

**UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA**

**FACULTA DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN TIC's**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA**

**LICENCIATURA EN INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA**

**Trabajo Final de Graduación para optar por el título de Licenciatura de  
Ingeniería Electromecánica**

**Título**

**Mejora del Diseño Mecánico del Clarificador y Sedimentador en una  
Planta de Filtrado Rápido Bajo Presión para Agua Potable**

**Autores:**

**Anthony Alexander Madrigal Carballo.**

**Heredia, Costa Rica**

**Fecha: 3 de mayo del 2022**



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

## TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Mejora del diseño mecánico del clarificador y sedimentador en una planta de filtrado rápido bajo presión para agua potable, por el estudiante: Anthony Alexander Madrigal Carballo, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Latina de Costa Rica, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica:

---

Ing. Rodolfo Mora Ángulo

Tutor

---

Ing. Luis Andrés Brenes Oses

Lector

---

Ing. Jonathan Jesús Hernández Hernández

Representante

Heredia, 3 de mayo de 2022

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Mejora del diseño mecánico del clarificador y sedimentador en una planta de filtrado rápido bajo presión para agua potable , elaborado por el estudiante Anthony Alexander Madrigal Carballo puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rodolfo Mora Angulo', is written over a solid horizontal line.

Ing. Rodolfo Mora Angulo

Tutor

Heredia, 3 de mayo de 2022

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Mejora del diseño mecánico del clarificador y sedimentador en una planta de filtrado rápido bajo presión para agua potable , elaborado por el estudiante Anthony Alexander Madrigal Carballo puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Andrés Brenes Oses', is written over a solid horizontal line.

Ing. Luis Andrés Brenes Oses

Lector

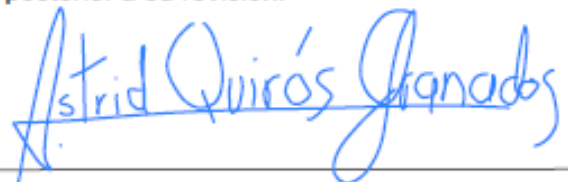
A quien interese:

Yo, Astrid Quirós Granados, Filóloga de la Universidad de Costa Rica; con cédula de identidad 3-438-182, inscrita en el Colegio Licenciados y Profesores, con el carné N° 80791 y en la Asociación Costarricense de Filólogos, con el carné N° 0096, hago constar que he revisado el trabajo. Y he corregido en él, los errores encontrados en redacción, ortografía, gramática y sintaxis. El trabajo se titula:

**MEJORA DEL DISEÑO MECÁNICO DEL  
CLARIFICADOR Y SEDIMENTADOR EN  
UNA PLANTA DE FILTRADO RÁPIDO  
BAJO PRESIÓN PARA AGUA POTABLE**

**ANTHONY ALEXANDER MADRIGAL  
CARBALLO.**

Se extiende la presente certificación a solicitud del interesado, en la ciudad de San José a los tres días del mes de mayo dos mil veintidós. La filóloga no se hace responsable de los cambios que se le introduzcan al trabajo posterior a su revisión.



## Declaración Jurada

Yo, Anthony Alexander Madrigal Carballo estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy el Autor Intelectual del Proyecto de Graduación , titulado:

Mejora del Diseño Mecánico del Clarificador y Sedimentador en una Planta de Filtrado Rápido Bajo Presión para Agua Potable

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Heredia, 4 de mayo de 2022

A handwritten signature in blue ink, reading "Anthony Mc" with "23" written below it, positioned above a horizontal line.

Anthony Alexander Madrigal Carballo

**Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)**

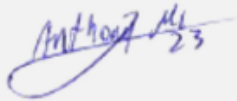
**Universidad Latina de Costa Rica**

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Yo (Nosotros):</b>            | <b>Anthony Alexander Madrigal Carballo</b>  |
| <b>De la Carrera / Programa:</b> | <b>Licenciatura de Ingeniería Electromecánica</b>   |
| <b>Modalidad de TFG:</b>         | Proyecto de Graduación  |
| <b>Titulado:</b>                 | <b>Mejora del Diseño Mecánico del Clarificador y Sedimentador en una Planta de Filtrado Rápido Bajo Presión para Agua Potable</b> |

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "AUTOR"), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "OBRA"). **SEGUNDO:** El AUTOR autoriza y cede a favor de la UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L. con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "UNIVERSIDAD"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la OBRA necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la OBRA con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El AUTOR acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la UNIVERSIDAD no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El AUTOR garantiza la originalidad de la OBRA, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la OBRA, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del AUTOR y este garantiza mantener indemne a la UNIVERSIDAD ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El AUTOR se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la UNIVERSIDAD **SEXTO:** La presente autorización y cesión se registrará por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el AUTOR y la UNIVERSIDAD, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El AUTOR acepta que la UNIVERSIDAD, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la OBRA, y el AUTOR, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la UNIVERSIDAD, por lo que el AUTOR haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. OCTAVO: El AUTOR concede a UNIVERSIDAD., el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD. puede, sin cambiar el contenido, traducir la OBRA a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. NOVENO: El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD puede conservar más de una copia de este envío de la OBRA por fines de seguridad, respaldo y preservación. El AUTOR declara que el envío de la OBRA es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. DÉCIMO: El AUTOR manifiesta que la OBRA y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la OBRA contiene material del que no posee los derechos de autor, el AUTOR declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a UNIVERSIDAD los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el AUTOR autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la UNIVERSIDAD utiliza la OBRA sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO. La presente autorización se extiende el día 04 de mayo de 2022 a las 13:32

Firma del estudiante(s):





## **Introducción**

El proyecto que se está realizando es la propuesta para una mejora del diseño en la parte mecánica de un clarificador/sedimentador, este consiste en realizar un modelo, el cual permita captar una mayor parte de los sedimentos provenientes de las tomas de captación a la entrada del decantador dinámico, este proceso de recolección de sedimentos brindará mejor calidad al proceso de purificación del agua, esta es la primera etapa del sistema de filtración llamado sedimentación. Encontraremos tres etapas más posteriores a este proceso las cuales son: Coagulación y Floculación, filtrado rápido bajo presión por medio de gravas, arenas y antracitas especiales para agua potable bajo normas NSF61, posteriormente el agua ya tratada bajo estos métodos se conduce hasta un tanque de almacenamiento para ser distribuida a la red de las diferentes comunidades.

Para este sistema es necesario mantener una rutina de observación y recolección de datos en periodos de tiempo, garantizando que el sistema se encuentre funcionando constantemente las veinticuatro horas del día los siete días de la semana los trescientos sesenta y cinco días del año, esto para garantizar la continuidad del servicio de filtrado, coagulación, sedimentación y almacenamiento del agua potable para las comunidades vecinas. El proceso que se va realizar en el caudal de ingreso al Clarificador/Sedimentador es generar mayor tiempo de contacto en los decantadores dinámicos por medio de dos nuevos diseños a implementar, garantizando también una disminución de la velocidad del flujo laminar con la que ingresa a nuestro sistema, permitiendo también que los coagulantes y floculantes tengan un mayor rendimiento en la recolección de sedimentos que provienen de las tomas de los ríos. Se va a implementar un nuevo sistema con la intención de mejorar el proceso ya existente, esto se demostrará realizando sus respectivas pruebas para garantizar una mejor ganancia con los nuevos diseños propuestos, no obstante, estos nuevos mecanismos nos brindaran una mayor fricción del agua con la estructura y poder garantizar que la velocidad del flujo laminar sea menor para que tenga mucho más contacto con los químicos que generan flóculos para la eliminación de partículas y sedimentos provenientes de las tomas de captación.

## Índice General

|  |          |
|--|----------|
| Capítulo I.....  | 1        |
| <b>1. PROBLEMA Y PROPOSITO.....</b>                                    | <b>1</b> |
| 1.1 Síntoma.....   | 1        |
| 1.2 Causas.....  | 1        |
| 1.3 Pronóstico.....  | 2        |
| 1.4 Control al pronóstico.....   | 2        |
| 1.5 Formulación del problema.....                                      | 2        |
| 1.6 Sistematización del problema.....                                  | 3        |
| 1.7 Objetivo General.....  | 3        |
| 1.8 Objetivos Específicos.....   | 4        |
| 1.9 Estado actual de la investigación.....                             | 4        |
| 1.10 Metodológica.....   | 4        |
| Capítulo II.....   | 6        |
| <b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>   | <b>6</b> |
| <b>2.1 Marco Situacional.....</b>                                      | <b>6</b> |
| 2.2 Antecedentes Históricos de la empresa.....                         | 6        |
| 2.4 Visión de la empresa.....  | 7        |
| 2.5 Ubicación espacial.....  | 7        |
| 2.6 Organigrama.....   | 8        |
| <b>2.7 Marco Conceptual o Marco Teórico del Objeto de Estudio.....</b> | <b>8</b> |
| 2.7.1 ¿Qué es el agua?.....  | 8        |
| 2.7.2 Naciente (manantial).....  | 11       |
| 2.7.3 Captación de agua.....   | 12       |
| 2.7.4 Línea de conducción.....   | 13       |
| 2.7.5 Tanque de almacenamiento.....                                    | 15       |
| 2.7.6 Red de distribución.....   | 17       |
| 2.7.7 Macromedidores.....  | 17       |
| 2.7.8 Analizadores.....  | 18       |
| 2.7.9 Clarificador sedimentador.....                                   | 20       |
| 2.7.10 Sistema de cloración.....                                       | 22       |
| 2.7.11 Filtro.....   | 25       |
| 2.7.12 Válvula.....  | 31       |
| 2.7.13 By-pass.....  | 36       |
| 2.7.14 Sedimentos.....   | 37       |
| 2.7.15 Lodos.....  | 39       |
| 2.7.16 Flóculos.....   | 40       |

|                             |   |            |
|-----------------------------|---|------------|
| 2.7.17                      | Bombas.....   | 40         |
| 2.7.18                      | Manómetros .....  | 42         |
| 2.7.19                      | Flujo laminar .....   | 44         |
| 2.7.20                      | Flujo turbulento .....  | 44         |
| 2.7.21                      | Presión.....  | 44         |
| 2.7.22                      | Nivel estático .....  | 44         |
| 2.7.23                      | Nivel dinámico .....  | 45         |
| 2.7.24                      | Funcionamiento de una planta de filtrado rápido bajo presión.....   | 46         |
| 2.8                         | Hipótesis. ....   | 47         |
| 2.9                         | Limitaciones. ....  | 47         |
| 2.10                        | Alcances. ....  | 48         |
| <b>Capítulo III .....</b>   |   | <b>49</b>  |
| <b>3. DESARROLLO .....</b>  |   | <b>49</b>  |
| 3.1                         | Análisis por software Ansys Fluent para los nuevos diseños propuestos en el clarificador sedimentador. .... | 50         |
| 3.2                         | Descripción de la barra de colores: .....   | 52         |
| 3.3                         | Análisis por software programación de pixeles.....  | 65         |
| 3.4                         | Costos de implementación .....  | 93         |
| <b>CONCLUSIONES. ....</b>   |   | <b>96</b>  |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b> |   | <b>97</b>  |
| <b>Bibliografía .....</b>   |   | <b>98</b>  |
| <b>GLOSARIO.....</b>        |   | <b>99</b>  |
| <b>ANEXOS.....</b>          |   | <b>100</b> |
| <b>Hoja Guarda .....</b>    |   | <b>118</b> |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura. 1 Ubicación espacial de la empresa Lucas Electrohidráulica S.A.....   | 7  |
| Figura. 2. Organigrama de la empresa.....                                     | 8  |
| Figura. 3. Caudal.....  | 11 |
| Figura. 4. Naciente de agua. ....   | 12 |
| Figura. 5. Pantalla de toma. ....   | 13 |
| Figura. 6. Captación de agua (Toma). ....                                     | 13 |
| Figura. 7. Tubería PEAD línea de conducción. ....                             | 14 |
| Figura. 8. Línea de conducción.....   | 15 |
| Figura. 9. Tanque de almacenamiento en acero vitrificado. ....                | 16 |
| Figura. 10. Tanque de almacenamiento en Acero Inoxidable. ....                | 16 |
| Figura. 11. Sensor de flujo (Macromedidor). ....                              | 17 |
| Figura. 12. Macromedidor Instalado.....                                       | 18 |
| Figura. 13. Analizador de turbidez de entrada.....                            | 19 |
| Figura. 14. Analizador de turbidez de salida. ....                            | 19 |
| Figura. 15. Vista frontal del clarificador.....                               | 21 |
| Figura. 16. Vista superior del clarificador. ....                             | 21 |
| Figura. 17. Sistema de cloración por dosificación.....                        | 22 |
| Figura. 18. Sistema de cloración por cloro gas.....                           | 23 |
| Figura. 19. Sistemas de coagulación y floculación (Dosificadores). ....       | 24 |
| Figura. 20. Visualización del sistema SCADA en computadora. ....              | 25 |
| Figura. 21. Grava para medios filtrantes.....                                 | 26 |
| Figura. 22. Arena sílice.....   | 26 |
| Figura. 23. Arena sílice para filtros. ....                                   | 27 |
| Figura. 24. Antracita. ....   | 27 |
| Figura. 25. Antracita para purificación del agua. ....                        | 28 |
| Figura. 26. Filtro tipo cepis.....  | 29 |
| Figura. 27. Filtros para purificación de agua tipo cepis.....                 | 29 |
| Figura. 28. Filtros rápidos bajo presión. ....                                | 30 |
| Figura. 29. Filtro rápido bajo presión para la purificación del agua. ....    | 31 |
| Figura. 30. Válvula de aire o triple acción.....                              | 32 |
| Figura. 31. Válvula mariposa con agarradera. ....                             | 32 |
| Figura. 32. Válvula mariposa con perilla.....                                 | 33 |
| Figura. 33. Válvula tipo bola. ....   | 33 |
| Figura. 34. Válvula motoriza en funcionamiento. ....                          | 34 |
| Figura. 35. Válvula motorizada. ....  | 34 |
| Figura. 36. Válvula de tipo compuerta. ....                                   | 35 |
| Figura. 37. Vista lateral de la válvula de compuerta.....                     | 36 |
| Figura. 38. By-pass en tanque de almacenamiento.....                          | 37 |
| Figura. 39. Sedimentos. ....  | 38 |
| Figura. 40. Sedimentos generados en el decantador dinámico. ....              | 38 |
| Figura. 41. Tanque para almacenamiento de lodos producidos en la planta. .... | 39 |

