mantenimiento para que sirvan de soporte a la empresa TRANSLOGAM SAS <sup>34</sup>

### 7.1 MANUAL DE INSTALACIÓN.

Para empezar la instalación de los equipos que componen el tratamiento del agua residual es necesario realizar la instalación de cada uno de los subsistemas e un orden específico como se va a mencionar a continuación

7.1.1 Instalación del pretratamiento Abarca la instalación de las rejillas de cribado, el trampa de grasas y el tanque de almacenamiento

#### ✓ Cribado

Se debe instalar lo más cercano posible al área de lavado, con una inclinación acorde que facilite la recolección de residuos sólidos de gran tamaño.

#### ✓ Trampa de grasas

Se toman en cuenta las recomendaciones de instalación del fabricante y se ajustan según las necesidades específicas.<sup>35</sup>

#### ✓ Instale la trampa lo más cercano posible a la fuente de captación del agua

✓ La trampa de grasas se puede instalar con la tapa a ras del piso o totalmente enterrada, se recomienda instalar totalmente enterrada, pero teniendo en cuenta el espacio necesario para poder retirar la tapa

✓ Evite tramos largos de conexión entre la fuente de captación de agua a tratar y la trampa de grasas, esta medida no puede ser mayor a 7.6mts, ya que la grasa podría obstruir la tubería

✓ Instale un control de flujo cuando considere que puede haber crecidas súbitas del caudal que soportara la trampa de grasas

✓ La trampa de grasa debe poseer un soporte nivelado que no genere cambios en el comportamiento del fluido en su interior.

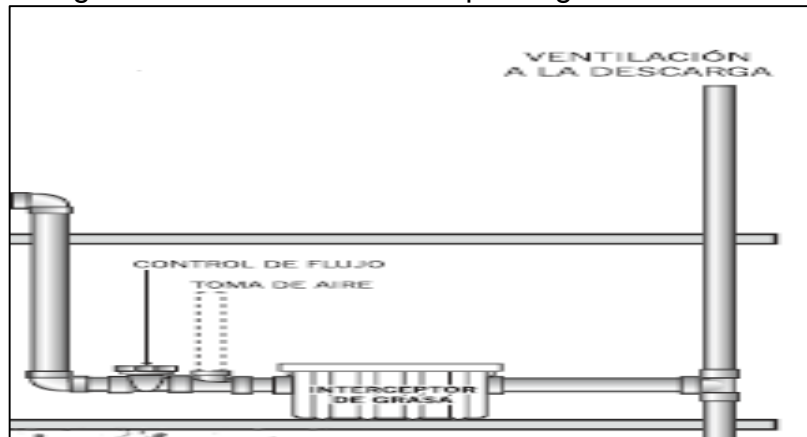
---

<sup>34</sup> DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. RAS 2000. República De Colombia Ministerio De Desarrollo Económico Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico.

<sup>35</sup> Ibid., p.4

Ver Imagen 74.

Imagen 74. Instalación del trampa de grasa enterrada



Fuente Trampa para grasas. Disponible en <http://www.durman.com.co>

✓ Instalación tanque de almacenamiento #1

Se instalará después de la trampa de grasas, en su interior llevará la bomba sumergible que será accionada mediante un flotador que comprueba el nivel de agua dentro del tanque

Debe cumplir con las siguientes recomendaciones técnicas aportadas al trabajo por un arquitecto especializado en el diseño de tanques subterráneos

Imagen 75. Especificaciones de concreto

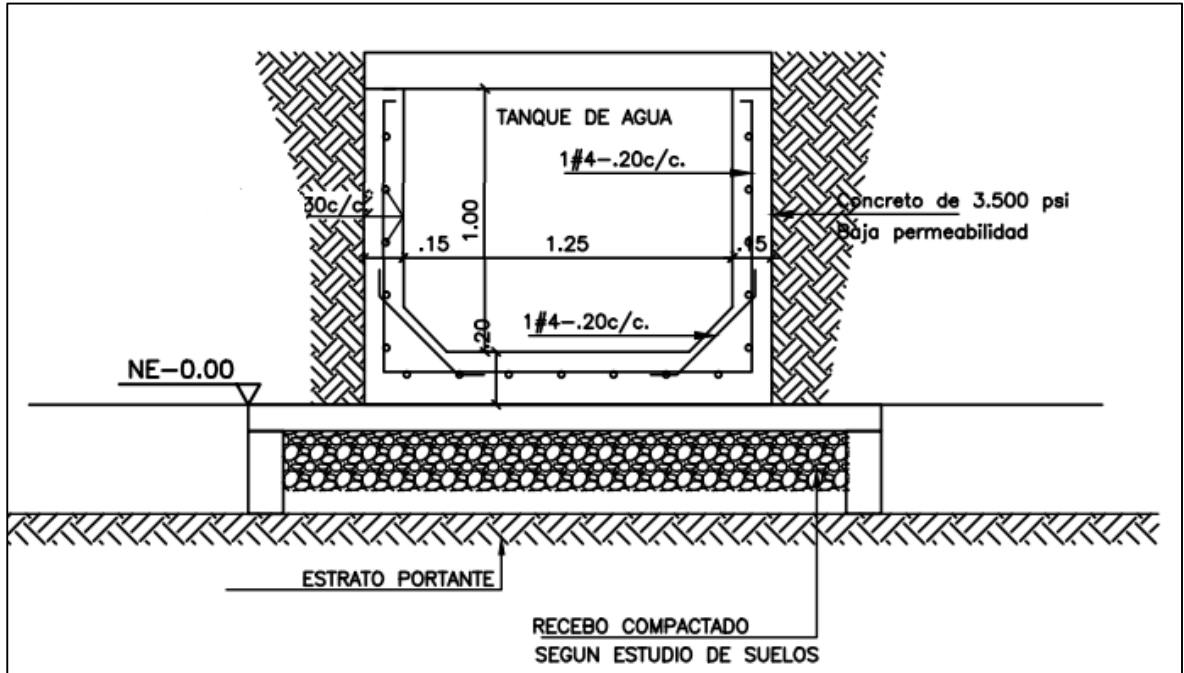
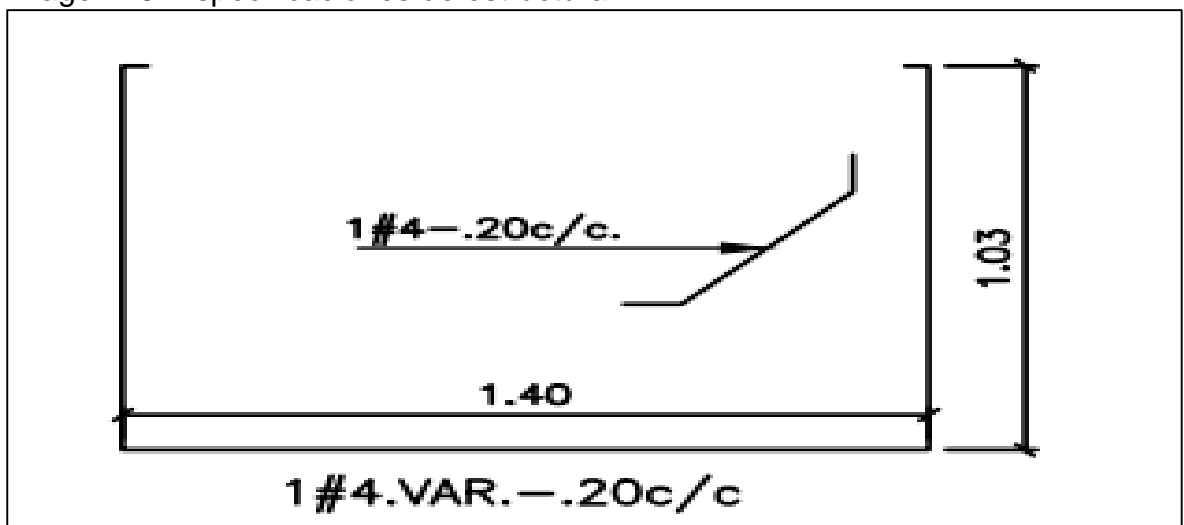


Imagen 76. Especificaciones de estructura

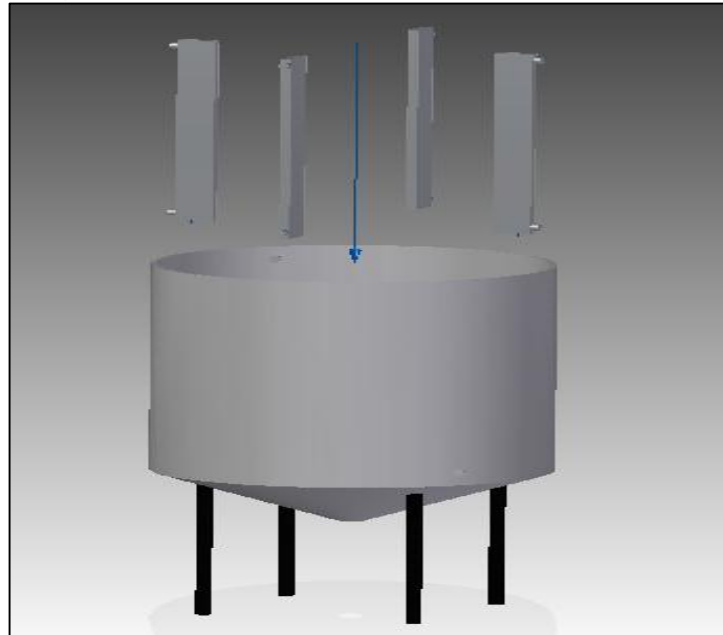


7.1.2 Instalación del sistema primario Abarca la correcta instalación de las piezas que componen todo el sistema de agitación

✓ Primer paso

Coloque el tanque del sedimentador en una superficie plana, luego instale las placas deflectoras a una distancia equivalente a  $\frac{1}{4}$  de diámetro, tal como lo muestra la siguiente imagen. Ver Imagen 70.