|   |    |
|---|----|
| Figura. 42. Bombas de impulsión.....  | 40 |
| Figura. 43. Bomba para extracción.....  | 41 |
| Figura. 44. Bomba de lodos encargada de impulsarlos al exterior.....                | 42 |
| Figura. 45. Manómetros de glicerina.....  | 43 |
| Figura. 46. Manómetros digitales.....   | 43 |
| Figura. 47. Diagrama esquemático de una planta de filtrado rápido bajo presión..... | 46 |
| Figura. 48. Detalle del funcionamiento del programa.....                            | 51 |
| Figura. 49. Barra de colores.....   | 52 |
| Figura. 50. Simulación con una velocidad de 0.4 m/s <sup>2</sup> .....              | 53 |
| Figura. 51. Iteraciones realizadas por software.....                                | 54 |
| Figura. 52. Simulación con una velocidad de 0.4 m/s <sup>2</sup> .....              | 55 |
| Figura. 53. Simulación con una velocidad de 0.5 m/s <sup>2</sup> .....              | 56 |
| Figura. 54. Iteraciones para determinar el criterio de convergencia.....            | 57 |
| Figura. 55. Simulación con una velocidad de 0.3 m/s <sup>2</sup> .....              | 58 |
| Figura. 56. Iteraciones para determinar el criterio de convergencia.....            | 59 |
| Figura. 57. Simulación con una velocidad de 0.4 m/s <sup>2</sup> .....              | 60 |
| Figura. 58. Iteraciones para determinar el criterio de convergencia.....            | 61 |
| Figura. 59. Simulación con una velocidad de 0.5 m/s <sup>2</sup> .....              | 62 |
| Figura. 60. Iteraciones para determinar el criterio de convergencia.....            | 63 |
| Figura. 61. Lamina actual del clarificador (Colocada el día 1).....                 | 66 |
| Figura. 62. Análisis por pixeles.....   | 66 |
| Figura. 63. Análisis por pixeles.....   | 67 |
| Figura. 64. Lámina actual. (Día 5).....   | 68 |
| Figura. 65. Análisis por pixeles.....   | 69 |
| Figura. 66. Análisis por pixeles.....   | 69 |
| Figura. 67. Lámina actual (Día 10).....   | 70 |
| Figura. 68. Análisis por pixeles.....   | 71 |
| Figura. 69. Análisis por pixeles.....   | 71 |
| Figura. 70. Lámina actual (Día 15).....   | 72 |
| Figura. 71. Análisis por pixeles.....   | 73 |
| Figura. 72. Análisis por pixeles.....   | 73 |
| Figura. 73. Primer diseño propuesto (Día 1).....                                    | 74 |
| Figura. 74. Análisis por pixeles.....   | 75 |
| Figura. 75. Decoloración mostrada.....  | 76 |
| Figura. 76. Segundo diseño propuesto.....   | 76 |
| Figura. 77. Análisis por pixeles.....   | 77 |
| Figura. 78. Decoloración mostrada.....  | 78 |
| Figura. 79. Sedimentos acumulados (Día 5).....                                      | 79 |
| Figura. 80. Análisis de pixeles.....  | 80 |
| Figura. 81. Sedimentos acumulados primer diseño propuesto.....                      | 81 |
| Figura. 82. Sedimentos acumulados (Día 5).....                                      | 82 |
| Figura. 83. Análisis de pixeles.....  | 82 |
| Figura. 84. Sedimentos acumulados segundo diseño propuesto.....                     | 83 |
| Figura. 85. Sedimentos acumulados (Día 10).....                                     | 84 |

|   |    |
|---|----|
| Figura. 86. Análisis por píxeles. ....                          | 85 |
| Figura. 87. Sedimentos acumulados primer diseño propuesto. .... | 86 |
| Figura. 88. Sedimentos acumulados (Día 10).....                 | 87 |
| Figura. 89. Análisis por píxeles. ....                          | 87 |
| Figura. 90. Sedimentos acumulados segundo diseño propuesto..... | 88 |
| Figura. 91. Acumulación de sedimentos (Día 15). ....            | 89 |
| Figura. 92. Análisis por píxeles. ....                          | 89 |
| Figura. 93. Sedimentos acumulados primer diseño propuesto. .... | 90 |
| Figura. 94. Acumulación de sedimentos (Día 15). ....            | 91 |
| Figura. 95. Análisis por píxeles. ....                          | 91 |
| Figura. 96. Sedimentos acumulados segundo diseño propuesto..... | 92 |

**Índice de tablas**

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Costos de fabricación diseño actual.....                                | 93 |
| Tabla 2. Costos de fabricación nuevo diseño propuesto.....                       | 94 |
| Tabla 3. Diseño de módulos con el molde fabricado.....                           | 95 |
| Tabla 4. Comparación diseño actual vs diseño propuesto con molde construido..... | 95 |

## **Capítulo I**

### **1. PROBLEMA Y PROPOSITO**

#### **1.1 Síntoma.**

En los últimos años la población de San Isidro de Heredia ha estado en constante crecimiento, a su vez conforme se ha dado este proceso de aumento de población, se han ido exigiendo servicios de mejor calidad, por ejemplo, el agua potable. La entidad encargada de suministrar este servicio es la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), la cual en los últimos años ha tomado los acueductos de las zonas para administrarlos, pero no solamente administrar, si no mejorar y brindar un servicio de mayor calidad con nuevas tecnologías a los usuarios, entre ellos se pueden encontrar, tanques de almacenamiento de agua potable, mejoras en las líneas de conducción, plantas de filtrado rápido bajo presión, entre otros.

En las plantas de filtrado bajo presión el primer paso es ingresar agua cruda, proveniente de las tomas que se encuentran en los ríos, a un gran tanque denominado clarificador sedimentador, de ahí pasa a los decantadores dinámicos que se encargan de extraer las partículas de sedimentos.

A pesar de lo avanzado de este proceso se ha notado que aún siguen quedando pequeñas partículas de sedimentos en el agua, es decir, no se está recolectando el 100 % de los sedimentos que arrastra el agua.

#### **1.2 Causas.**

El fluido proveniente de las tomas de captación contiene gran cantidad de partículas micro orgánicas y orgánicas causadas por la erosión montañosa que se genera por medio de fenómenos naturales además se le puede añadir a estas causas materia orgánica proveniente de las hojas de los árboles, como fenómenos de altas turbiedades y altos colores producto de la crecida del río por sistemas de baja presión, frentes fríos o época de invierno.



Por otra parte, los diseños actuales de los decantadores dinámicos no dan abasto para lograr eliminar la gran cantidad de sedimentos, por lo que hay pequeñas partículas que logran evadir este filtrado y pasar a los tanques de almacenamiento de agua la cual es posteriormente distribuida a los hogares.

### **1.3 Pronóstico.**

En caso de no resolver el problema actual o mejorar el rendimiento de los decantadores dinámicos seguirán pasando pequeñas partículas micro orgánicas y orgánicas a la segunda etapa de la planta la cual es la filtración, donde habrá una mayor saturación por medio de sedimentos de las gravas, arenas y antracitas con las que cuenta el filtro, produciendo que el proceso de filtrado bajo este método sea deficiente y pueda generar un arrastre de sedimentos al tanque de almacenamiento y por ende cuando sea distribuido a red los vecinos verán que el agua no está 100 % para el consumo humano.

### **1.4 Control al pronóstico.**

Con respecto a los datos obtenidos en los años dos mil veinte y dos mil veintiuno específicamente en el clarificador sedimentador hemos notado por medio de parámetros y mediciones que el rendimiento del mismo es bajo, por ende, se quiere implementar dos nuevos diseños mecánicos de decantadores dinámicos, para proporcionar un mayor porcentaje en la captación de sedimentos provenientes del agua cruda, beneficiando a todos los consumidores con una mayor calidad de agua potable.

### **1.5 Formulación del problema.**

El proyecto tratará de realizar una mejora en el diseño mecánico de un clarificador sedimentador, se plantea explicar primeramente como se realizará de forma teórica mediante conceptos generales el cual permitirá entender el funcionamiento del clarificador sedimentador.

Los dos diseños se realizarán preliminarmente en un software de dibujo (AutoCAD, Inventor);, posterior al diseño se fabricarán mediante impresión 3D para poder colocarlos en los decantadores dinámicos.

Luego, por medio de pruebas visuales y prácticas que diariamente se realizaran en el decantador con los nuevos diseños, se demostrará si tienen una mejora en la captación de sedimentos con respecto al que se encuentra actualmente en operación ya que ha presentado deficiencias en la captación de los mismos. Mediante un software se demostrará la decoloración (Suciedad), que van a ir acumulando los nuevos diseños que se colocaran en el decantador dinámico, además con fotos diarias se logra demostrar las diferencias en los cambios de decoloración del nuevo material, optimizando el proceso de captación sedimentos, logrando así uno de los objetivos primordiales de este proyecto la cual garantice acumulación de sedimentos para la purificación del agua potable.

De ser satisfactorios los resultados, se valorará su implementación en la planta de Lucas Electrohidráulica S.A. ya sea a corto o mediano plazo tanto a nivel nacional como internacional.

## **1.6 Sistematización del problema.**

En este caso se realizarán inspecciones diarias tomando muestras indicadoras del avance en la recolección de sedimentos, utilizando las especificaciones técnicas del material a utilizar para construir los nuevos diseños, es necesario tomar en cuenta dichas especificaciones para un mejor rendimiento durante el proceso de captación de sedimentos. Se realizarán muestreos diarios de turbidez y color tanto de entrada como de salida para determinar el rendimiento del mecanismo realizado.

## **1.7 Objetivo General**

Elaborar una mejora en el diseño mecánico del decantador dinámico del clarificador sedimentador.

### **1.8 Objetivos Específicos.**

- a) Determinar cuáles son los sedimentos que más llegan a los decantadores.
- b) Analizar por qué los decantadores actuales no eliminan el 100 % de los sedimentos.
- c) Elaborar dos nuevos diseños mecánicos.
- d) Realizar pruebas con los nuevos diseños en el decantador dinámico.
- e) Describir las mejoras de los nuevos diseños mecánicos, para su implementación en plantas que se vayan a construir a corto o mediano plazo.

### **1.9 Estado actual de la investigación.**

Esta investigación se trata en realizar un diseño mecánico en una planta de tratamiento de filtrado bajo presión para agua potable, pues este proyecto es de suma importancia debido a que es un recurso vital para la vida del ser humano, su enfoque principal es la purificación del agua mediante tecnologías modernas de filtración.

Este tema de investigación abarca en su gran mayoría necesidades básicas y vitales para los seres humanos, además es sumamente utilizado en la parte industrial, agrícola, energías renovables, aportando beneficios al ser humano en su consumo diario, no obstante esta investigación se encuentran en funcionamiento y en constantes mejoras como lo viene a aportar este diseño, este nuevo modelo que será probado en el decantador dinámico cuyo objetivo principal es lograr captar una mayor parte de sedimentos que el actual diseño.

### **1.10 Metodológica.**

1. Realizar el diseño propuesto, para esto se trazan ideas principales en papel, luego ya se lleva a un programa de dibujo en el que se pueda realizar en 3D para poder tener una perspectiva más clara del diseño (Inventor), darle las medidas requeridas, discutir de aspectos que se podrían tener en cuenta a la hora del diseño para mejorar, estos nuevos modelos se realizaran en impresión 3D por lo que se utiliza el programa llamado CURA, el cual es asociado a la impresora con las cuales se realizaran las piezas, esta impresora es una ENDER 3.

2. Instalar el equipo en la planta potabilizadora, específicamente en algunos de los decantadores dinámicos, lo que se hace es retirar algunos de los equipos actuales para poder instalar los nuevos modelos y empezar con el proceso de pruebas.
3. Se realizarán pruebas de color mediante un software que analizará los pixeles de cada una de las fotos diarias que se van a tomar en el transcurso de tiempo que el equipo se encuentre instalado, el objetivo que se quiere lograra es demostrar conforme pasan los días como va cambiando el color de los nuevos equipos con la captación de sedimentos.
4. Análisis de funcionalidad, para determinar los parámetros de mejora, con el diseño propuesto para esta planta.

## **Capítulo II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Marco Situacional.**

La empresa Lucas Electrohidráulica S.A. tiene 20 años de brindar el conocimiento en temas de construcción y mantenimiento de acueductos, a través de los años el servicio de agua potable ha incrementado enormemente en temas de calidad, por ende, las empresas encargadas de la distribución del líquido han estado en constante aprendizaje y modernización tanto en equipos como en sistemas para el tratamiento del agua. En este proyecto se busca mejorar el diseño mecánico del clarificador sedimentador en una de las plantas de tratamiento construida por nuestra empresa, cuyo objetivo se basa en lograr captar una mayor parte de sedimentos a la hora de encontrarse con el caudal de entrada proveniente de las tomas de captación, con este diseño aparte de lograr captar mayores cantidades de sedimento se quiere optimizar este proceso y poderlo implementar en plantas de tratamiento para agua potable que se construyan ya sea a corto o mediano plazo, esta mejora vendrá a favorecer a la población a la cual se le distribuye este líquido, pues recibirá agua sumamente purificada debido a los procesos de filtración por los cuales será sometida. Se llevará un proceso de vigilancia y de análisis para determinar el funcionamiento de los nuevos diseños a implementar en los decantadores dinámicos.

#### **2.2 Antecedentes Históricos de la empresa.**

Lucas Electrohidráulica S.A. es una empresa electromecánica que fue creada hace 20 años con la necesidad de brindar un servicio de calidad en la construcción de acueductos de agua potable, inició con proyectos pequeños como lo fueron nacientes y tomas de agua, conforme pasaron los años esto fue cambiando con la innovación y con un mayor conocimiento sobre la potabilización del agua, entre algunos de los proyectos que se empezaron a ejecutar se encuentran los siguientes: tanques en acero vitrificado, tanques en acero inoxidable, impermeabilizaciones de tanques, plantas de filtrado rápido bajo presión y sistemas de macro medición brindando servicio de calidad y ofreciendo tecnologías modernas las cuales vienen a beneficiar a las entidades encargadas de distribuir el agua potable y generando mayores procesos de optimización e invención en el país.

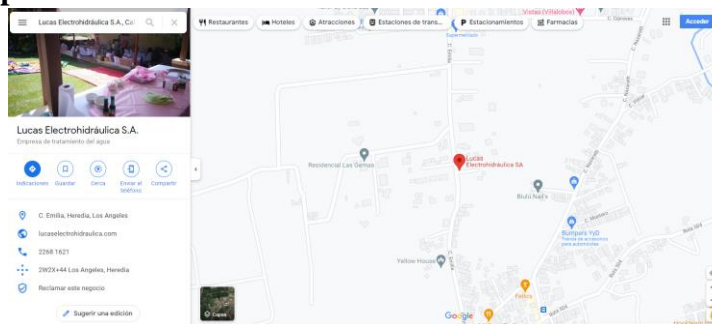
### 2.3 Misión de la empresa.

Es una empresa que brinda el servicio de construcción de acueductos, tanques de almacenamiento para agua potable tanto en acero vitrificado como en acero inoxidable, plantas de filtrado rápido bajo presión para agua potable, sistemas de macro medición, nacientes, tomas, siempre brindando nuevas y modernas tecnologías que benefician a las diferentes entidades que trabajan y velan por este vital recurso como lo es el agua potable, además de ser una empresa innovadora con las tecnologías que se brindan para lograr mantener los requerimientos electromecánicos actualizados para la comodidad y seguridad del cliente a la hora de contratar servicios profesionales para su proyecto.

### 2.4 Visión de la empresa.

Ofrecer la mejor asesoría tanto teórica como de carácter constructivo de proyectos, con el fin de brindar mejoras en los servicios de almacenamiento, distribución y monitoreo de agua potable que requieren las asadas, acueductos e instituciones encargadas de brindar este vital recurso a la población costarricense.

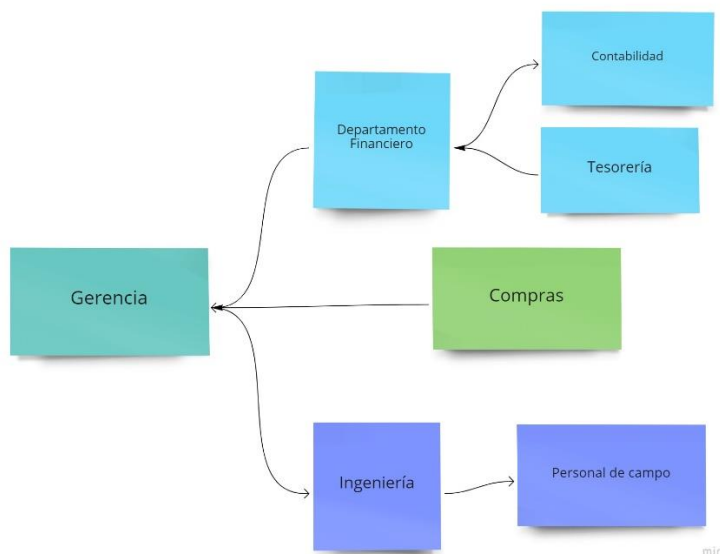
### 2.5 Ubicación espacial.



*Figura. 1 Ubicación espacial de la empresa Lucas Electrohidráulica S.A.*

*Fuente Google Maps.*

## 2.6 Organigrama.



*Figura. 2. Organigrama de la empresa.*

*Fuente: miro*

## 2.7 Marco Conceptual o Marco Teórico del Objeto de Estudio.

### Historia del agua

#### 2.7.1 ¿Qué es el agua?

Es un recurso natural finito el cual está conformado químicamente por dos elementos los cuales son: Oxígeno (O) e Hidrogeno (H), su fórmula química se representa de la siguiente manera ( $H_2O$ ), una de las características principales del agua es que es el componente con mayor abundancia en el planeta tierra, además conforma entre un 50 % y 70 % los cuerpos de los seres humanos y es un excelente conductor eléctrico debido a su composición química. El agua se puede encontrar en tres estados de la materia como lo es, líquido, sólido y gaseoso. (FuncAGUA, 2020)

Existen diferentes tipos de agua, entre ellos se pueden mencionar algunos de los tipos más comunes:

1. **Agua cruda:** Provenientes de ríos, nacientes o tomas de captación, este tipo de agua que se toma de los afluentes no se le ha realizado ningún tipo de tratamiento, por lo que arrastra sedimentos, lodos y microorganismos.
2. **Agua potable:** Es ideal para el consumo de los seres humanos debido a sus condiciones y tratamientos que se le dan previamente para ser ingeridas.
3. **Agua dulce:** El agua dulce, posee concentraciones muy bajas en sal a comparación del mar, el agua dulce se puede encontrar principalmente en ríos, tomas, nacientes y pozos.
4. **Agua salada:** Posee altos niveles de sal, en este caso el mar es un ejemplo claro de agua salada.
5. **Aguas negras:** Son las que presentan una contaminación en específico como lo son las heces humanas, animales y orina.
6. **Aguas residuales:** Tienden a tener una característica general, es cualquier tipo de agua que presente un tipo de contaminación antropogénica como por ejemplo aguas jabonosas, aceitosas, aguas que incluyan algún residuo de fertilizantes entre otros.
7. **Agua destilada:** El agua destilada es la que mediante un proceso de destilación se purifica.

#### **Beneficios del consumo de agua potable en los seres humanos:**

1. Mantiene hidratado al ser humano.
2. Se encarga de regular la temperatura corporal.
3. Ayuda a mantener partes del cuerpo con lubricación por ejemplo músculos y articulaciones.

Algunas características generales que podemos destacar también del agua es que contiene algunos aspectos o elementos que nunca se imaginan que se podían encontrar, a continuación, se explicaran cuáles son algunas características comunes que tiene el agua y que quizás no se sabía que existían en su composición.



- a. **Color:** El color es una de las características principales que indica la calidad del agua, se puede determinar si el agua que se analiza es de buena o deficiente calidad mediante el color, ya que cuanto tiende a tener un color que no es transparente esto se refiere a que esa agua viene con una gran cantidad de sedimentos arrastrados. Se pueden encontrar dos tipos de colores en el agua:
1. **Color real:** Este depende naturalmente del agua y las sustancias que se encuentren disueltas en ella.
  2. **Color aparente:** El color aparente tiene una misma característica que el color real el cual es el que depende naturalmente del agua, pero también se puede encontrar partículas que están en un modo de suspensión, estas últimas vienen generar otro factor llamado turbidez.
- b. **Turbidez:** Se define como la falta de color transparente de un líquido (agua) debido a la gran acumulación de partículas sólidas. Una característica general es que entre más turbia sea el agua (sucia) es de menor calidad y entre menos turbia sea (transparente) es de mejor calidad, la unidad de medida de la turbidez es en NTU, su traducción al español sería Unidades Nefelométricas de Turbidez.
- c. **pH:** Se puede determinar como el grado de acidez o alcalinidad que tiene una cierta concentración de agua, en este caso el agua tiene un pH de 7.
- d. **Conductividad:** Capacidad general que tiende a tener el agua para transportar electricidad por medio de iones que se encuentran disueltos en la misma.
- e. **Temperatura:** Es un parámetro físico con el cual se puede determinar qué sensación de calor o frío comprende una cierta cantidad de agua.

### 2.7.2. Definiciones generales:

### 2.7.3. Caudal

El caudal es un volumen de fluido el cual cruza una superficie en un tiempo determinado, por ejemplo, el agua que pasa por una línea de conducción. El caudal se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación uno (1) para calcular el caudal:**

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

**Donde:**

**Q**= Caudal.

**V**= Velocidad del fluido.

**T**= Tiempo.



*Figura. 3. Caudal.*

*Fuente: Propia.*

### **2.7.2 Naciente (manantial)**

Una naciente es un caudal que nace de forma natural en la tierra, el caudal de una naciente puede variar dependiendo de la estación en que se encuentre (seca o lluviosa), normalmente durante la estación seca el caudal tiende a reducirse considerablemente debido a las altas temperaturas y escasez de lluvias, durante la época lluviosa su caudal aumenta a través de filtración de agua que se da en la tierra debido a las lluvias, las nacientes pueden ser de manera temporal o permanente según el área geográfica donde brote. Normalmente las nacientes brotan en zonas de menor altitud producto de la filtración del agua en las partes altas de zonas montañosas.



*Figura. 4. Naciente de agua.*

*Fuente: Propia.*

### **2.7.3 Captación de agua**

Las captaciones de agua, tienen una similitud a las represas hidroeléctricas, pero a menor escala, su principal función es retener una parte significativa del cauce del río, para poder lograr retener una gran parte del caudal que fluye por el río, es la construcción de una pantalla, esta pantalla se realiza en un área determinada y previamente analizada mediante estudios hidrogeológicos los cuales determinan las crecidas de los ríos y determinan la factibilidad de la toma, se debe de tomar en cuenta la altura para mantener una presión constante. La construcción de una captación debe de realizarse con materiales que tienen diferentes características, por ejemplo: se utiliza concreto subacuático, el cual es más resistente a comparación del concreto que se utiliza para construir casas debido a las propiedades físicas y mecánicas del mismo. Se deben de realizar visitas cada cierto tiempo debido a que los ríos en época de invierno principalmente tienden a aumentar su

caudal y arrastre de materiales sólidos, los cuales generan las cabezas de agua que podrían afectar la captación.



*Figura. 5. Pantalla de toma.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 6. Captación de agua (Toma).*

*Fuente: Propia.*

#### **2.7.4 Línea de conducción**

Una línea de conducción es una serie o conjunto de tuberías que, mediante uniones de termofusión, de tope u conexiones entre ellas mediante flangers y tornillos , permiten desplazar un fluido (agua) desde un punto A, este punto A puede ser desde una toma, una naciente o tanque de almacenamiento hasta un punto B, el punto B se puede encontrar

casas, centros comerciales, parques entre otros, además existen diferentes tipos de materiales con los que se puede construir una línea de conducción, entre ellos se encuentra el hierro negro (HN), polietileno de alta densidad (PEAD), policloruro de vinilo (PVC) y concreto, estas líneas de conducción se pueden desarrollar de manera subterránea, a nivel de suelo o aéreas.



*Figura. 7. Tubería PEAD línea de conducción.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 8. Línea de conducción.*

*Fuente: Propia.*

### **2.7.5 Tanque de almacenamiento**

Un tanque de almacenamiento es un recipiente de forma cilíndrica, cuadrada o rectangular en el cual su principal característica es almacenar líquidos como, por ejemplo: agua potable, agua residual, gasolina, gas entre otros. Años atrás, los tanques de almacenamiento se construían normalmente en concreto pero conforme pasaron los años estos tanques iban presentando problemas en su estructura interna y externa como las fisuras, las cuales generaban fugas en los tanques de almacenamiento lo cual generaba pérdidas del líquido que se encontraba almacenado en ese momento, pero conforme surgían las nuevas tecnologías que se han ido desarrollando a lo largo de los años por el ser humano, se puede encontrar nuevos materiales con propiedades más resistentes que ayudan a darle una vida útil más prolongada y con mayor eficacia para el almacenamiento de los líquidos, entre ellos se encuentran: tanques de almacenamiento en acero vitrificado, tanques de almacenamiento en acero inoxidable, tanques en polietileno de alta densidad (HDPE). En este proyecto, se encontrarán dos tanques en específicos, el de acero vitrificado y tanques en acero inoxidable, son especiales para el almacenamiento de agua potable, estos tanques presentan una gran ventaja a comparación de los de concreto, lo cual es su durabilidad y que son de tipo modular, esto significa que pueden armar y desarmar para poderlo colocar en otra parte del país.



*Figura. 9. Tanque de almacenamiento en acero vitrificado.*

*Fuente: Propia.*

*Trabajo realizado por Lucas Electrohidráulica para la ESPH.*



*Figura. 10. Tanque de almacenamiento en Acero Inoxidable.*

*Fuente: Propia.*

*Trabajo realizado por Lucas Electrohidráulica para la Municipalidad de Alajuela.*

### 2.7.6 Red de distribución

Una red de distribución es una serie de tuberías de distintos diámetros y materiales, por medio de estas tuberías se puede suministrar el agua potable desde un tanque de almacenamiento o una planta de filtrado rápido bajo presión hasta la conexión del servicio (casas, edificios, residenciales, centros comerciales).