Imagen 77. Instalación placas deflectoras

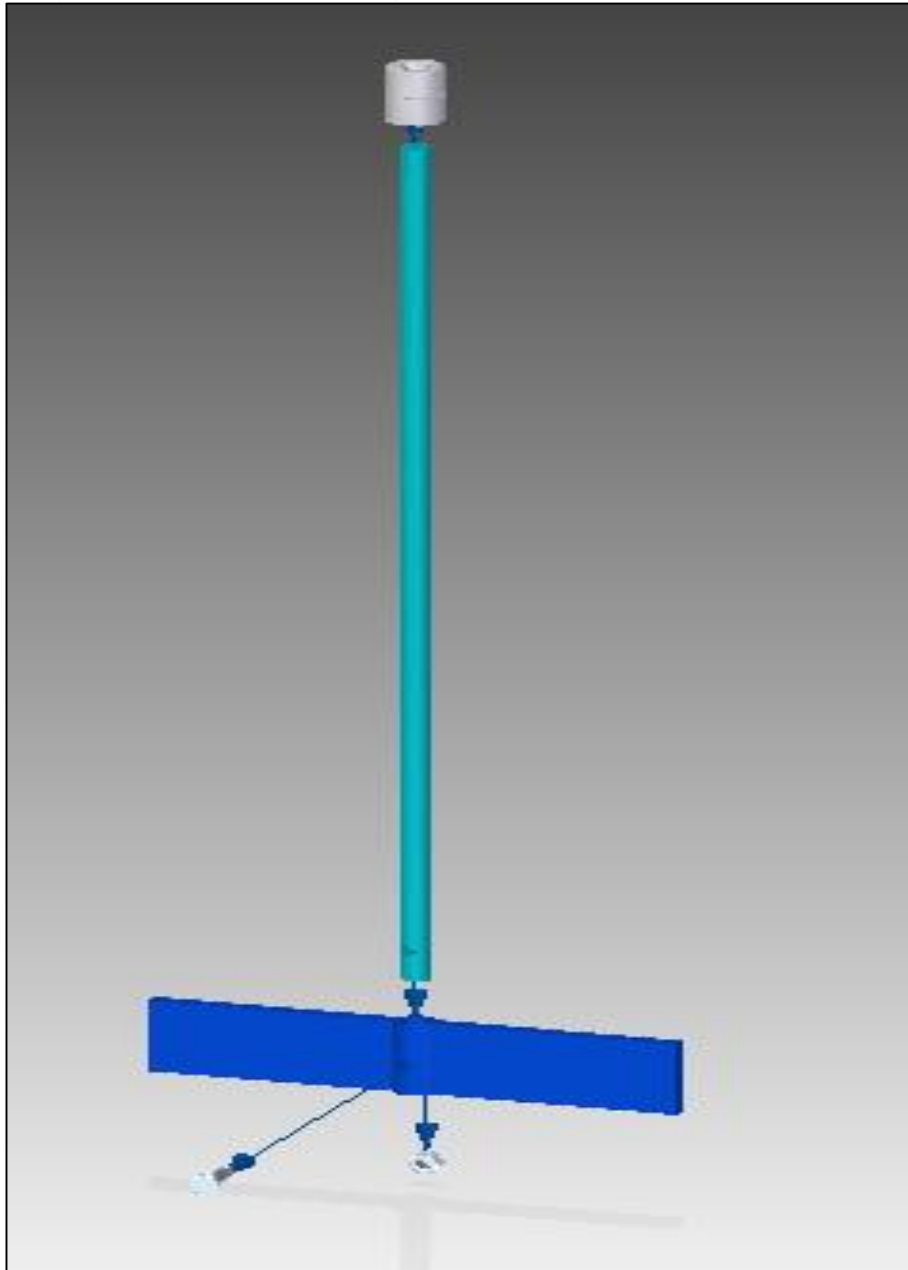


✓ Segundo paso

Acople la propela al eje mediante un tornillo M20, y el eje al acople rígido mediante una cuña de 5/16 pulgadas, asegúrese de que los tornillos del acople posean un torque de apretamiento de 190 Lb.in como lo recomienda el fabricante. Ver Imagen 78.



Imagen 78. Acople eje de agitación



✓ Tercer paso

Instale la base que soportara el motorreductor, para esto es necesario soldar al tanque de sedimentación los ángulos que servirán como soporte, a estos ángulos se atornillara la base que sostendrá el motorreductor. Ver Imagen 79.

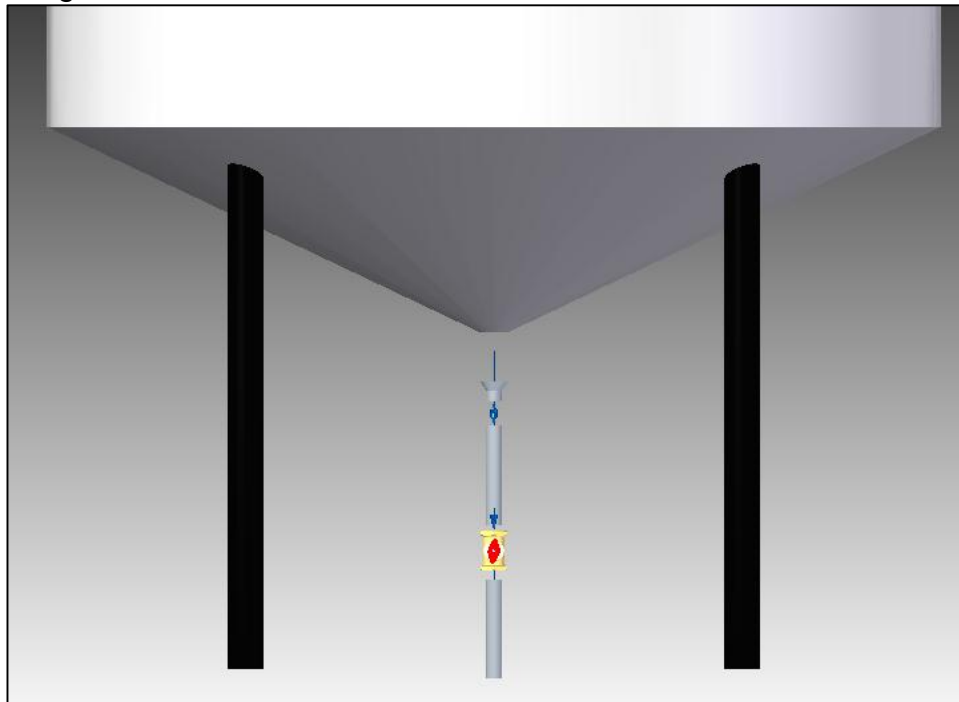
Imagen 79. Instalación base del motorreductor



✓ Cuarto paso

Instale el acople, la tubería y la válvula de compuerta para la extracción del lodo que se genera en el sedimentador

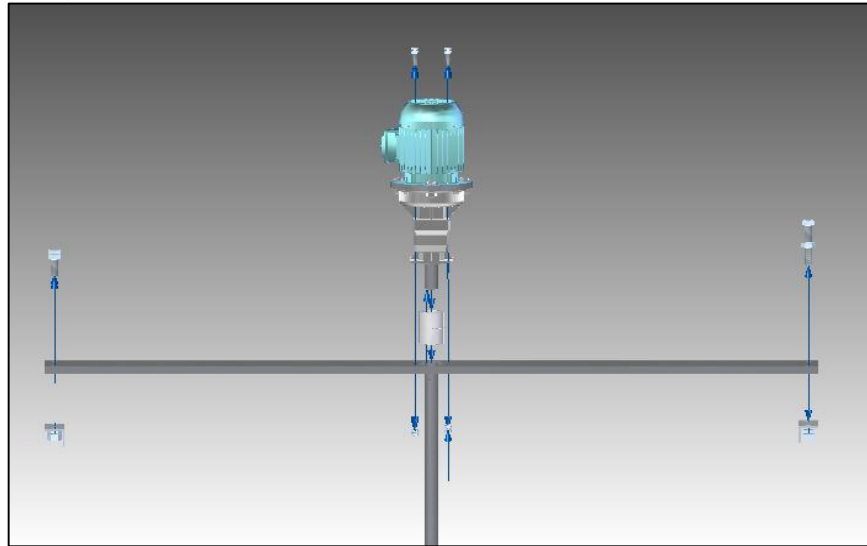
Imagen 80. Instalación tubería de extracción del lodo



✓ Quinto paso

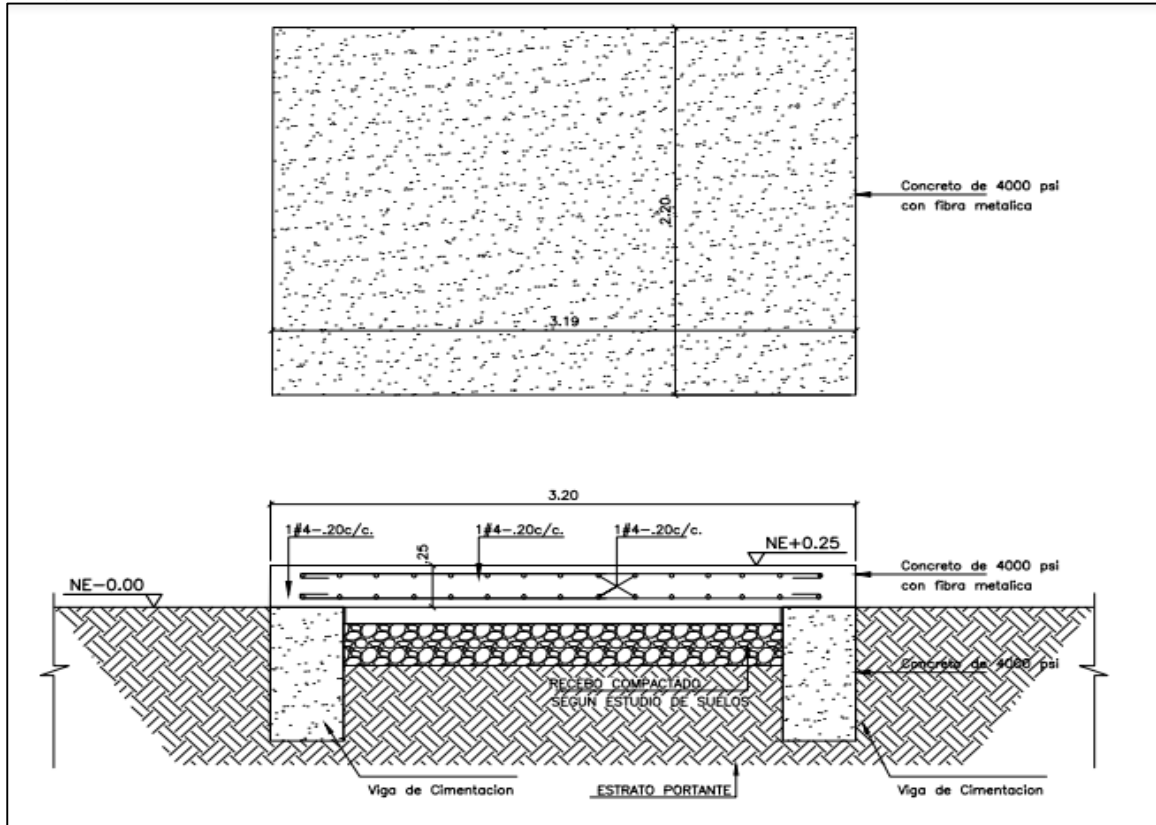
El último paso abarca la instalación del motorreductor, el cual se deberá atornillar a la base y unir al acople rígido el cual lo conecta al eje de agitación. Ver imagen 81.

Imagen 81. Instalación motorreductor



La instalación del agitador debe realizarse sobre una base de concreto apropiada que soporte el peso del equipo sin que se vea perjudicada su integridad, para esto se deben cumplir las siguientes recomendaciones. Ver imagen 82

Imagen 82. Placa de soporte agitador



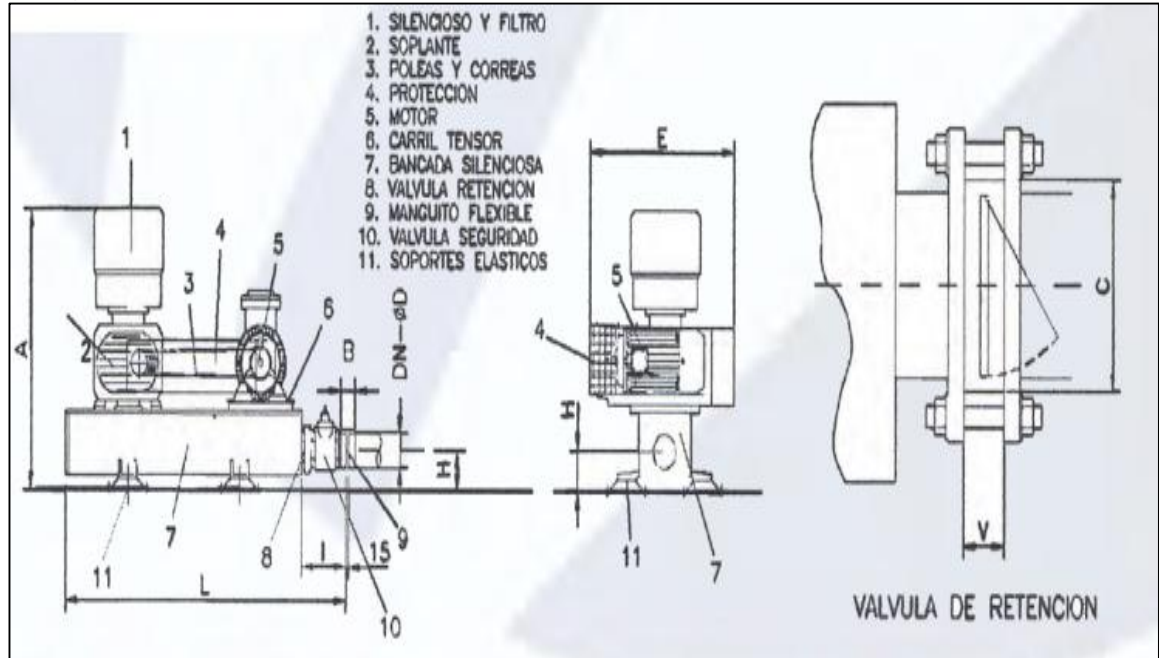
7.1.3 Instalación del filtro Se toman en cuenta las recomendaciones de instalación del fabricante las cuales se deben seguir para un correcto funcionamiento, incluyen la instalación del sistema soplante y la instalación de las boquillas de agua.

La estructura interna ya viene instalada de fábrica<sup>36</sup>.

- ✓ Se debe proporcionar una superficie totalmente plana que soporte el peso del filtro
- ✓ El sistema soplante se debe instalar según recomendación del fabricante. Ver Imagen 74.

<sup>36</sup> Ibid., p. 7

Imagen 83. Instalación del sistema soplante

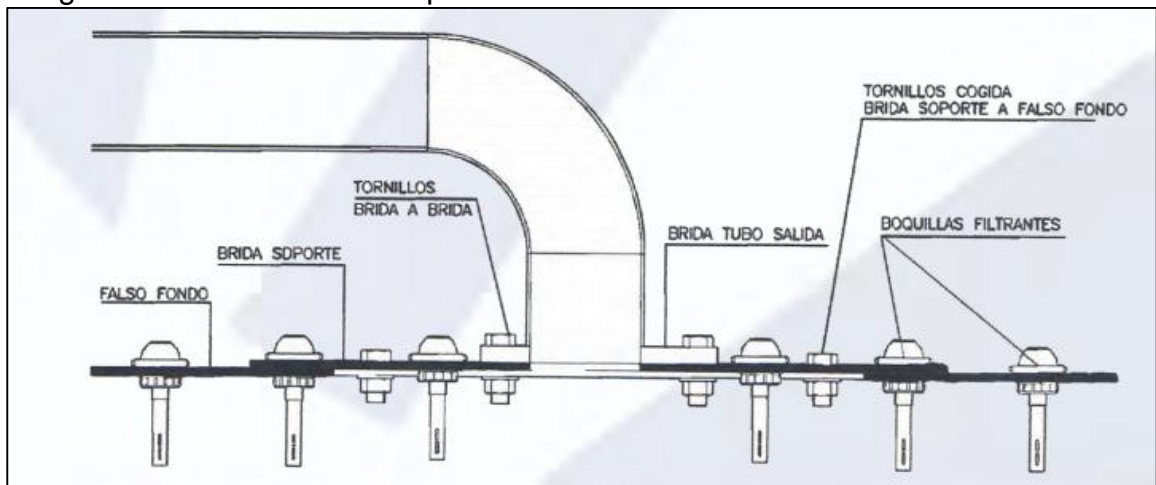


Fuente: Hidrometálica. Disponible en <http://hidrometalica.com/filtro-de-arena/>

- ✓ Las boquillas deben estar correctamente instaladas para evitar posibles fugas que pueden ocasionar grandes daños debido a la presión de servicio del filtro

Ver Imagen 84.

Imagen 84. Instalación de boquillas



Fuente: Hidrometálica. Disponible en <http://hidrometalica.com/filtro-de-arena/>

- ✓ Se debe instalar un tanque de almacenamiento para recolectar el agua filtrada y poder ser suministrada al tanque aéreo para luego ser reutilizada en el lavado

de los vehículos, se deben seguir las mismas instrucciones de instalación que las del tanque de almacenamiento #1

7.1.4 Instalación de tubería La correcta instalación de la tubería juega un papel importante en la instalación de los sistemas que componen la planta, la mayoría del sistema de tuberías se realiza en PVC por lo que para su correcta instalación, se remite al manual técnico de la empresa fabricante de tuberías en pvc PAVCO<sup>37</sup>

✓ Accesorios soldados

Para la unión de accesorios soldados se deben seguir las siguientes instrucciones, se recomienda el uso de la soldadura líquida de pavco

1. Realizar el corte de la tubería con la ayuda de una escuadra para asegurar la rectitud del corte. Ver Imagen 85.

Imagen 85. Paso 1



Fuente: Pavco. Disponible en [www. Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

2. Con la ayuda de una lima o lija elimine las rebabas que causa la cegueta. Ver Imagen 86.

---

<sup>37</sup> Manual técnico. Pavco. Disponible en [www. Pavco.com.co/manuales](http://www.Pavco.com.co/manuales)

Imagen 86. Paso 2



Fuente: Pavco. Disponible en [www. Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

3. Limpie las superficies que se van a unir, se recomienda el paño limpia máx. de pavco, en su defecto utilice un paño húmedo. Ver Imagen 87.

Imagen 87. Paso 3



Fuente: Pavco. Disponible en [www. Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

4. Aplique generosamente la soldadura líquida el exterior del tubo, mínimo la misma distancia de la campana del accesorio. Ver Imagen 88.

Imagen 88. Paso 4



Fuente: Pavco. Disponible en [www. Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

5. Aplique una pequeña cantidad de soldadura en la campana del accesorio. Ver Imagen 89.

Imagen 89. Paso 5



Fuente: Pavco. Disponible en [www. Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

6. Una el tubo y el accesorio, luego proceda a darle un cuarto de vuelta para la correcta distribución de la soldadura. Ver imagen 90.



Imagen 90. Paso 6

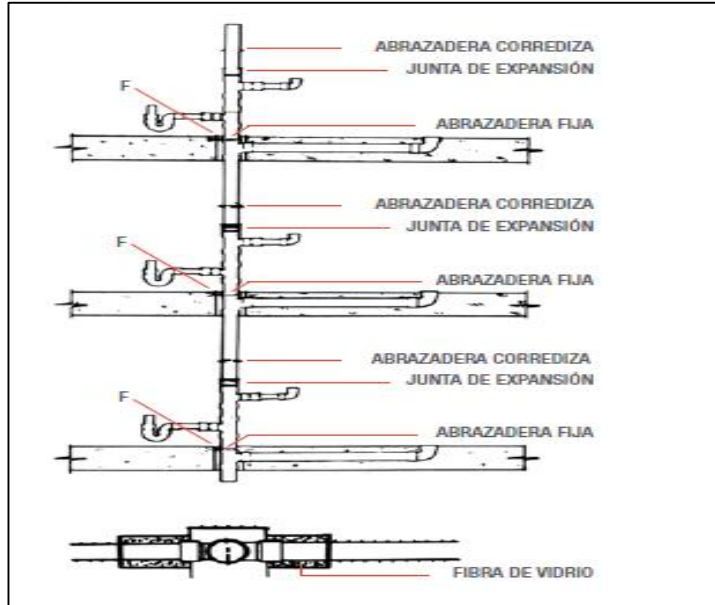


Fuente: Pavco. Disponible en [www.Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

Para uniones roscadas se recomienda el uso de teflón para garantizar que la junta este totalmente unida y no permita fugas de fluido.

Para la instalación de tubería, pavco sugiere que se tengan en cuenta las siguientes condiciones de instalación para tuberías en mampostería, es decir, tuberías que estén totalmente entre muros o parcialmente entre concreto. Ver Imagen 91.