### 2.7.7 Macromedidores

Los macromedidores o medidores de flujo son sensores electromagnéticos de diferentes medidas, su principal característica es realizar mediciones de flujo (caudal) que está pasando a lo largo de una línea de conducción. Estos equipos cuentan con materiales de gran resistencia además cuentan con una certificación de operación para agua potable, su instalación se realiza mediante bridas que se colocan hacia los lados de la tubería, algunas de las principales partes que conforman un macromedidor son: sensor, el cual se encarga de medir el caudal que pasa a través de la tubería, partes electrónicas y un display exclusivo para mostrar los datos adquiridos por el sensor que se encuentra dentro del macromedidor con respecto al caudal. Uno de los requerimientos principales para instalar este tipo de equipos es contar con un flujo constante dentro de la tubería, lo cual garantice lecturas de gran precisión a la hora de revisar el display.



*Figura. 11. Sensor de flujo (Macromedidor).*



*Fuente: Propia.*



*Figura. 12. Macromedidor Instalado.*

*Fuente: Propia.*

*Trabajo realizado por Lucas Electrohidráulica para la Municipalidad de Alajuela.*

### **2.7.8 Analizadores**

Son equipos encargados de realizar mediciones permanentemente con respecto a la turbidez, color, pH, temperatura con la que viene el agua desde la toma o nacimiento donde se esté captando. En este proyecto, los analizadores de turbidez son los que se encargan de demostrar la calidad del agua que se está ingresando a un tanque, estas medidas son necesarias de realizar para darle el mejor tratamiento y poder cumplir con la calidad que se exige para el consumo humano. Los analizadores cuentan con un display en el cual se muestran los datos de turbidez tanto en la entrada como en la salida.

1. **Entrada:** Se encarga de tomar datos de turbidez (suciedad) en el agua cruda que ingresa al clarificador sedimentador proveniente de las tomas nacientes, esta turbidez se mide en NTU.
2. **Salida:** Indica la turbidez final con la que sale el agua después del proceso de filtrado, su unidad de medida es NTU.



*Figura. 13. Analizador de turbidez de entrada.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 14. Analizador de turbidez de salida.*

*Fuente: Propia.*

### **2.7.9 Clarificador sedimentador**

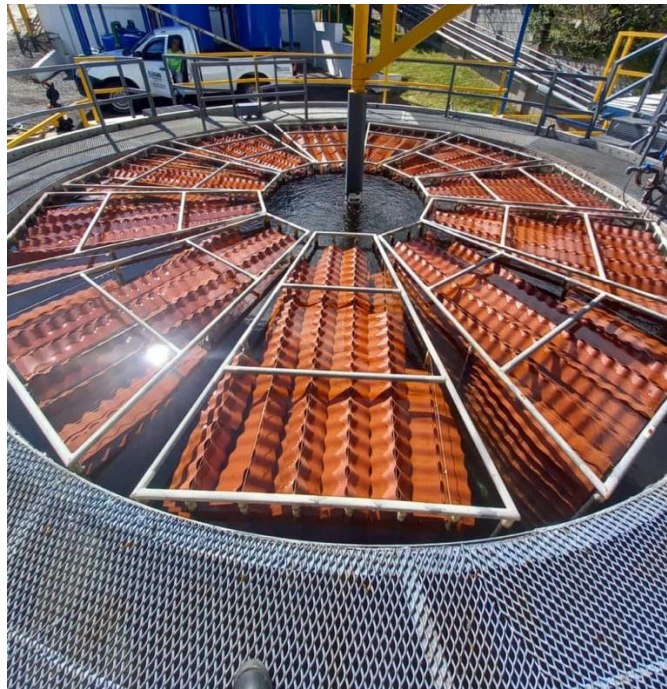
Es un tanque que está construido de acero inoxidable el cual función principal es recibir el caudal que proviene de las tomas o nacientes, el funcionamiento del clarificador sedimentador se detalla de la siguiente manera:

1. Mediante un difusor central que cuenta con un mezclador dinámico por el cual ingresa el caudal, el difusor tiene dos funciones principales, llenar el tanque de agua y producir un flujo laminar que pasara mediante los módulos de sedimentación.
2. Dentro del tanque se encuentran decantadores, los cuales se colocan alrededor del clarificador, su principal función es la recolección parcial de sedimentos que proviene del agua cruda que está ingresando al tanque.
3. Se encarga de disolver coagulantes y floculantes los cuales mediante equipos de medición que toman muestras del agua constantemente que está ingresando al clarificador se encargan de colocar la dosificación específica que se requiere en ese momento, estos químicos eliminan microorganismos y macroorganismos que son peligrosos para el consumo humano.
4. Logra adelantar una gran parte del proceso de la purificación del agua ya que debido a los decantadores se logra retirar en su gran mayoría sedimentos que provienen de la entrada del agua y adelanta en gran cantidad al siguiente paso que sería el filtrado.



*Figura. 15. Vista frontal del clarificador.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 16. Vista superior del clarificador.*

*Fuente: Propia.*

### 2.7.10 Sistema de cloración

Un sistema de cloración es uno de los más comunes y habituales que se utilizan para la purificación del agua, el cual genera una desinfección del agua mediante determinadas cantidades de cloro que se depositan en un caudal que se mantiene en constante circulación. Los sistemas de cloración son los tratamientos más ideales ya que mediante un equipo de dosificación automática realiza las mediciones y controla la cantidad de cloro que tiene el agua, por lo general comprende un rango de dosificación que ronda entre 0.6 a 0.8 ppm. Un aspecto para tener en cuenta es que se puede encontrar también los sistemas de cloro gas, el cual tiene la misma función de dosificar el agua solo que este cloro se agrega de manera gaseosa.



*Figura. 17. Sistema de cloración por dosificación.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 18. Sistema de cloración por cloro gas.*

*Fuente: Propia.*

Además del sistema de cloración en una planta de filtrado rápido bajo presión podemos encontrar los siguientes sistemas que son de suma importancia pues ayudan a determinar y controlar parámetros que se deben de estar monitoreando constantemente en el agua, los siguientes sistemas se nombran a continuación:

#### **2.7.10.1 Sistema de coagulación y floculación:**

Es un proceso en el cual se aplica un tratamiento químico en el agua, su principal objetivo es realizar la separación de sedimentos que se pueden acumular en el clarificador para poder obtener un mejor proceso de filtrado, el coagulante en si su función principal del coagulante es neutralizar las cargas que se encuentran en el agua, y el floculante se encarga de formar sedimentos en cantidades menores para lograr obtener una mejor sedimentación. Para determinar la cantidad correcta de floculante y coagulante que se debe de colocar dentro del clarificador se determina mediante un analizador, el cual constantemente está realizando muestreos del agua cruda que ingresa a clarificador, una

vez realizadas las muestras e inyectados los químicos se procede a tomar una muestra de salida del clarificador para determinar si el agua tiene una mejor calidad a la que entró inicialmente para el proceso de filtrado.



*Figura. 19. Sistemas de coagulación y floculación (Dosificadores).*

*Fuente: Propia.*

### 2.7.10.2 Sistema SCADA

SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos). Es un sistema de automatización el cual permite observar antecedentes en tiempo real, controlar y obtener datos a distancia desde un punto A hasta un punto B. Algunas características generales de los sistemas SCADA es que podemos controlar procesos industriales de manera remota, se puede monitorear y controlar de equipos, por ejemplo, macromedidores, bombas, válvulas, filtros, sensores, manómetros entre otros y, por último analizar datos que se dan en tiempo real como el nivel del agua, el caudal, la presión por mencionar algunos.



*Figura. 20. Visualización del sistema SCADA en computadora.*

*Fuente: Propia.*

### 2.7.11 Filtro

El filtro es un equipo en el cual se somete agua, este tiene una función principal que es que en la manera que está diseñado se encarga de eliminar sedimentos y microorganismos que son contaminantes y afectan al ser humano, en los filtros que se encuentran en las plantas de tratamiento de agua potable se puede analizar que hay unos materiales en específico que se encargan del filtrado del agua, los cuales son:



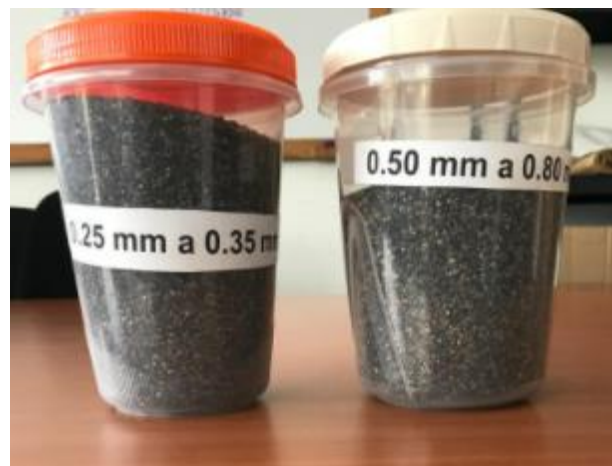
1. **Grava:** Piedras de río debidamente tamizadas por su tamaño y acomodadas en la parte inferior del filtro formando una cama.



*Figura. 21. Grava para medios filtrantes.*

*Fuente: Propia.*

2. **Arena:** Arena sílica clasificada de diferentes tipos granulometrías.



*Figura. 22. Arena sílice.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 23. Arena sílice para filtros.*

*Fuente: Propia.*

**3. Antracita:** Es un tipo de carbón mineral que es excelente para la filtración del agua.



*Figura. 24. Antracita.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 25. Antracita para purificación del agua.*

*Fuente: Propia.*

Estos tres materiales son de suma importancia en un filtro de agua potable, debido a que su función principal es la eliminación de sólidos de suspensión que vienen disueltos en el agua y se encargan de limpiarla y purificarla, dándole así una mejor calidad para el consumo humano.

Actualmente en Costa Rica se pueden encontrar dos tipos de filtros en las plantas de tratamiento para agua potable los cuales se mencionan a continuación:

#### **2.7.11.1 Filtros tipo Cepis**

Son piletas que están construidas en bloques de concreto, que se encargarán de potabilizar grandes caudales de agua por medio de gravas, arenas y antracitas, su principal desventaja es que son muy costosos y no son filtros de tipo modular, otra desventaja es el desgaste del concreto con el cual se fabrican los repellos, a la hora de realizarle el mantenimiento conlleva gran cantidad de tiempo para poder extraer el material, lavarlo, clasificarlo, sellado de paredes, este sistema de filtrado requiere de gran espacio para su construcción para lograr una óptima filtración .



*Figura. 27. Filtros para purificación de agua tipo cepis.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 26. Filtro tipo cepis.*

*Fuente: Propia.*

Los filtros rápidos bajo presión son estructuras metálicas de forma cilíndrica los cuales operan bajo una presión constante dentro del filtro, la presión del filtro se genera mediante una bomba el cual inyecta el agua a los filtros, una ventaja de los filtros rápidos bajo presión es que son de tipo modular, son fáciles de realizar el mantenimiento, pueden trabajar de manera automatizada, la instalación de este tipo de filtros requiere poco espacio para su funcionamiento y manipulación.



*Figura. 28. Filtros rápidos bajo presión.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 29. Filtro rápido bajo presión para la purificación del agua.*

*Fuente: Propia*

### **2.7.12 Válvula**

Es un equipo mecánico el cual permite o impide el paso de un fluido a través de una tubería. Las válvulas se pueden fabricar de diferentes tipos de materiales, los más comunes son, hierro negro, PVC y bronce, una ventaja es que son de fácil manipulación, entre los tipos más comunes de válvulas se pueden encontrar los siguientes:

#### **2.7.12.1 Válvulas de aire de triple acción**

Este tipo de válvulas están diseñadas específicamente para eliminar el aire que se genera dentro de las tuberías como función principal, esto con el fin de prolongar la vida útil de las tuberías específicamente en los casos de tubería en hierro negro.



*Figura. 30. Válvula de aire o triple acción.*

*Fuente: Propia.*

#### **2.7.12.2 Válvula mariposa**

Las válvulas mariposas están formadas por una placa superior la cual se denomina mariposa, esta placa gira sobre su eje principal el cual permite la apertura o cierre del disco que conforma la válvula.



*Figura. 31. Válvula mariposa con agarradera.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 32. Válvula mariposa con perilla.*

*Fuente: Propia.*

### **2.7.12.3 Válvula de bola**

La válvula de bola tiene una característica general, la cual funciona como una llave de paso, su mecanismo de funcionamiento se da a través de una esfera, la cual permite el paso o el cierre de un fluido.



*Figura. 33. Válvula tipo bola.*

*Fuente: Propia.*



#### 2.7.12.4 *Válvula motorizada*

Estas funcionan mediante un actuador o motor que se encuentran en cabezal principal de la válvula, la función principal de estos equipos es realizar la apertura o cierre de la misma de manera automatizada.



*Figura. 34. Válvula motoriza en funcionamiento.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 35. Válvula motorizada.*

*Fuente: Propia.*

### 2.7.12.5 *Válvula de compuerta*

Según las especificaciones técnicas de la válvula de compuerta, tiene un mecanismo no recomendado para la regulación de un fluido, por tanto, es recomendable la apertura o el cierre completo, para lograr su buen funcionamiento sin alterar presiones de entrada durante el cierre del caudal. Su sistema giratorio de cierre manual que se gira lentamente minimiza el golpe de ariete, que normalmente son generados por otros tipos de válvulas.



*Figura. 36. Válvula de tipo compuerta.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 37. Vista lateral de la válvula de compuerta.*

*Fuente: Propia.*

### **2.7.13 By-pass**

Un by-pass es una interconexión que se realiza entre válvulas y tuberías, la cual tiene como función principal, dar mantenimiento a un área determinada y operar de manera idónea los equipos sin que el insumo que se esté brindando se vea afectado.