Imagen 91. Instalación de tuberías en mampostería

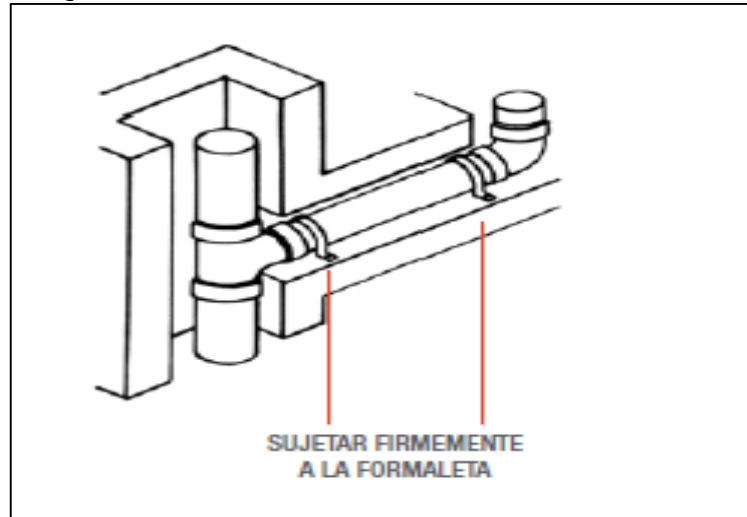


Fuente: Pavco. Disponible en [www.Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

Para la instalación en concreto las dilataciones son absorbidas por el mismo material, gracias a que el PVC posee un cierto grado de elasticidad, sin embargo,

la tubería no se adhiere al concreto lo que hace necesario que este, fija para que no se generen movimientos no deseados. Ver Imagen 92.

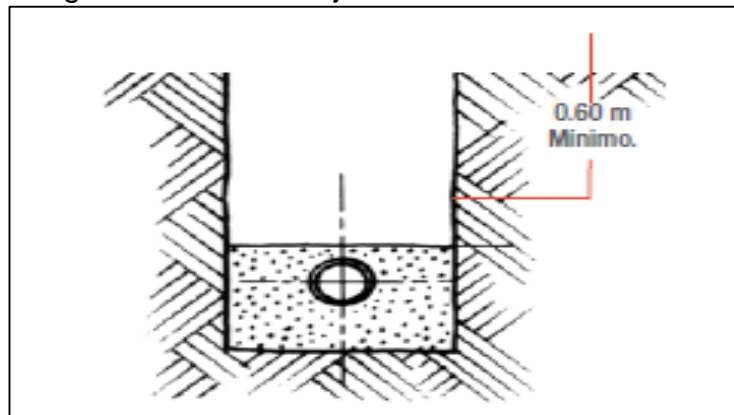
Imagen 92. Tubería en concreto



Fuente: Pavco. Disponible en [www.Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

Para la instalación de tuberías bajo tierra, pavco determina una distancia mínima de 60 cms de profundidad, con una cama libre de piedras o elementos agudos y un relleno compacto. Ver Imagen 93.

Imagen 93. Tubería bajo tierra



Fuente: Pavco. Disponible en [www.Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

Para la instalación de tuberías a la intemperie se deben tener en cuenta las siguientes condiciones

- ✓ Cuando la tubería va a estar expuesta a la radiación solar debe protegerse con un techo opaco o con una pintura que posea un material reflectivo como el aluminio o algo similar y no debe poseer base thinner.

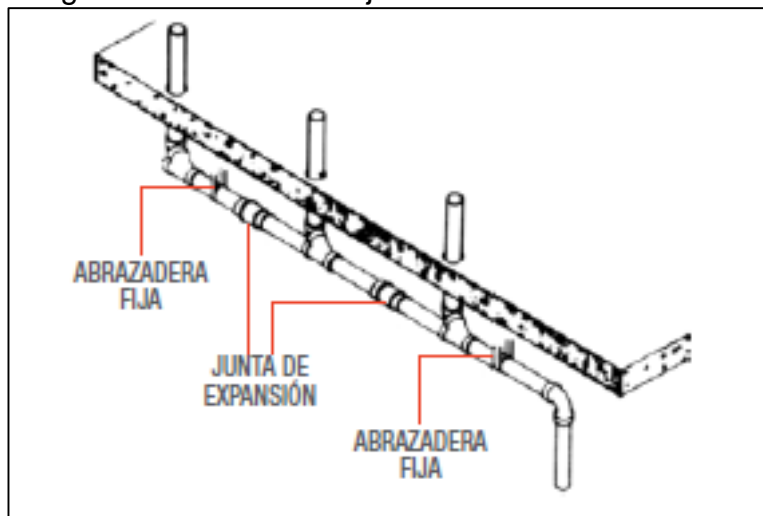
- ✓ No someta la tubería a contactos punzantes como objetos de metal o piedras
- ✓ La máxima temperatura a la que podrá transportar agua será de 60°C

Las tuberías a la intemperie poseen dos tipos de soporte los cuales son:

- ✓ Abrazaderas fijas

Un empaque flexible asegura el tubo o accesorio, impidiendo cualquier tipo de movimiento, se recomienda utilizar cuando hay un cambio abrupto (45° o 90°) seguido de un tramo de tubería corto (20 diámetros o menos). Ver Imagen 94.

Imagen 94. Abrazadera fija

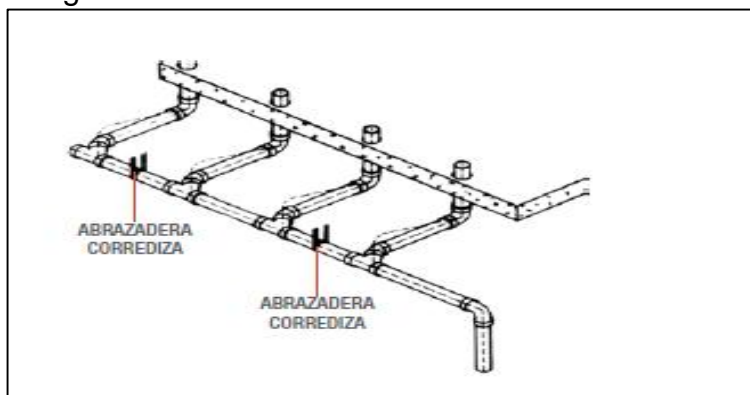


Fuente: Pavco. Disponible en [www. Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

- ✓ Abrazadera corrediza

No posee empaque por lo que permite un deslizamiento de la tubería, se utiliza cuando hay un cambio de dirección seguido de un trayecto largo de tubería (20 diámetros o más). Ver Imagen 95.

Imagen 95. Abrazadera corrediza



Fuente: Pavco. Disponible en [www. Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

Pavco recomienda tener en cuenta la temperatura a la que se encuentra sometida la tubería a la intemperie para así mismo determinar la distancia entre los soportes que sujetan la tubería, a continuación, se verá una tabla resumen con las distancias determinadas. Ver Imagen 96.

Imagen 96. Distancia entre soportes

Tabla de Espaciamento de Soportes									
Distancia en metros entre soportes recomendada para distintas temperaturas									
Diámetro Nominal		PVC - RDE 21				PVC - RDE 26			
mm	pulg.	15°C	27°C	38°C	50°C	15°C	27°C	38°C	50°C
21	1/2								
26	3/4	1.20	1.05	0.90	0.60				
33	1	1.20	1.20	1.05	0.60				
42	1.1/4	1.35	1.35	1.20	0.75				
48	1.1/2	1.65	1.50	1.35	0.90				
60	2	1.65	1.50	1.35	0.90	1.35	1.20	1.20	0.90
73	2.1/2	2.05	1.90	1.75	1.05	1.50	1.50	1.35	0.90
88	3	2.05	1.90	1.75	1.05	1.65	1.65	1.35	0.90
114	4	2.25	2.10	1.95	1.35	1.80	1.65	1.50	1.05
168	6	2.50			2.30				

Estos espacios se refieren a tubería sin aislamiento, transportando líquidos con peso específico hasta 1.35g/cm<sup>3</sup>

Para líneas con aislamiento, redúzcanse los espacios en 20%

Fuente: Pavco. Disponible en [www. Pavco.com.co](http://www.Pavco.com.co)

Para tener en cuenta la instalación de los subsistemas de la planta se recomienda hacer de la siguiente manera

- ✓ Tubería entre el cribado y la trampa de grasas se debe instalar con las recomendaciones de tubería en concreto
- ✓ Tubería entre la trampa de grasas y el tanque de almacenamiento #1 se debe instalar con las recomendaciones de tubería en mampostería
- ✓ Tubería entre el tanque de almacenamiento #1 y el sistema primario se debe instalar con las recomendaciones de tubería a la intemperie
- ✓ Tubería entre el sistema primario y el sistema del filtro se debe instalar con las recomendaciones de tubería a la intemperie
- ✓ Tubería entre el sistema del filtro y el tanque de almacenamiento #2 se debe instalar con las recomendaciones de tubería a la intemperie
- ✓ Tubería entre el tanque de almacenamiento #2 y el tanque aéreo se debe instalar con las recomendaciones de tubería a la intemperie

## 7.2 MANUAL DE OPERACIÓN

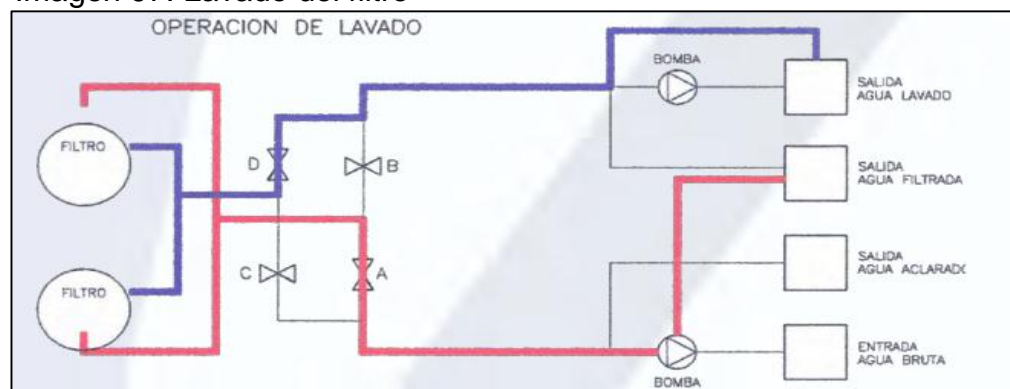
La operación de la planta es muy básica, pero se deben seguir los procesos adecuados para no tener imprevistos durante la operación de la misma

Se enunciarán los pasos a seguir en un orden cronológico, dichas acciones deberán ser realizadas antes del inicio del turno laboral.

- ✓ Verificar que el registro del agua que alimenta el tanque aéreo este totalmente cerrado, de lo contrario cuando el agua tratada vuelve al tanque aéreo no tendrá espacio para almacenarla
- ✓ Verificar que todos los componentes eléctricos estén correctamente conectados según el anexo H plano 17, el operario deberá decidir si desea dejar las bombas sumergibles que funcionen automáticamente por el uso del flotador o que tengan accionamiento manual, si el operario opta por el funcionamiento manual deberá estar pendiente del nivel del agua en los tanques de almacenamiento 1 y 2 para evitar reboses de agua
- ✓ Se deberá ajustar el control de flujo de agua de la trampa de grasa si se planea sobre pasar su capacidad nominal de 44 L/s
- ✓ Se deberá revisar que las válvulas de alivio del sedimentador que conducen a la descarga del lodo y a la del agua clarificada estén totalmente cerradas

- ✓ Luego de hacer uso del sedimentador y de vaciar el agua clarificada hacia el sistema de filtrado de se deberán vaciar los lodos almacenados en el fondo del tanque, para esto se manipulará la válvula de compuerta y con la ayuda de un recipiente que debe poseer un volumen de 15L se recolectarán para llevarlos a la estación de secado y luego de esto su disposición final.
- ✓ Si la lectura de los manómetros de presión que posee el filtro tiene una diferencia de 1-2 Kg/cm<sup>2</sup> se deberá proceder a realizar el lavado del filtro siguiendo las siguientes instrucciones, esta acción suele durar unos 10 minutos aproximadamente. Ver Imagen 97.

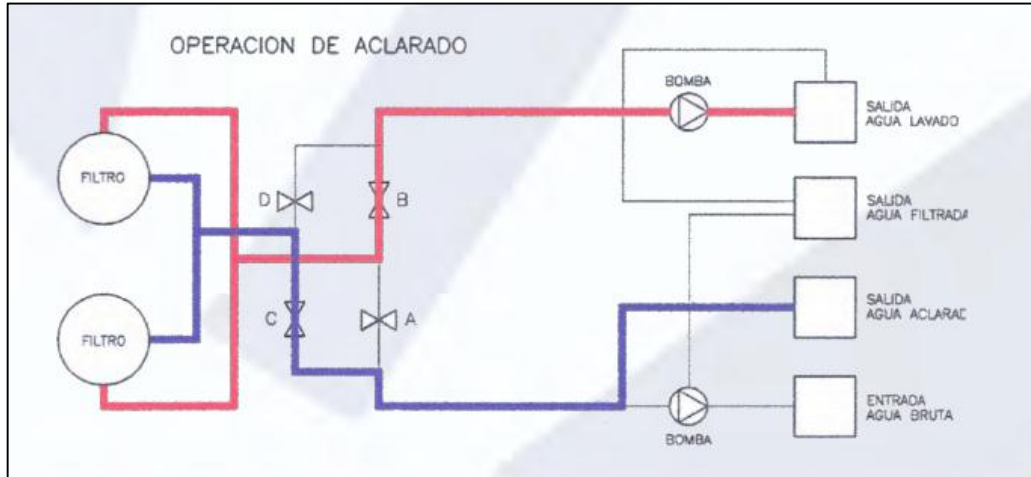
Imagen 97. Lavado del filtro



Fuente: Hidrometálica .Disponible en <http://hidrometalica.com/filtro-de-arena/>

- ✓ Válvula A - cerrada
- ✓ Válvula B - abierta (salida agua filtrada)
- ✓ Válvula C - abierta (entrada agua bruta)
- ✓ Válvula D – cerrada
- ✓ Luego de realizar la operación de lavado se deberá seguir con la operación de aclarado, que busca llevar el filtro a parámetros estándar de funcionamiento, esta operación suele durar 5 minutos aproximadamente. Ver Imagen 98.

Imagen 98. Operación de aclarado



Fuente: Hidrometálica .Disponible en <http://hidrometalica.com/filtro-de-arena/>

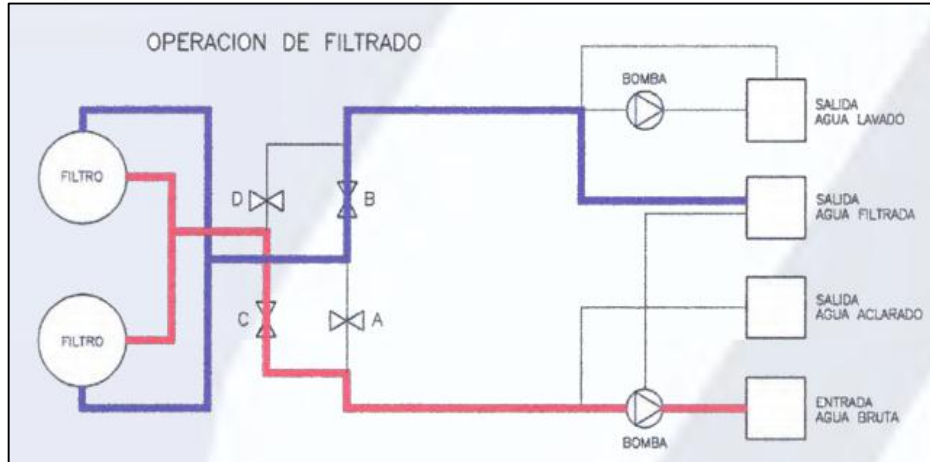
- ✓ Válvula A - cerrada
- ✓ Válvula B— abierta (entrada agua de lavado)
- ✓ Válvula C - abierta (salida agua aclarado)
- ✓ Válvula D – cerrada

Existen una serie de acciones que se deben realizar durante el funcionamiento diario de la planta de tratamiento, los cuales se enuncian a continuación

- ✓ Una vez se hallan cumplido los ciclos de pretratamiento como se determinó anteriormente en el diseño de la planta, el operario deberá determinar las RPM del agitador y el tiempo de agitación
- ✓ Una vez cumplido el tiempo de agitación el operario es el que decide cuanto tiempo dejara el agua dentro del tanque de agitación para que se terminen de sedimentar las sustancias faltantes.
- ✓ Cuando se cumpla el tiempo de sedimentación el operario deberá abrir la válvula que da paso al agua clarificada hacia la bomba centrífuga que empezará el procedimiento de filtrado
- ✓ El filtro deberá estar con la siguiente configuración de su circuito de válvulas.

Ver Imagen 99.

Imagen 99. Operación de filtrado



Fuente: Hidrometálica .Disponible en <http://hidrometalica.com/filtro-de-arena/>

- ✓ Válvula A - cerrada
- ✓ Válvula B - abierta (salida agua filtrada)
- ✓ Válvula C - abierta (entrada agua bruta)
- ✓ Válvula D – cerrada

### 7.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Se enunciarán el mantenimiento que establecen los fabricantes de los equipos que se seleccionaron comercialmente

7.3.1 Mantenimiento trampa de grasas Todas las trampas de grasas que han sido certificadas por el PDI deben seguir un control permanente en su mantenimiento para que cumplan la eficiencia a la cual fueron diseñadas

- ✓ Mifab - fabricante de la trampa grasa seleccionada recomienda un control del nivel de grasas semanal para todos los tamaños que fabrican
- ✓ Los residuos de grasa son considerados peligrosos y por ninguna razón deben llegar a un desagüe, alcantarilla o fuente hídrica, se le deberá dar su correcta disposición final



### 7.3.2 Mantenimiento sedimentador

- ✓ Se deberá revisar periódicamente en un intervalo no mayor a 1 mes que el sistema de agitación no presente desgaste ni tolerancias considerables en sus piezas que puedan llegar a afectar su funcionamiento.
- ✓ Se deberá hacer control al ajuste de las piezas móviles como lo son el acople, el eje y la propela.
- ✓ Se deberá llevar una revisión semanal del nivel de aceite del motorreductor.
- ✓ Se deberá cambiar el aceite del motorreductor cada 3 meses o 600 horas de trabajo, lo que primero ocurra para evitar posibles cambios en la viscosidad del aceite.

### 7.3.3 Mantenimiento filtro Se deben seguir las instrucciones de mantenimiento otorgadas por el fabricante Hidrometálica

- ✓ Control y engrase del grupo soplante y las bombas control del silencioso y filtro del soplante
- ✓ Control cojinetes del grupo soplante Comprobar acústicamente para proceder al recambio cuando sea necesario.
- ✓ Control de las poleas y correas Comprobar periódicamente su destensado y desgaste
- ✓ Control del acoplamiento del motor a las bombas.

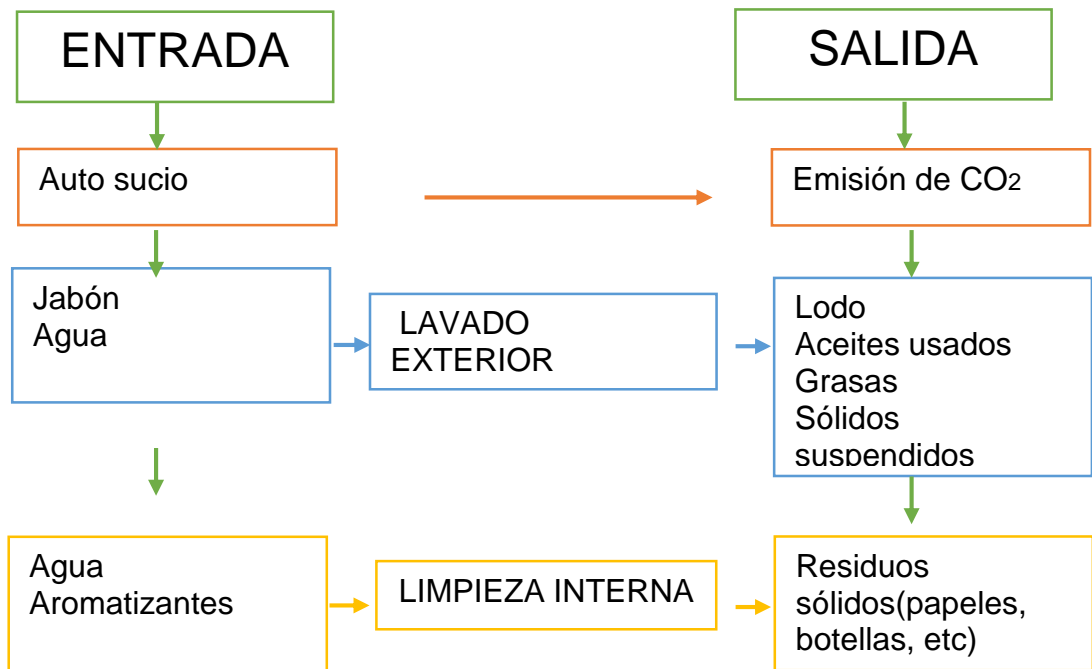
En las tareas de mantenimiento y limpieza deberá cuidarse especialmente, que la maquinaria este desconectada y bloqueada para evitar accidentes.