*Figura. 38. By-pass en tanque de almacenamiento.*

*Fuente: Propia.*

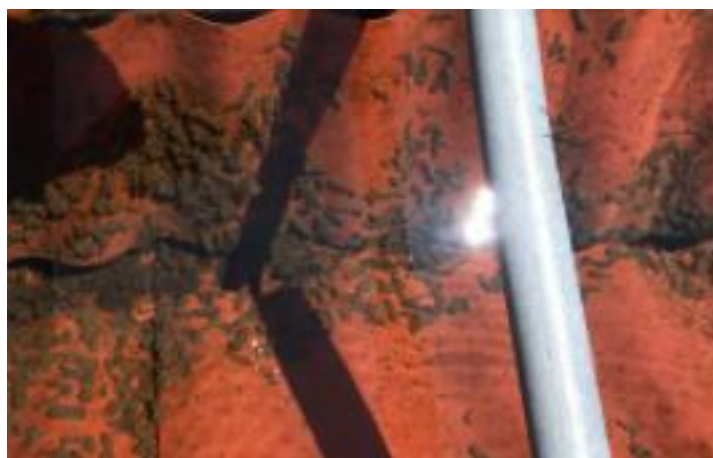
#### **2.7.14 Sedimentos**

Son partículas residuales de distintos tamaños, los cuales se producen por medio de la erosión de las montañas, descomposición de materia orgánica, arenas, polvo entre otros organismos contaminantes, los cuales son transportados a lo largo de un cauce, estos sedimentos pueden generar graves daños en la salud de los seres humanos en caso de ser ingeridos en grandes cantidades algunos de estos sedimentos que son arrastrados son: metales pesados como el hierro (Fe), manganeso (Mn), arsénico (As), cobre (Cu), algas, microorganismos y macroorganismos.



*Figura. 39. Sedimentos.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 40. Sedimentos generados en el decantador dinámico.*

*Fuente: Propia.*

### 2.7.15 Lodos

Los lodos se generan a través de una mezcla de agua con sedimentos arcillosos que provienen del agua, es uno de los principales contaminantes del agua causando un efecto de turbidez, dependiendo del tipo de material que arrastre provoca un tipo de decoloración al agua (agua clara, agua turbia). Cabe destacar que los lodos que se generan no son tóxicos debido a que en su mayoría son minerales, los cuales después del proceso de filtrado se pueden colocar en un tanque de lodos donde serán almacenados en un determinado tiempo antes de devolverlos al cauce del río nuevamente, sin generar ningún impacto ambiental.

Existe una entidad ambiental llamada SETENA (Secretaría Técnica Nacional Ambiental), la cual vela por el cuidado del medio ambiente, este ente público determina mediante estudios y pruebas ambientales para determinar si estos lodos se pueden volver a depositar al cauce del río.



*Figura. 41. Tanque para almacenamiento de lodos producidos en la planta.*

*Fuente: Propia.*

### 2.7.16 Flóculos

Se producen mediante una reacción química generada por la mezcla del floculante con el agua, causando unión de partículas de sedimentos en suspensión, que serán removidos, mediante el proceso de decantación y filtración.

### 2.7.17 Bombas

Una bomba es un equipo mecánico el cual tiene como objetivo principal bombear un fluido de un punto (A) a un (punto B), generalmente se les da diversos usos, algunos de los usos más comunes son: residencial, industrial, agrícola, agua potable, piscinas, aguas residuales, etc., esto con el fin de suplir las necesidades que requiera el cliente.

Existen diferentes tipos de bombas tales como: Centrifugas, Peri estáticas, Axiales, cada una contiene diferentes características mecánicas y funcionales, todo varía dependiendo del fluido con el cual se vaya a implementar. La capacidad de cada bomba a utilizar dependerá de su potencia necesaria para transportar dicho fluido de un punto a otro, tomando en cuenta sus características de diseño para la entrega del líquido con respecto a la altura de extracción y a la expulsión. A parte se debe de tomar en cuenta la presión y el diámetro de las tuberías para optimizar su correcto funcionamiento.



*Figura. 42. Bombas de impulsión.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 43. Bomba para extracción.*

*Fuente: Propia*

#### **2.7.17.1 Bomba de lodos**

La bomba de lodos como característica principal es, succionar y expulsar los lodos que llegan al tanque de captación para lodos, este tipo de bombas tienen generalidades específicas en su estructura mecánica, pues requieren de un diseño específico para transportar este tipo de sedimento sin ocasionarle daños internos en su estructura. Una vez separados los lodos en el tanque de captación, se procede a expulsarlos.





*Figura. 44. Bomba de lodos encargada de impulsarlos al exterior.*

*Fuente: Propia.*

### **2.7.18 Manómetros**

Instrumento digital o analógico dimensionado con el propósito de adquirir lecturas de presión en diferentes sectores de una o varias tuberías, esto ayuda a mantener un control estable de presión en dichas tuberías, garantizando que dicha tubería puede soportar una presión establecida por el fabricante. En el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de manómetros, los cuales se describen a continuación:

#### **2.7.18.1 Manómetros de glicerina**

Indican la presión que se está dando a través de la tubería, mediante un analizador en forma circular, este contiene una escala de medición, específicamente lo que indica es la presión, una aguja la cual indica la presión, la glicerina (aceite) facilita mejores lecturas debido a las propiedades de viscosidad, garantizando un margen de error mínimo. Como característica principal en su mantenimiento es casi nulo pues por su diseño es un equipo totalmente hermético.



*Figura. 45. Manómetros de glicerina.*

*Fuente: Propia.*

#### **2.7.18.2 Manómetro digital**

Equipo diseñado para mostrar datos en tiempo real que se generan a través de una presión interna de una tubería, estos manómetros cuentan con un sensor y una pantalla para poder visualizar los datos. Como aspecto general, estos manómetros requieren calibración cada cierto tiempo para lograr lecturas y datos confiables.



*Figura. 46. Manómetros digitales.*

*Fuente: Propia.*

### 2.7.19 Flujo laminar

El flujo laminar se mueve en una misma trayectoria de manera ordenado, la principal característica para determinar si es flujo laminar es que el número de Reynolds (Re) sea menor a 2300.

### 2.7.20 Flujo turbulento

El flujo turbulento no tiene una trayectoria definida, se mueve en diferentes direcciones formando turbulencia, para determinar si el flujo es de tipo turbulento el número de Reynolds (Re) tiene que ser mayor a 4000, el número de Reynolds se demuestra mediante la siguiente fórmula.

**Ecuación dos (2) para calcular el caudal:**

$$\mathbf{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (2)$$

**Donde:**

**V:** Velocidad del fluido.

**D:** Diámetro interno de la tubería.

**v:** Viscosidad cinemática del fluido.

### 2.7.21 Presión

Se define como presión de agua a una fuerza que se ejerce en un flujo de agua cuando esta es sometida a un ducto o tubería determinado. Estas presiones generalmente se dan por bombas o por gravedad.

### 2.7.22 Nivel estático

Se le conoce al nivel estático (ne) como, agua que se encuentra de manera subterránea de manera natural, se puede encontrar en diferentes profundidades (poca profundidad / mucha profundidad) dependiendo de las características del terreno.

### **2.7.23 Nivel dinámico**

Al igual que el nivel estático, su principal característica es que el agua se encuentra de manera subterránea, normalmente esta agua se utiliza para la construcción de pozos, los pozos se caracterizan por extraer el agua que se encuentra a diferentes niveles de la superficie de la tierra, una vez ya extraída se trata mediante filtración y productos químicos para convertirla en agua potable y almacenar, para que en su último paso sea distribuida a red para el consumo humano.



para poder potabilizar el agua para el consumo humano, una vez realizado este proceso, se transporta a un tanque de almacenamiento, el cual recauda toda el agua purificada y por medio de líneas de distribución se procede a transportar hasta las diferentes instituciones públicas, edificios y casa.

## **2.8 Hipótesis.**

La misión principal de todo ingeniero es desarrollar nuevos y mejores procesos tanto en tecnologías como en procesos constructivos, proponiendo como objetivo principal reducir costos de operación y mejorando la eficiencia de estos. Para este proyecto, mediante la elaboración de dos nuevos diseños mecánicos, lo que se busca obtener es una mejora en la eficiencia y eficacia del decantador dinámico en la recolección de sedimentos que se generan en la parte interior.

Se debe tomar algunas consideraciones iniciales como estudios y pruebas, los cuales garanticen que el proyecto a desarrollar sea viable obteniendo un margen favorable para el desarrollo a futuro de proyectos relacionados con plantas de filtrado rápido bajo presión específicamente en el equipo llamado, clarificador sedimentador, esto ya que el actual presenta algunas deficiencias en cuanto a la recolección de sedimentos debido a su diseño mecánico.

## **2.9 Limitaciones.**

Este proyecto abarca el diseño, la elaboración y la colocación en sitio para las pruebas correspondiente con los nuevos diseños mecánicos.

Se realizarán análisis mediante los softwares (Ansys Student y Pythom) para el modelado y análisis de los nuevos diseños.

Solo se realizarán pruebas prácticas para determinar las mejoras a implementar en este sistema mecánico, y determinar un mayor rendimiento en la captación de sedimentos que ingresan al clarificador sedimentador.

### **2.10 Alcances.**

El principal alcance es poder implementar y probar dos nuevos diseños mecánicos en las plantas de filtrado rápido bajo presión a un corto o mediano plazo, esto para poder determinar si con estos nuevos diseños se mejora y optimiza la captación de sedimentos dentro del clarificador sedimentador, y lograr una mejor remoción de sólidos suspendidos para poder garantizar a la población una mejor calidad en el suministro del agua que irán a consumir.

## Capítulo III

### 3. DESARROLLO

En este capítulo, se empezarán a desarrollar todos los procedimientos requeridos para el modelado y análisis de los dos nuevos diseños vs el diseño actual, los cuales se pondrán en funcionamiento en el equipo llamado clarificador sedimentador, con el fin de mejorar la captación de sedimentos que ingresan al equipo mencionado, para lograr una mejor calidad de agua potable para el consumo humano. Los resultados de los diseños actuales y de los nuevos diseños propuestos serán demostrados detalladamente en este capítulo y en la sección de los anexos, para aclarar dichos puntos y analizar los resultados que se obtuvieron en las pruebas realizadas.

Para realizar el estudio y análisis de los nuevos diseños propuestos para la mejora del clarificador sedimentador, se utilizarán dos métodos: el primer método será un modelado en un software que permitirán analizar y estudiar fluidos dinámicos, análisis estructurales, turbo sistemas, entre otros, para este proyecto se utilizara el modelado con fluidos, pues el principal elemento de este proyecto es el agua potable (es un fluido). El segundo elemento a utilizar es una programación por medio de un software que funciona a través de imágenes tomadas desde un celular, dichas imágenes muestran la saturación de sedimentos acumulados por medio de pixeles. Las fotos se tomarán en un rango de quince días, las cuales permitirán mostrar la cantidad de sedimentos tanto en los diseños actuales como en los dos nuevos diseños propuestos, estos pixeles van a ir variando en ambos diseños pues van obteniendo una mayor decoloración del material generada por los sedimentos acumulados en ellos.



### **3.1 Análisis por software Ansys Fluent para los nuevos diseños propuestos en el clarificador sedimentador.**

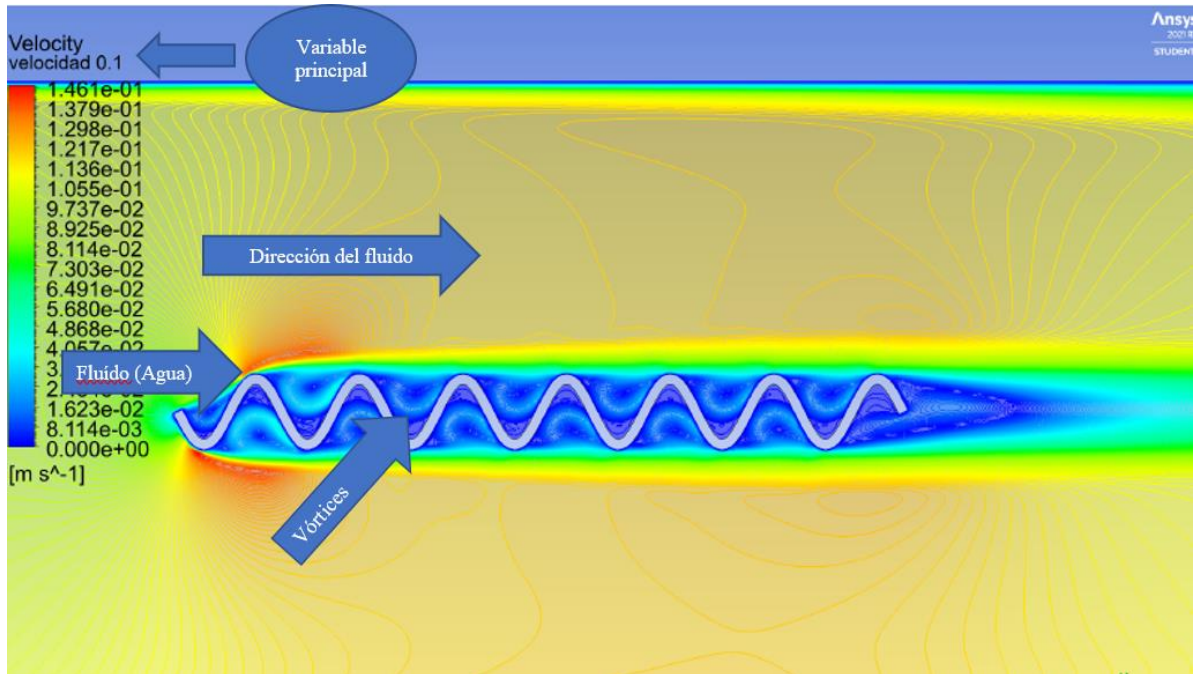
El Ansys Fluent es un software de tipo CDF (dinámica de fluidos computacional), este contiene características de modelado físico el cual se pueden utilizar para realizar diferentes análisis, entre ellos podemos encontrar: fluidos, transferencias de calor, turbulencias, etc.