## 8. IMPACTO AMBIENTAL

Se realizará un análisis ambiental para determinar el posible daño ambiental que pueda generar este tipo de planta ya que para TRANSLOGAM S.A.S le es importante saber qué factores afectan al medio ambiente y tratar de mitigarlos para así tener una eficiencia del proceso y estar al orden de las normas ambientales.

Para determinar estos factores se hará una matriz ambiental en donde se analizará el proceso completo de entradas y salidas de la planta, así como también la utilización de las fuentes hídricas, eléctricas, entre otras.

Inicialmente se hará un flujo del proceso en donde se indican todas las entradas y salidas de todos los procesos que se realizan en la planta para así poder analizar los residuos que pueden afectar al medio ambiente.



El flujo de procesos muestra que los principales contaminantes se encuentran en el lavado exterior ya que afectan el recurso hídrico y producen otras sustancias contaminantes como las grasas y los aceites.

En la administración hay diferentes consumos de agua como lo es el uso de sanitarios, bebidas que se hagan en la planta (bebidas calientes), el aseo y como es de esperar en el lavado de los carros. También se usa el consumo de energía eléctrica como lo son las bombas y el motor.

✓ Aspecto e impacto ambiental de todos los procesos. Ver Tabla 15.

Tabla 15. Aspecto ambiental VS impacto ambiental

<b>Aspecto ambiental</b>	<b>Impacto ambiental</b>
<b>Generación de residuos sólidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos orgánicos: residuos que se sacan de la planta (envases de jabón, basura)</li> <li>✓ Residuos inorgánicos: residuos que se sacan del auto (plástico, cartón, papel y lodos)</li> </ul>
<b>Generación de residuos peligrosos</b>	Aceites usados, combustibles derivados del petróleo y grasas provenientes de la trampa grasa
<b>Consumo de agua</b>	Contaminación por grasas, combustibles y lodos provenientes del auto
<b>Consumo de energía eléctrica</b>	Agotamiento de energía y desgaste
<b>Generación de ruido</b>	Afectación a la comunidad
<b>Emisión de gases</b>	CO2
<b>Generación de residuos aprovechables</b>	Floc proveniente del sedimentador

✓ Criterios de matriz ambiental. Ver Tabla 16.

Tabla 16. Criterios de ponderación

<b>Criterio</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Probabilidad</b>	Una vez al año	Una vez al mes	Una vez a la semana	Una vez al día
<b>Severidad</b>	No causa daños a la salud humana	Causa daños leves a largo plazo a la salud humana	Causa daños graves a largo plazo a la salud humana	Causa daños graves a corto plazo a la salud humana
<b>Reversibilidad</b>	Reversible a corto plazo	Reversible a largo plazo	Irreversible	
<b>Incidencia</b>	No se descarga al medio	Se descarga indirectamente al medio	Se descarga directamente al medio y no se acumula	Se descarga directamente al medio y se acumula
<b>Duración</b>	1 día	1 semana	1 mes	Más de 1 año
<b>Magnitud</b>	0-1 M <sup>2</sup>	1-10 M <sup>2</sup>	10-30 M <sup>2</sup>	Más de 30 M <sup>2</sup>

✓ Matriz de impacto ambiental. Ver Tabla 17

Tabla 17. Calificación de los impactos ambientales

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Probabilidad	Severidad	Reversibilidad	Incidencia	Duración	Magnitud	Total	Calificación
Generación de residuos solidos	Residuos orgánicos	4	1	2	4	3	1	15	Media
	Residuos inorgánicos	4	1	1	2	3	2	13	Media
Generación de residuos peligrosos	Aceites usados, combustibles derivados del petróleo y grasas provenientes de la trampa grasa	4	2	2	4	4	4	20	Alta
Consumo de agua	Contaminación por grasas, combustibles y lodos provenientes del auto	4	3	2	2	4	4	19	Alta
Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de la energía y desgaste	4	1	1	1	4	4	15	Media
Generación de ruido	Afectación a la comunidad	4	2	3	2	4	2	16	Media
Emisión de gases	CO2	4	3	3	2	4	4	20	Alta
Generación de residuos aprovechables	Flog proveniente del sedimentador	4	1	1	3	3	3	15	Media

Calificación: Alta (19-21) puntos; Media (13-18) puntos; Baja menor a 13 puntos.

✓ Análisis de resultados

Teniendo en cuenta los resultados, se puede decir que los factores que más afectan el medio ambiente es la utilización de la fuente hídrica, la emisión de CO2 y la generación de residuos peligrosos.

Principalmente se debe hacer un plan de manejo ambiental para mitigar la generación de residuos peligrosos, sin embargo, en la planta estos residuos se tratan para poder reutilizar el agua y se debe ser muy estricto en este proceso, ya que el impacto ambiental que generan estos residuos es muy alto y el no tratarlos y verter el agua en los alcantarillados podría generar daños a la salud y también se estaría incumpliendo las normas ambientales que establece la resolución 631 del 2015.

La utilización de la fuente hídrica es indispensable en este proceso, pero también se debe tener un buen manejo de ella para no desperdiciar y al ser reutilizada se ahorra agua y el impacto ambiental disminuye, ya que si se volviera a presentar el fenómeno del niño esta planta tendría un sustento de agua propio por lo que no afectaría por un tiempo el funcionamiento normal de TRANSLOGAM SAS.

La emisión de CO2 es difícil de mitigar ya que no solo los carros que entran a este lavadero los emiten, sino que los demás vehículos presentes en los alrededores los generan.

En la generación de floc que es extraído de la parte inferior del sedimentador, puede ser usado como abono para los suelos y plantas cultivadas, lo cual no generaría contaminación, al contrario, en la zona donde estaría ubicada esta planta le es muy beneficioso para enriquecer los suelos que se han visto afectados por los extensos veranos.<sup>38</sup>

Las grasas que provienen de la trampa grasa son usadas para la elaboración de cera para muebles, crema lustradora de zapatos (betún), biodiesel, jabón, entre otros.<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> ROMERO, Estudio De Impacto Ambiental De La “Lavadora Sayver Jeans”. Ministerio del Ambiente. Agosto 2013. Recuperado de: <https://maetunqurahua.files.wordpress.com/2013/12/eia-sayverjeans.pdf>

<sup>39</sup> DE LA NACIÓN, P. G. (2005). Manual de procesos y procedimientos. *documento*. PGN Oficina de Planeación, Bogotá. Recuperado de: [http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2426046/INSTRUCTIVO\\_MATRIZ\\_EIA.pdf](http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2426046/INSTRUCTIVO_MATRIZ_EIA.pdf)

## 9. ANÁLISIS FINANCIERO

En este capítulo se analizará si el proyecto es viable o no, realizando un estudio para determinar el monto de los recursos económicos como el costo total de operación de la planta como maquinaria, administración y mano de obra de instalación.

Actualmente TRANSLOGAM S.A.S tiene costos adicionales por el lavado de sus carrocerías ya que este procedimiento es indispensable para la empresa por que la limpieza y la buena presentación es un factor importante para mejorar los servicios y calidad de estos.

Con la implementación del lavado de autos, la empresa reducirá costos y manejará su limpieza como ellos lo desean, teniendo esta facilidad la empresa tendrá los siguientes beneficios:

- ✓ Una limpieza más eficaz.
- ✓ La reutilización del agua disminuye costos.
- ✓ Bajo costo de operación.

Principalmente se tendrán en cuenta los costos asociados al diseño. Ver Tabla 18.

Tabla 18. Costo diseño.

Costo		Cantidad	Unidad	Unidad (COP)	Total (COP)
<b>Ingeniería</b>	Recurso humano	684	H	\$7.000	\$4'788.000
	Software	350	H	\$7.000	\$2'450.000
	Laptop	1	UN	\$2'000.000	\$2'000.000
<b>Fungibles</b>	Papel	5	resma	\$10.000	\$50.000
	Cartuchos de tinta	4	UN	\$45.000	\$180.000
<b>Otros gastos</b>					\$600.000
<b>Total</b>					<b>\$8'523.760</b>

También se tienen en cuenta los costos de la fabricación de la planta lo cual incluye equipos, materiales e instalación asociados a esta. En la cotización realizada incluye mano de obra e instalación. En la siguiente tabla se dan a conocer todos estos parámetros. Ver Tabla 19.

Tabla 19. Costo materiales e instalación.

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (COP)</b>
<b>Sedimentador acero inoxidable</b>	1	\$ 33.000.000
<b>Bombas</b>	4	\$2000.000
<b>Obra civil</b>	1	\$6000.000-
<b>Motor reductor</b>	1	\$3000.000-
<b>Acople acero inoxidable</b>	1	\$900.000 -
<b>Eje acero inoxidable</b>	1	\$ 500.000
<b>Propela acero inoxidable</b>	1	\$200.000 -
<b>Angulo de soporte</b>	2	\$ 200.000-
<b>Cuña eje</b>	1	Este valor incluye todos los materiales anteriores \$46'869.483
<b>Trampa de grasa de 15GPM</b>	1	\$2'000.158
<b>Filtro a presión</b>	1	\$17'703.813
<b>Bombas</b>	3	\$500.000
<b>Válvulas</b>	3	\$500.000
<b>Total</b>		<b>\$83'189.452</b>

Sumando todos los ítems evaluados anteriormente, la inversión final para la fabricación de la planta será. Ver Tabla 20.

Tabla 20. Costo total del proyecto.

<b>Costo del diseño</b>	<b>\$8'523.760</b>
<b>Costo de materiales e instalación</b>	<b>\$83'189.452</b>
<b>Total</b>	<b>\$91'713.212</b>

Se evaluarán los gastos mensuales y anuales que la empresa tiene lavando 30 ambulancias y el pago de nómina.

Semanalmente se realiza un lavado básico a cada ambulancia que tiene un costo de \$20.000 y el lavado general se realiza una vez cada dos meses, con un valor de

\$35.000 como se indica en el Cuadro 8. Consumo promedio. A continuación, se muestra un cuadro con los gastos generados. Ver Tabla 21.

Tabla 21. Gastos lavado mensual y anual.

<b>Cantidad</b>	<b>Costo semanal, Básico (COP)</b>	<b>Costo mensual, Básico (COP)</b>
<b>30</b>	\$600.000	\$2'400.000
<b>Total, por año</b>		\$25'200.000
<b>Cantidad</b>	<b>Costo semanal, General (COP)</b>	<b>Costo cada 2 meses, General (COP)</b>
<b>30</b>	\$1'050.000	\$1'050.000
<b>Total, por año</b>		\$6'300.000
<b>Total, gastos totales anual</b>		<b>\$31'500.000</b>

Se tiene suficiente personal para lavar las ambulancias, para esto se cuenta con dos personas para realizar este trabajo, los costos por nomina serían. Ver Tabla 22.

Tabla 22. Gastos nómina.

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
<b>Salario mínimo mensual legal vigente</b>	\$737.717
<b>Contribución al sistema general de pensiones</b>	\$88.526
<b>Contribución al sistema general de salud mensual</b>	\$62.706
<b>Contribución al sistema general de riesgos profesionales mensuales</b>	\$7.790
<b>Subsidio de transporte</b>	\$83.140
<b>Parafiscales mensuales</b>	\$29.509
<b>Total, anual prima de servicio</b>	\$820.857
<b>Total, anual cesantía + intereses</b>	\$882.924
<b>Vacaciones remuneradas</b>	\$432.924
<b>Total, anual</b>	<b>\$12'326.784</b>

Teniendo en cuenta las pérdidas calculadas anteriormente, se estima que el tanque se llena de agua del acueducto municipal cada 4 meses, gracias a la recirculación que se va a realizar a lo largo del proceso considerando una eficiencia del 90%. Se calcula el gasto anual de servicios públicos. Ver Tabla 23.



Tabla 23. Gasto de servicios

Servicio		Gasto por mes	Costo por unidad (COP)	Costo anual (COP)
<b>Agua</b>	Mes 1	$23.76 - 90\% = 2.376$ $m^3$	\$1.813	\$241.464
	Mes 2	$11.55 + 2.376 = 13.926$ $m^3$		
	Mes 3	$11.55 + 23.76 = 35.31 -$ $90\% = 31.779 m^3$		
	Mes 4	$31.779 -$ $90\% = 28.6011 -$ $(35.31) = 6.7089 m^3$		
	Mes 5	$23.76 m^3$		
	Mes 6	$13.926 m^3$		
	Mes 7	$0 m^3$		
	Mes 8	$6.7089 m^3$		
	Mes 9	$23.76 m^3$		
	Mes 10	$13.926 m^3$		
	Mes 11	$0 m^3$		
	Mes 12	$6.7089 m^3$		
<b>Electricidad</b>	Bomba 1	343.2 Kw/h	\$527.45	\$343.940
	Bomba 2	205.92 Kw/h		
	Bomba 3	102.96 Kw/h		
<b>Total</b>				<b>\$585.404</b>

Se realiza un flujo de caja y así mismo una evaluación del proyecto, calculando VPN, TIR y CAE, para conocer la viabilidad del proyecto y las posibles ganancias que puede tener la empresa con un lavadero propio. Ver Imagen 100.

Imagen 100. Estimación del proyecto.

CONCEPTO	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	INTERES	7%
INGRESOS							
ahorro		\$ 31.500.000	\$ 31.500.000	\$ 31.500.000	\$ 31.500.000		
EGRESOS							
Diseño	\$ 8.523.760						
materiales	\$ 83.189.452						
servicios publicos		\$ 585.404	\$ 585.404	\$ 585.404	\$ 585.404		
Nomina		\$ 12.326.784	\$ 12.326.784	\$ 12.326.784	\$ 12.326.784		
UTILIDAD NETA	-\$ 91.713.212	\$ 18.587.812	\$ 18.587.812	\$ 18.587.812	\$ 18.587.812	\$ 74.351.248	
	\$ 17.361.964						
VPN	-\$22.226.064,34						
TIR	-8%						
CAE	-\$6.695.047,72						

✓ Análisis de resultados

El proyecto no es viable ya que el VPN dio negativo, por el poco plazo de tiempo para tener las ganancias necesarias.

La empresa presenta muchos gastos.

El sistema que se quiere implementar les ayuda a reducir costos, pero no lo suficiente para recaudar lo invertido.

El lavado economiza más de lo esperado gracias a la eficiencia del trabajo de campo que se realiza mes a mes.

Se recomiendan las siguientes acciones

Realizar un estudio para que el lavadero no sea solo para la empresa y tener la posibilidad que sea para el público en general así las inversiones son mayores y se puede recaudar lo invertido en el tiempo estimado por la empresa, o en menos tiempo.

Analizar nuevamente el estado financiero si la opción al público es tomada ya que reducirá el tiempo de ganancias por lo invertido y aumentara la rentabilidad del lavado, lo que quiere decir que puede ser más beneficioso para la empresa ya que su capital va a aumentar.

Aumentar el tiempo de recaudo del dinero invertido si no se da a la posibilidad de abrir al público, para esto se recomienda un tiempo de retorno de la inversión de 6

años como lo muestra la imagen 101, en donde el valor presente neto da un margen de ganancia

Imagen 101. Estimación positiva del proyecto

CONCEPTO	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	INTERES	7%
INGRESOS									
ahorro		\$31.500.000	\$31.500.000	\$31.500.000	\$31.500.000	\$31.500.000	\$31.500.000		
EGRESOS									
Diseño	\$8.523.760								
materiales	\$83.189.452								
servicios publicos		\$585.404	\$585.404	\$585.404	\$585.404	\$585.404	\$585.404		
Nomina		\$12.326.784	\$12.326.784	\$12.326.784	\$12.326.784	\$12.326.784	\$12.326.784		
UTILIDAD NETA	-\$91.713.212	\$18.587.812	\$18.587.812	\$18.587.812	\$18.587.812	\$18.587.812	\$18.587.812	\$111.526.872	
VPN	\$12.517.509								
TIR	-8%								
CAE	\$2.626.120,92								

## 10. CONCLUSIONES

- ✓ Se puede concluir con el desarrollo del proyecto y de las investigaciones realizadas, que una planta de tratamiento de aguas para establecimientos comerciales de lavado de autos proporciona una herramienta eficaz para disminuir el impacto ambiental, al reducir el consumo de agua y los contaminantes que llegan a las fuentes hídricas
- ✓ El tratamiento primario y el filtrado son esenciales en el proceso de tratamiento aplicado al agua, son aplicables a industrias que tengan problemas de sólidos sedimentables en sus aguas. Además de generar residuos que suelen ser utilizados de manera amigable con el medio ambiente
- ✓ Se pudo comprobar mediante el software de elementos finitos, los cálculos analíticos correspondientes al capítulo de diseño detallado, donde se desarrollaron cálculos estructurales del sistema de tratamiento primario

## 11.RECOMENDACIONES

- ✓ Para la instalación se recomienda seguir estrictamente los planos realizados y las instrucciones dadas en los manuales, debido a que el diseño se realizó bajo circunstancias específicas y la alteración de estas puede llegar a afectar la operabilidad de la planta.
- ✓ A futuro se deberá realizar un estudio físico-químico de las aguas después del tratamiento para conocer la eficiencia real de la planta.
- ✓ Se recomienda a la empresa TRANSLOGAM SAS., asumir el lavado de autos como una unidad de negocio, ya que, si se destina solo para un proceso interno, el costo elevado del proyecto haría que no fuera viable económicamente.
- ✓ La planta de tratamiento de aguas es un proyecto realmente importante, considerado un elemento vital en la mitigación de los efectos causados por el hombre al medio ambiente, y que debería ser aplicado en cualquier establecimiento de lavado.

## BIBLIOGRAFIA

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ; ALCALDÍA DE MEDELLÍN. Manual de Gestión Ambiental: Lavado de vehículos. Medellín: 2006. 59p.

C.A.S.A. Menú de alternativas de tratamiento a nivel comunitario y domiciliario. Calidad del Agua en Sistemas de Abastecimiento en Poblaciones Rurales Dispersas. Bolivia. 2011

CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES SEGÚN NORMA AISI. Recuperado de: <http://www.multimet.net/pdf/clasificacionaceros.pdf>

DE LA NACIÓN, P. G. (2005). Manual de procesos y procedimientos. *documento*. PGN Oficina de Planeación, Bogotá.

DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. RAS 2000. REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico.

EJES MACIZOS Y EJES HUECOS MÉTRICOS Y EN PULGADAS. Información Técnica de Producto TPI 79. Sant Just Desvern · Barcelona. Recuperado de: <http://www.apiro.com/CatalogoEjesINA.pdf>

HIBBELER, R. C. (2006). *Mecánica de materiales*. Pearson educación.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Referencias Bibliograficas contenido, forma y escritura ,NTC 5613. Bogotá ICONTEC, 2008

\_\_\_\_\_Referencias documentales para fuentes de información electrónica. NTC 4490. Bogotá ICONTEC, 19988

\_\_\_\_\_Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas, NTC 1486 documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación, sexta actualización, 2008.

MOTT, R. L., SALAS, R. N., FLORES, M. A. R., & MARTÍNEZ, E. B. (2009). *Resistencia de materiales* (Vol. 5). Pearson.

NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 3903. Procedimiento para el ensayo de coagulación-floculación en un recipiente con agua o método de jarras. Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19429, USA.

PLUMBING & DRAIMAGE INSTITUTE. North Andover. USA. Recuperado de:  
<http://www.pdionline.org/about-pdi/>

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL ACERO INOXIDABLE. Recuperado de:  
<http://www.wesco.com.co/userfiles/propiedades%20acero%20inox%20serie%20300.pdf>

ROMERO ROJAS, J. A. (1999). Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño.

ROMERO, Estudio De Impacto Ambiental De La “Lavadora Sayver Jeans”. Ministerio del Ambiente. Agosto 2013.