Este programa trabaja mediante aproximaciones numéricas, utiliza algunas ecuaciones matemáticas para el desarrollo de los cálculos, algunas de esas funciones matemáticas son: el número de Reynolds, Navier-Stokes y Rams. En conjunto con estas ecuaciones matemáticas, se utilizan distintos niveles de turbulencia para (el) o (los) modelos a diseñar y programar, dependiendo de las características o la condición de modelo hay unos que son los de mayor utilidad y que brindan mejores resultados, entre ellos se encuentran, Kappa – Épsilon para flujos laminares, Kappa – Omega para flujos transitorios y el Kappa – Omega estándar para flujos con mayor turbulencia, con cualquiera de estos tres métodos lo que se busca como objetivo principal es la convergencia de dichos métodos.

Para los dos nuevos modelos desarrollados se utilizó un criterio en los residuales de convergencia de  $(10^{-8})$  para poder obtener resultados con mucha exactitud, este valor es uno de los más comunes para usarlo en CDF para este tipo de análisis. Se realizaron diferentes modelados con los nuevos diseños propuestos, la principal variable con la que se tenía que programar era la velocidad del flujo, el cual genera la formación de vórtices en los canales de los actuales y nuevos diseños que se encuentran en el decantador dinámico, con la formación de estos vórtices se puede denotar empíricamente si se está realizando la “acumulación de sedimentos”, para dichas simulaciones se utilizaron rangos de velocidad que van desde los  $(0,01 \text{ m/s}^2)$  hasta los  $(5 \text{ m/s}^2)$ .

A continuación, se demostrarán simulaciones realizadas con los nuevos diseños propuestos, los cuales permiten analizar el comportamiento de acumulación de sedimentos en cada diseño, y poder determinar a su vez con cuales velocidades de operación funcionan mejor en la formación de vórtices para la acumulación de los mismos.

En la siguiente imagen se describe el proceso de modelado en el programa Ansys Fluent para los dos nuevos diseños propuestos:



*Figura. 48. Detalle del funcionamiento del programa.*

*Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.*

### 3.2 Descripción de la barra de colores:



*Figura. 49. Barra de colores.*

*Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante.*

En cada una de las simulaciones que se van a mostrar a continuación se puede encontrar esta barra de colores la cual tiene diferentes significados

1. **Color azul (■):** El color azul se refiere a zonas de deposición de sedimentos a través de la lámina del nuevo diseño propuesto, a su vez también se demuestra en la escala de velocidades que el color azul es el que menor velocidad presenta a lo largo de la simulación.
2. **Color turquesa (■):** Este color tiene un escalón mayor de velocidad, el cual genera formación de vórtices (remolinos) en cada una de las ondulaciones en los nuevos diseños propuestos, y logra evidenciar el comportamiento real que se da en el clarificador sedimentos que opera actualmente.
3. **Color verde (■):** Es un fluido (agua) que circula a una velocidad de manera moderada.
4. **Color amarillo y rojo (■ / ■):** Estos dos colores muestran a una velocidad alta en los nuevos diseños propuestos, por lo cual en cada simulación se denotan en los extremos de cada una de ellas, debido a una velocidad elevada no se obtienen resultados favorables en la captación de sedimentos que permiten el análisis.

Para el primer diseño propuesto en el clarificador sedimentador.

1. Con una velocidad de simulación de  $0.4 \text{ m/s}^2$

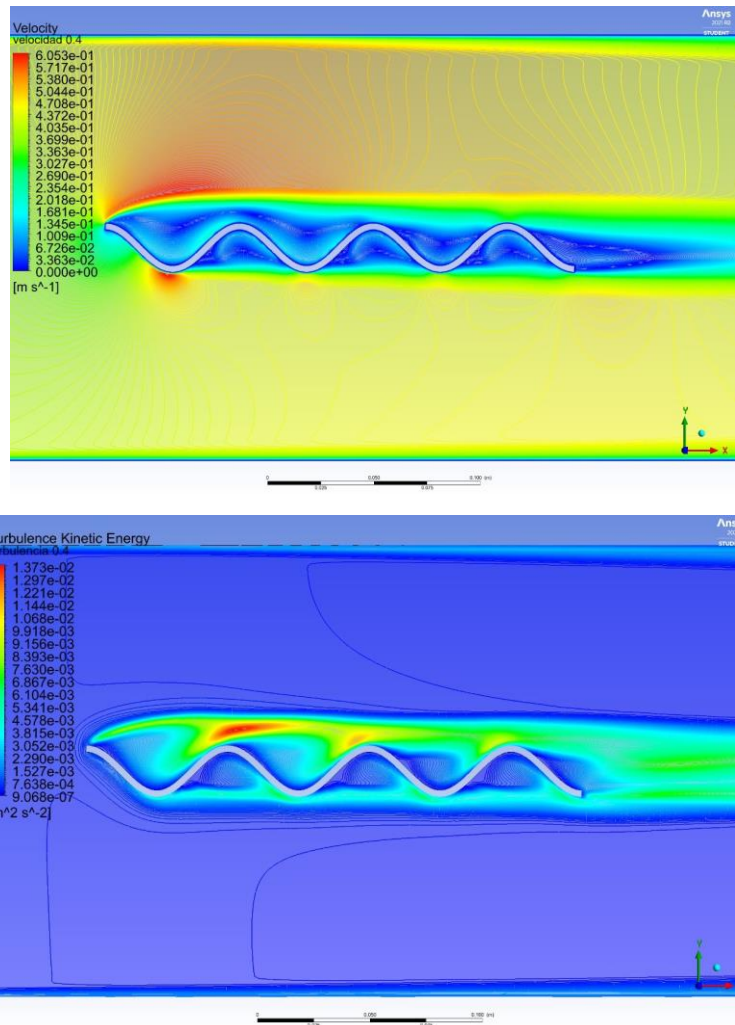
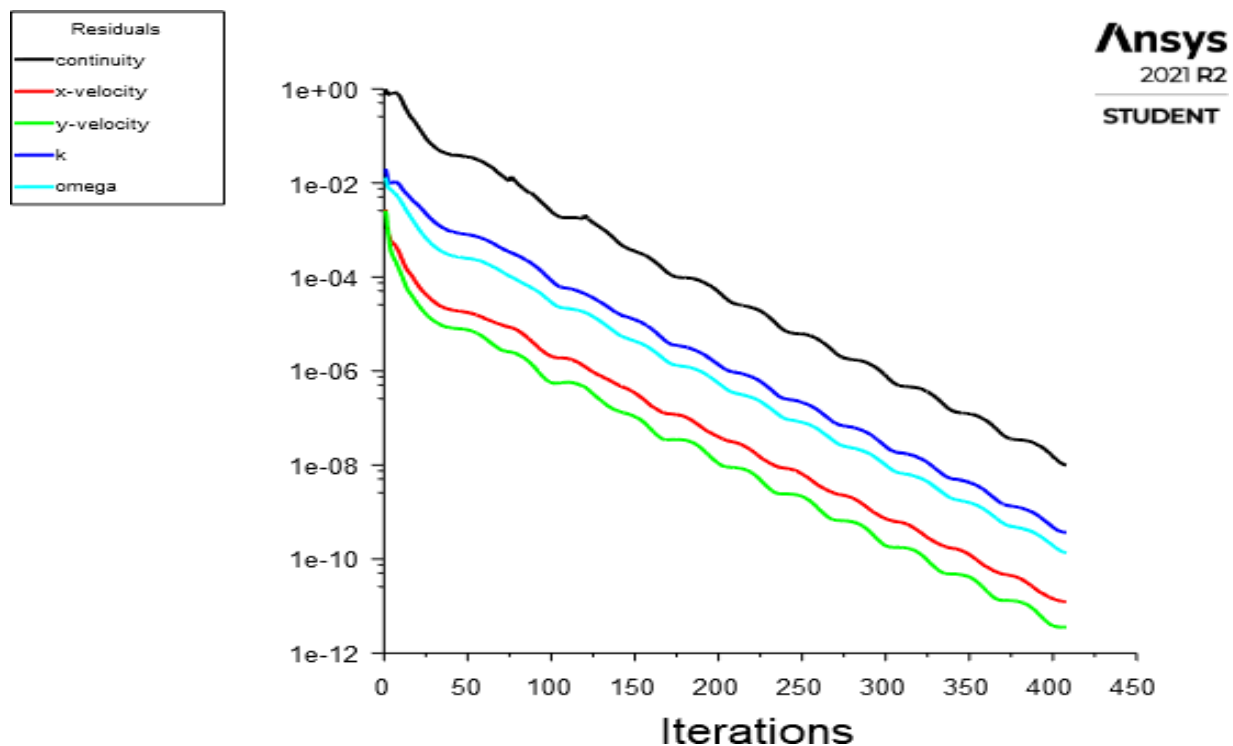


Figura. 50. Simulación con una velocidad de  $0.4 \text{ m/s}^2$

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

En las imágenes mostradas, se representa la modelación del sistema en el software Ansys Fluent, el cual permite el análisis del nuevo modelo propuesto y poder determinar si forma vórtices acumulación de sedimentos en los canales que tiene dicho modelo. Esta simulación se realizó para el diseño propuesto número uno.

Estas gráficas representan la cantidad de cálculos matemáticos llamados iteraciones que realizó el sistema de modelación el cual sirve para determinar el criterio de convergencia. Las iteraciones son repeticiones de cálculos en cada una de las celdas por el cual está comprendido el área de simulación, es una función repetitiva que se da de un resultado a otro y así sucesivamente hasta obtener un margen de error muy pequeño a la hora de obtener un resultado.



*Figura. 51. Iteraciones realizadas por software.*

*Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.*

La presente gráfica muestra cantidades de iteraciones que realizó el software, en la parte superior izquierda, las barras de colores indican cual es el significado de cada color y el dato a analizar, el significado del eje (Y) son los residuales, los cuales significan la diferencia en cada valor de iteración, el eje (X) representa es la cantidad de iteraciones que hizo el software para llegar a obtener un resultado de convergencia, para esta grafica se realizaron aproximadamente 400 iteraciones.

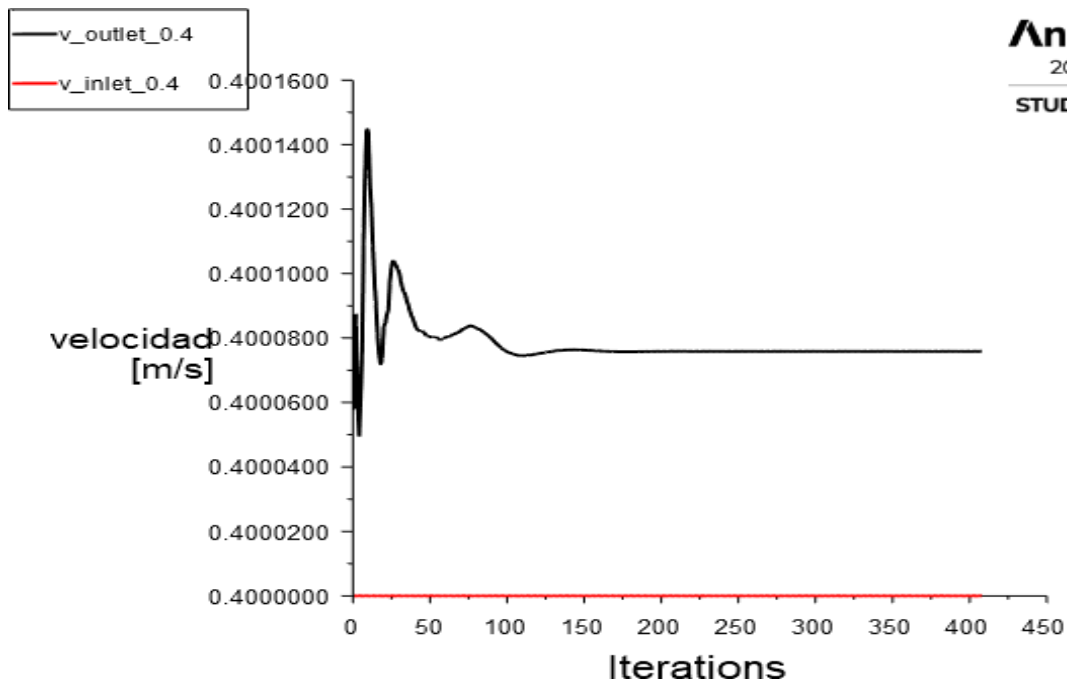


Figura. 52. Simulación con una velocidad de 0.4 m/s<sup>2</sup>

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

La siguiente gráfica mostrada, es el mismo ejercicio anterior, consecuente al ejercicio anterior, se analiza la velocidad, el color negro significa velocidad de salida, el color rojo velocidad de entrada, en el eje (Y) se representa la velocidad, en el eje (X) la cantidad de cálculos (iteraciones), realizadas por el programa. Estas gráficas se van a observar a lo largo del desarrollo, lo que varían son sus velocidades de entrada y el diseño propuesto, pero la analogía es la misma para las gráficas mostradas.