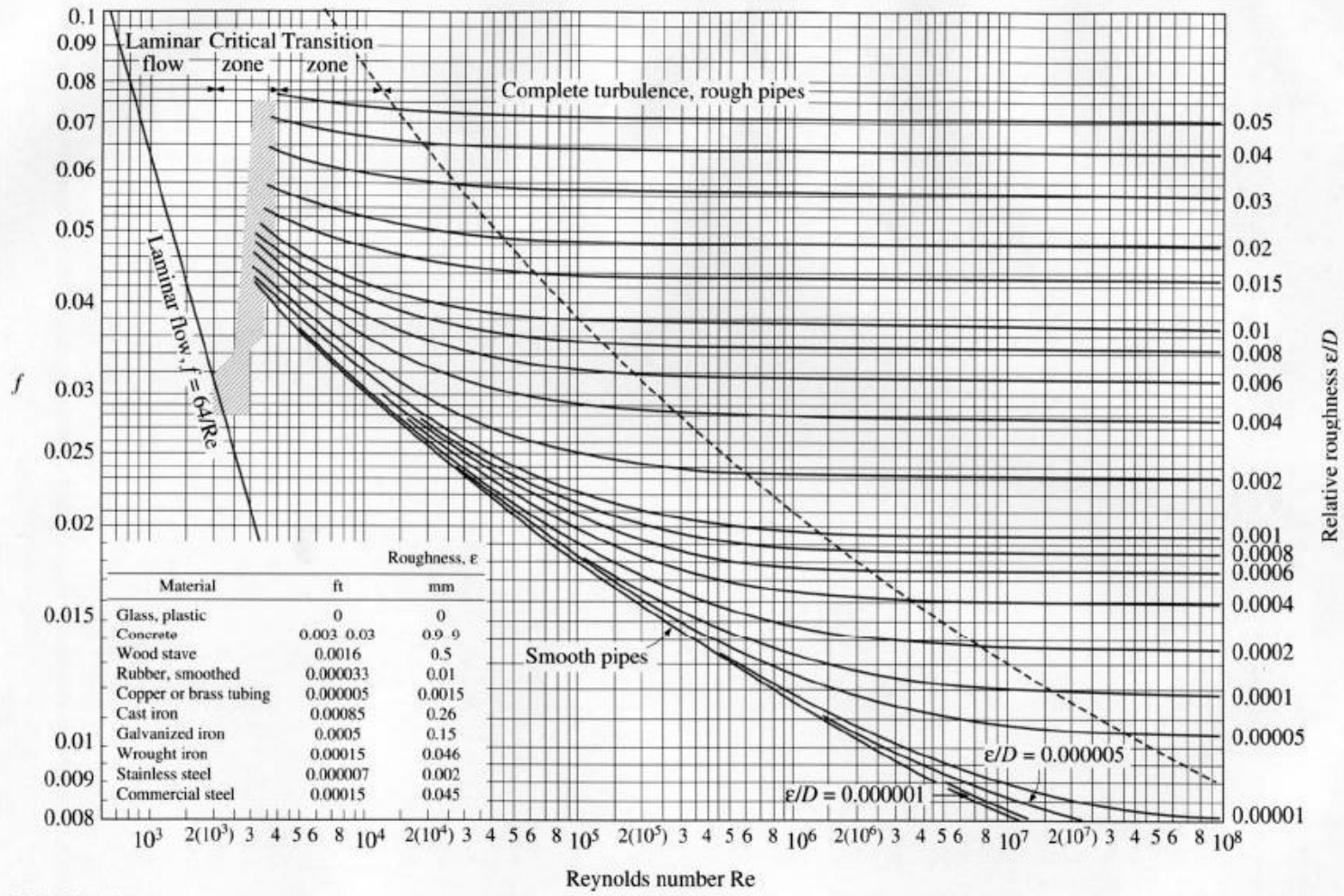
TABLAS TECNICAS DEL ACERO INOXIDABLE. Aproximada de calidades del acero inoxidable entre normas. Recuperado de:  
<http://data.irestal.com/files/files/2012030204152933979.pdf>

## ANEXOS



ANEXO A  
PRUEBA QUIMICA DEL AGUA

**Diagrama de Moody**



ANEXO B  
PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE

**PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL ACERO INOXIDABLE**

TIPO DE ACERO		301	302	303 MX	303 Se	304	304L	305	308	309	309S	310	310S	316	316L	317	317L	321	347	348		
ANALISIS - % VALOR QUIMICO MAXIMO EXCEPTO DONDE MUESTRA EL MINIMO	Cromo	16-18	17-19	17-19	17-19	18-20	18-20	17-19	19-21	22-24	22-24	24-26	24-26	16-18	16-18	18-20	18-20	17-19	17-19	17-19		
	Niquel	6-8	8-10	8-10	8-10	8-10.5	8-10	10.5-13	10-12	12-15	12-15	19-22	19-22	10-14	10-14	11-15	11-15	9-12	9-13	9-13		
	Carbón	.15	.15	.15	.15	.08	.03	.12	.08	.20	.08	.25	.08	.08	.03	.08	.03	.08	.08	.08	.08	
	Manganeso	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
	Silicio	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	Fósforo	.045	.045	.20	.20	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045	.045
	Azufre	.030	.030	.15 Min	.060	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	.030	
	Otros	--	--	--	.15 Min Se	--	--	--	--	--	--	--	--	--	Mo 2-3	Mo 2-3	Mo 3-4	Mo 3-4	Ti 5XC Min	Cb+Ta 10XC Min	Ta/Cb 10XC Min	Co .20 Max
PROPIEDADES MECANICAS (TEMPERADO):	Esfuerzo de fluencia psi (0.2% Compensación)	40.000	40.000	35.000	35.000	35.000	33.000	38.000	35.000	45.000	45.000	45.000	45.000	42.000	39.000	40.000	40.000	35.000	40.000	40.000		
	Esfuerzo último psi	110.000	90.000	90.000	90.000	84.000	81.000	81.000	85.000	95.000	95.000	95.000	95.000	84.000	81.000	90.000	90.000	90.000	95.000	95.000		
	Elongación % 2" (100mm) en	60	50	50	50	55	55	55	50	45	45	45	45	50	50	45	45	45	45	45		
	Dureza: Brinell BHN	170	163	160	160	149	149	149	150	170	170	170	170	149	149	163	163	160	160	160		
	Rockwell B	85	85	84	84	80	80	80	80	85	85	85	85	80	80	85	85	84	85	85		
	Impacto Izod. Ft. - lbs	110	110	80	80	110	110	110	110	110	110	110	90	90	110	110	110	110	110	110		
PROPIEDAD ELECTRICAS	Creep - 1% flujo en 10.000 hrs	18.000	17.000	--	--	17.300	17.300	17.200	17.000	15.900	15.900	17.500	17.500	24.500	24.500	24.000	24.000	18.000	19.300	19.300		
	Módulo elasticidad en tensión psi x10 <sup>6</sup>	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	29	29	28	28	28	28	28	28	28		
RESISTENCIA TERMICA	Resistividad eléctrica en microhm a 68 ° F	72	72	72	72	72	72	72	72	78	78	78	78	74	74	74	74	72	73	73		
	Permeabilidad magnética a 200H	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02		
EXPASION TERMICA	Max. temperatura de operac. - servicio intermitente* F	1500	1500	1400	1400	1600	1600	1500	1700	1850	1850	1900	1900	1600	1600	1600	1600	1550	1550	1550		
	Servicio continuo * F	1650	1650	1650	1650	1700	1700	1650	1800	1950	1950	2050	2050	1700	1700	1700	1700	1650	1650	1650		
CONDUCTIVIDAD TERMICA	(In./In. <sup>2</sup> /F x 10 ) 32 - 212 °F	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	8.3	8.3	8.0	8.0	8.9	8.9	8.9	8.9	9.3	9.3	9.3		
	32 - 1200 ° F	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.0	10.0	9.7	9.7	10.1	10.1	10.3	10.3	10.7	10.6	10.6		
CONDUCTIVIDAD TERMICA	(B.T.U./ft.²hr.°F.ft.) y 212 °F	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	8.8	8.0	8.0	8.0	8.0	9.4	9.4	9.4	9.4	9.3	9.3	9.3		
	932 ° F	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.5	10.8	10.8	10.8	10.8	12.4	12.4	12.4	12.4	12.8	12.8	12.8		



ANEXO C  
PROPIEDADES DEL AGUA

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA							
Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de elasticidad (kN/m <sup>2</sup> )	Viscosidad dinámica (N·s/m <sup>2</sup> )	Viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s)	Tensión superficial (N/m)	Presión de vapor (kN/m <sup>2</sup> )
0	9,805	999,8	$1,98 \cdot 10^6$	$1,781 \cdot 10^{-3}$	$1,785 \cdot 10^{-6}$	0,0765	0,61
5	9,807	1000,0	$2,05 \cdot 10^6$	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-6}$	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	$2,10 \cdot 10^6$	$1,307 \cdot 10^{-3}$	$1,306 \cdot 10^{-6}$	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	$2,15 \cdot 10^6$	$1,139 \cdot 10^{-3}$	$1,139 \cdot 10^{-6}$	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	$2,17 \cdot 10^6$	$1,102 \cdot 10^{-3}$	$1,003 \cdot 10^{-6}$	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	$2,22 \cdot 10^6$	$0,890 \cdot 10^{-3}$	$0,893 \cdot 10^{-6}$	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	$2,25 \cdot 10^6$	$0,708 \cdot 10^{-3}$	$0,800 \cdot 10^{-6}$	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,653 \cdot 10^{-3}$	$0,658 \cdot 10^{-6}$	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	$2,29 \cdot 10^6$	$0,547 \cdot 10^{-3}$	$0,553 \cdot 10^{-6}$	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,466 \cdot 10^{-3}$	$0,474 \cdot 10^{-6}$	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	$2,25 \cdot 10^6$	$0,404 \cdot 10^{-3}$	$0,413 \cdot 10^{-6}$	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	$2,20 \cdot 10^6$	$0,354 \cdot 10^{-3}$	$0,364 \cdot 10^{-6}$	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	$2,14 \cdot 10^6$	$0,315 \cdot 10^{-3}$	$0,326 \cdot 10^{-6}$	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	$2,07 \cdot 10^6$	$0,282 \cdot 10^{-3}$	$0,294 \cdot 10^{-6}$	0,0589	101,33





ANEXO D  
COTIZACIONES



ANEXO E  
TRAMPA GRASA













ANEXO F

FILTRO































ANEXO G  
PERFIL TUBULAR








ANEXO H

PLANOS

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016


**AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL  
LUMIERES**




Yo Jonatán Andrés Cardozo Gamboa en calidad de titular de la obra „diseño de una planta de tratamiento de aguas para lavado automotor para la empresa translogem s.a.s., elaborada en el año 2016 , autorizo el Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que me(nos) corresponde(n) y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autor manifiesto conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autor establezco las siguientes condiciones de uso de mi obra de acuerdo con la licencia Creative Commons que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su(s) autor(es).

De igual forma como autor autorizo la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré , en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Para constancia se firma el presente documento en (la ciudad), a los 14 días del mes de 8 del año 2017.

EL(LOS) AUTOR(ES):

Autor 1

Nombres	Apellidos
Jonatan Andres	Cardozo Gamboa
Documento de identificación No	Firma
c.c 1013652006	