2. Con una velocidad de simulación de  $0.5 \text{ m/s}^2$

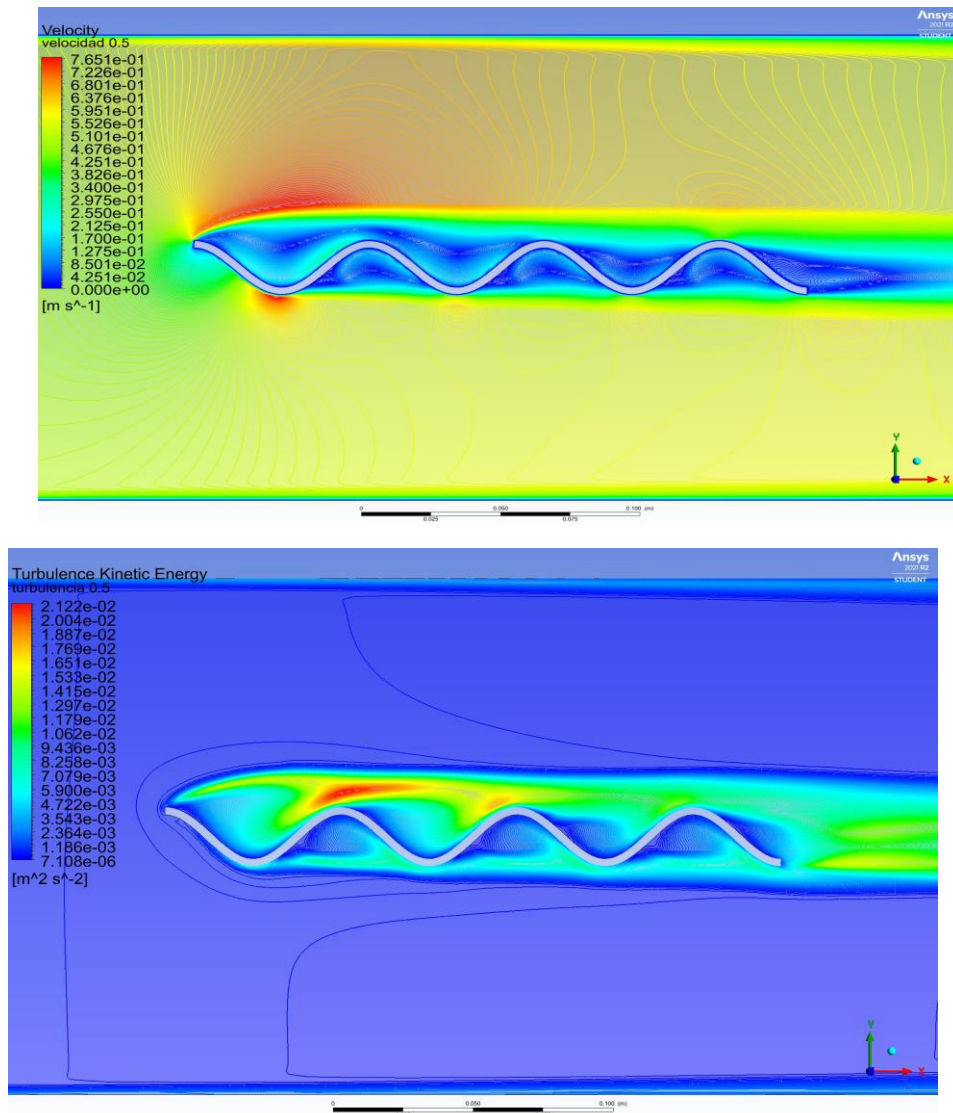


Figura. 53. Simulación con una velocidad de  $0.5 \text{ m/s}^2$

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

En las imágenes mostradas, se representa la modelación del sistema en el software Ansys Fluent, el cual permite el análisis del nuevo modelo propuesto y poder determinar si forma vórtices acumulación de sedimentos en los canales que tiene dicho modelo. Esta simulación se realizó para el diseño propuesto número uno.

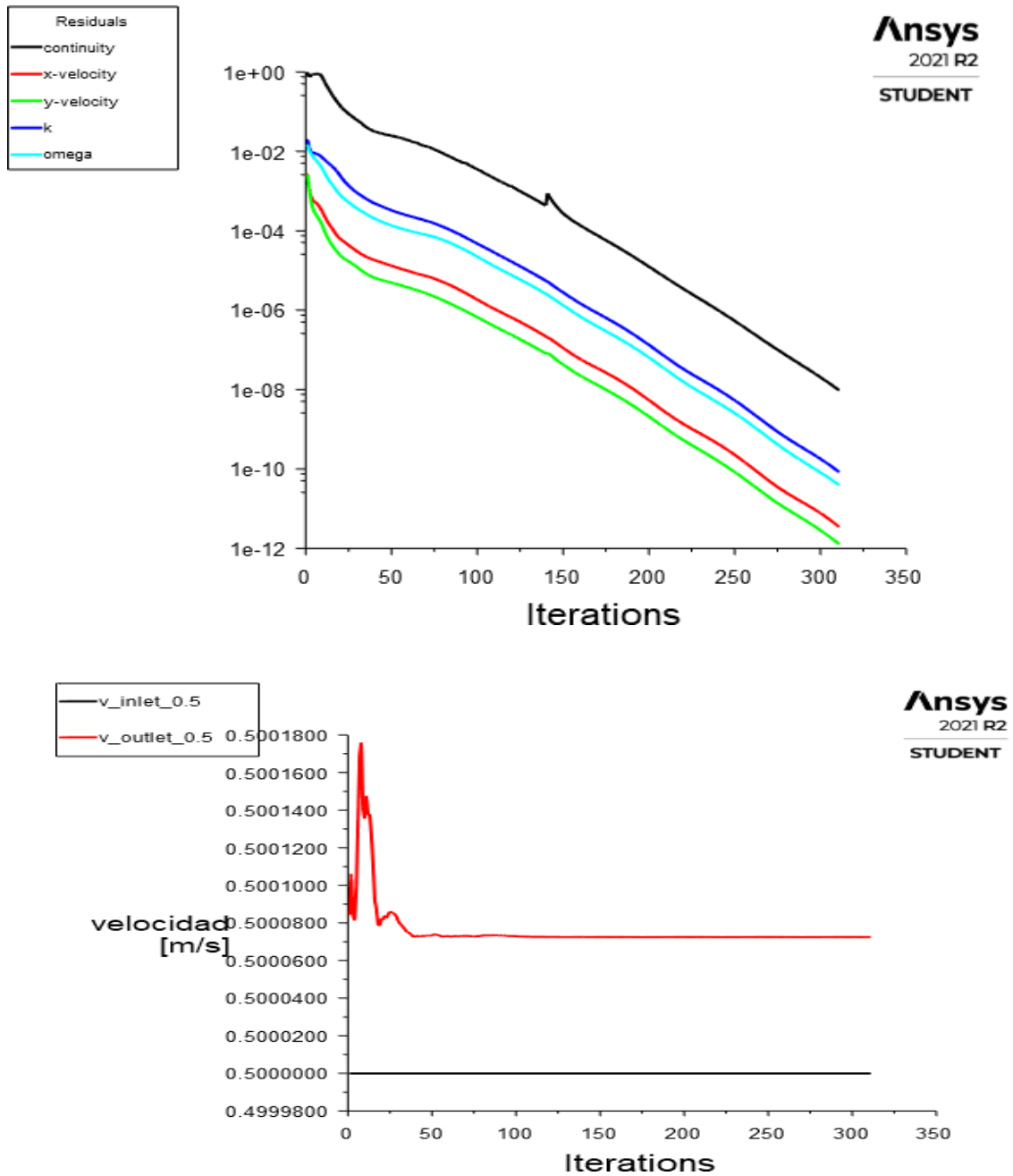


Figura. 54. Iteraciones para determinar el criterio de convergencia.

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

Estas gráficas representan la cantidad de iteraciones que realizó el sistema de modelación el cual sirve para determinar el criterio de convergencia.



Para el segundo diseño propuesto en el clarificador sedimentador:

1. Con una velocidad de simulación  $0.3 \text{ m/s}^2$

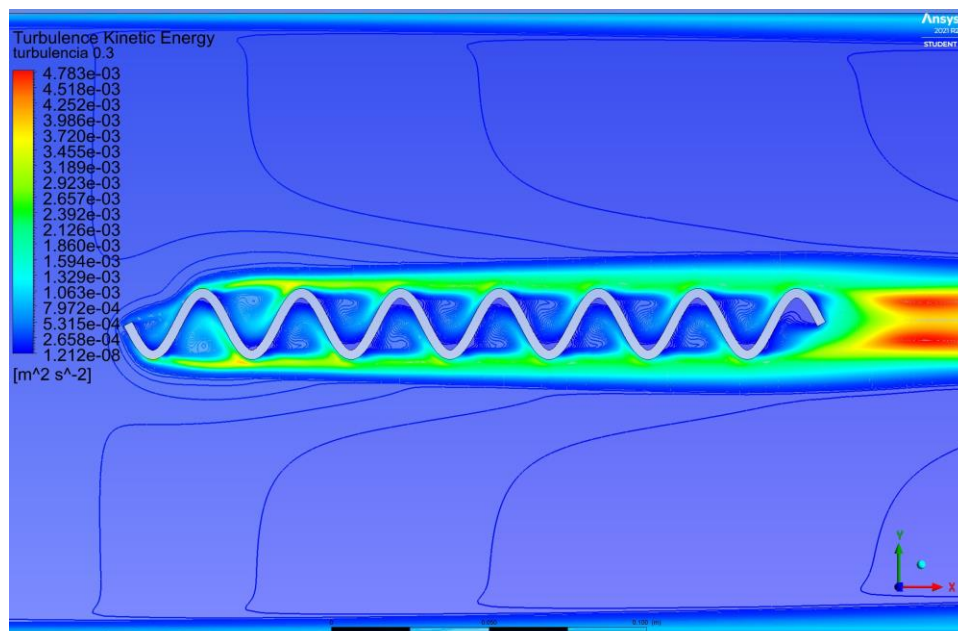
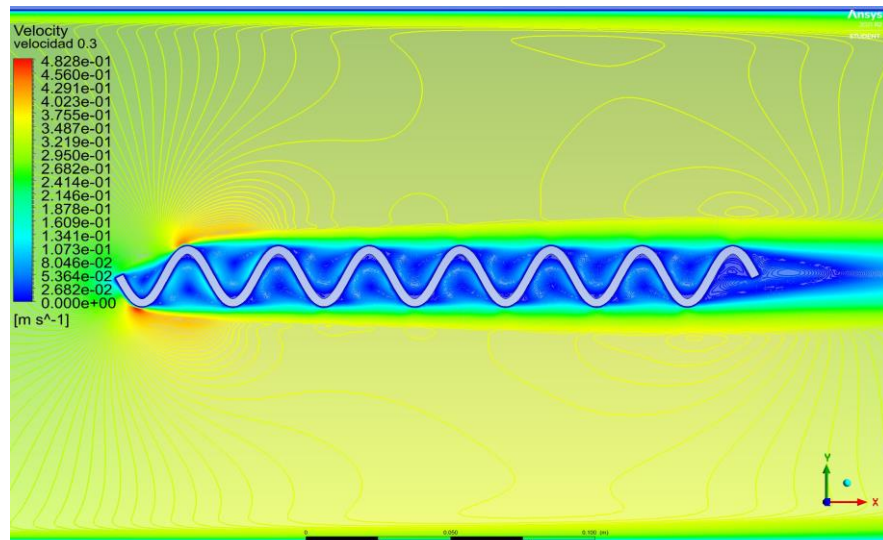


Figura. 55. Simulación con una velocidad de  $0.3 \text{ m/s}^2$

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

En las imágenes mostradas, se representa la modelación del sistema en el software Ansys Fluent, el cual permite el análisis del nuevo modelo propuesto y poder determinar si forma vórtices acumulación de sedimentos en los canales que tiene dicho modelo. Esta simulación se realizó para el diseño propuesto número dos.

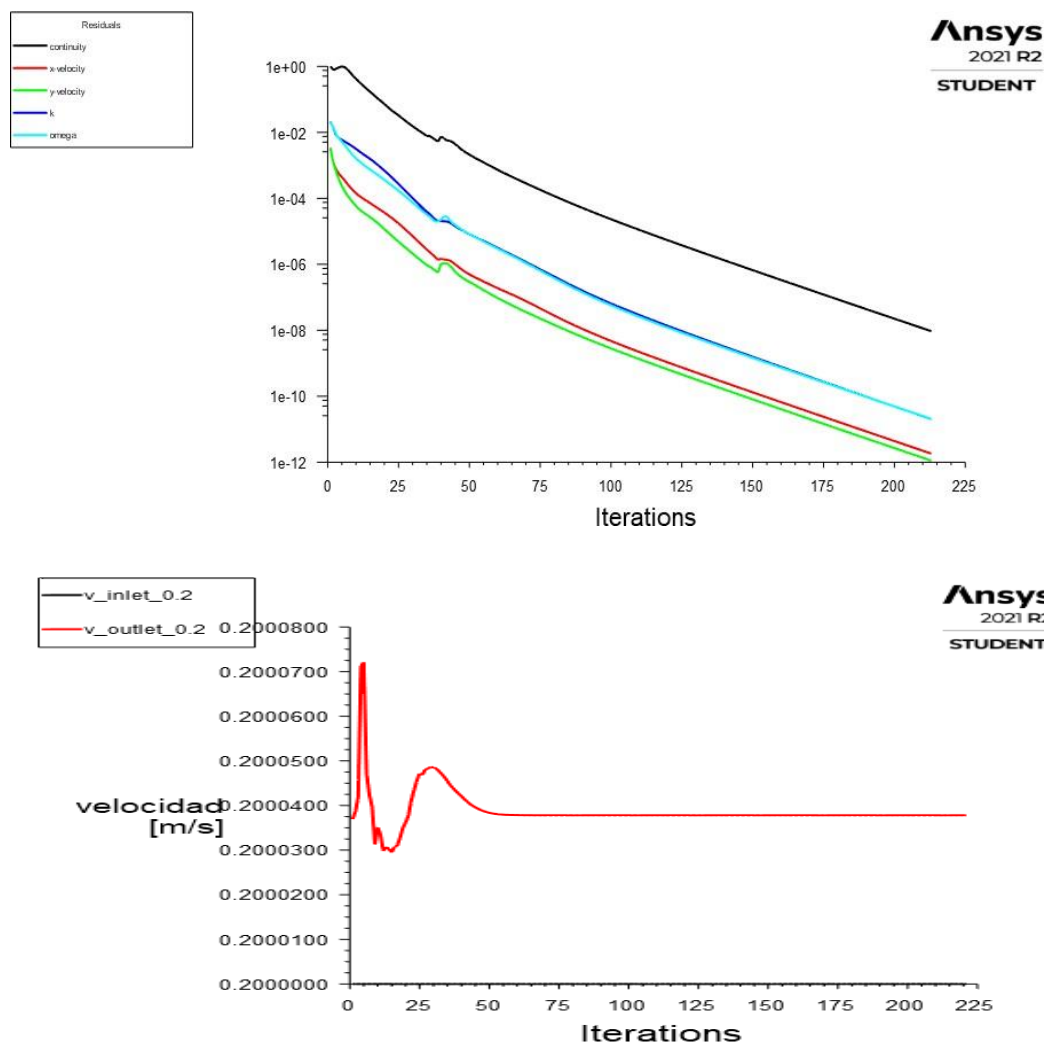


Figura. 56. Iteraciones para determinar el criterio de convergencia.

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

Estas gráficas representan la cantidad de iteraciones que realizó el sistema de modelación, el cual sirve para determinar el criterio de convergencia.

2. Con una velocidad de simulación de  $0.4 \text{ m/s}^2$

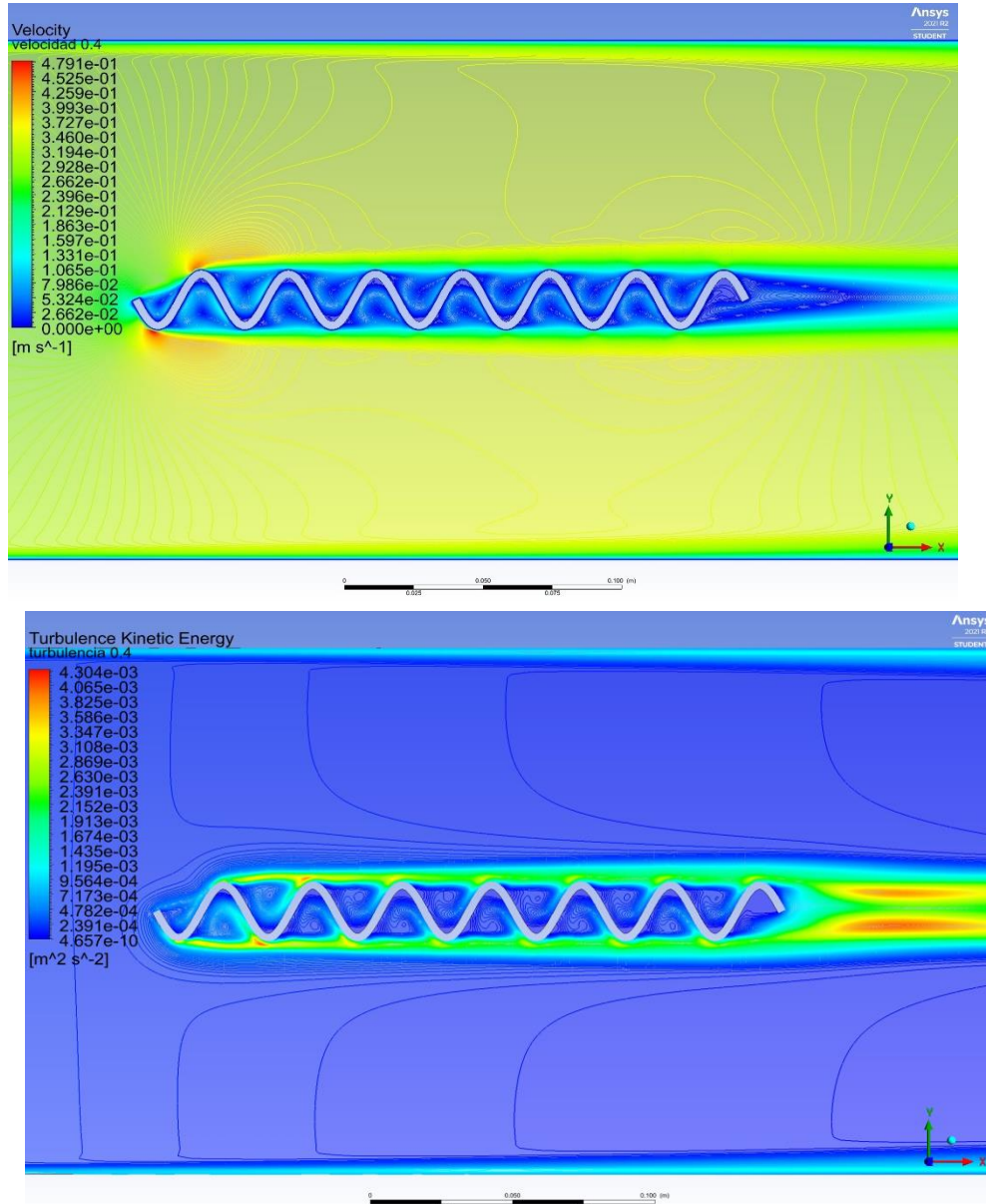


Figura. 57. Simulación con una velocidad de  $0.4 \text{ m/s}^2$

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

En las imágenes mostradas, se representa la modelación del sistema en el software Ansys Fluent, el cual permite el análisis del nuevo modelo propuesto y poder determinar si forma vórtices acumulación de sedimentos en los canales que tiene dicho modelo. Esta simulación se realizó para el diseño propuesto número dos.

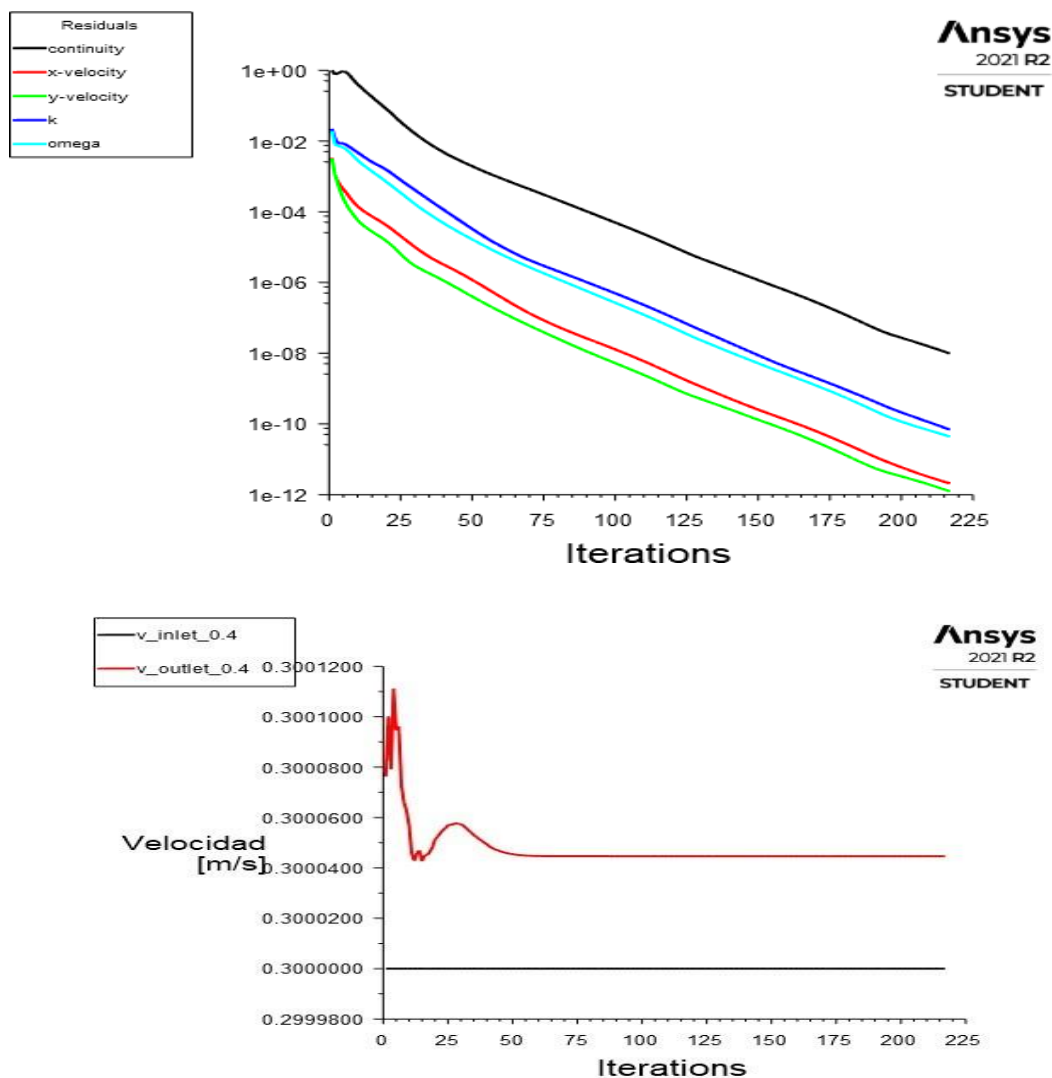


Figura. 58. Iteraciones para determinar el criterio de convergencia.

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

Estas gráficas representan la cantidad de iteraciones que realizó el sistema de modelación el cual sirve para determinar el criterio de convergencia.

3. Con una velocidad de simulación de  $0.5 \text{ m/s}^2$

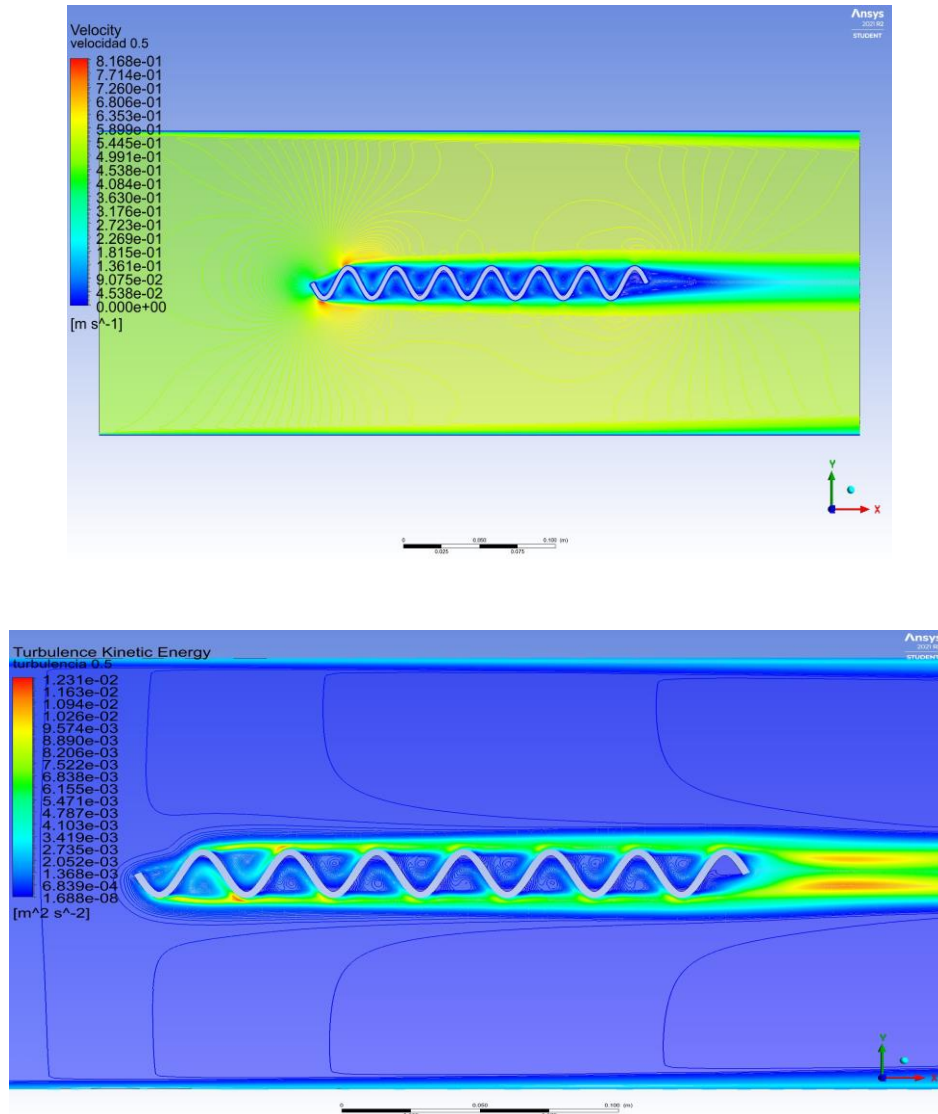


Figura. 59. Simulación con una velocidad de  $0.5 \text{ m/s}^2$

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

En las imágenes mostradas, se representa la modelación del sistema en el software Ansys Fluent, el cual permite el análisis del nuevo modelo propuesto y poder determinar si forma vórtices acumulación de sedimentos en los canales que tiene dicho modelo. Esta simulación se realizó para el diseño propuesto número dos.

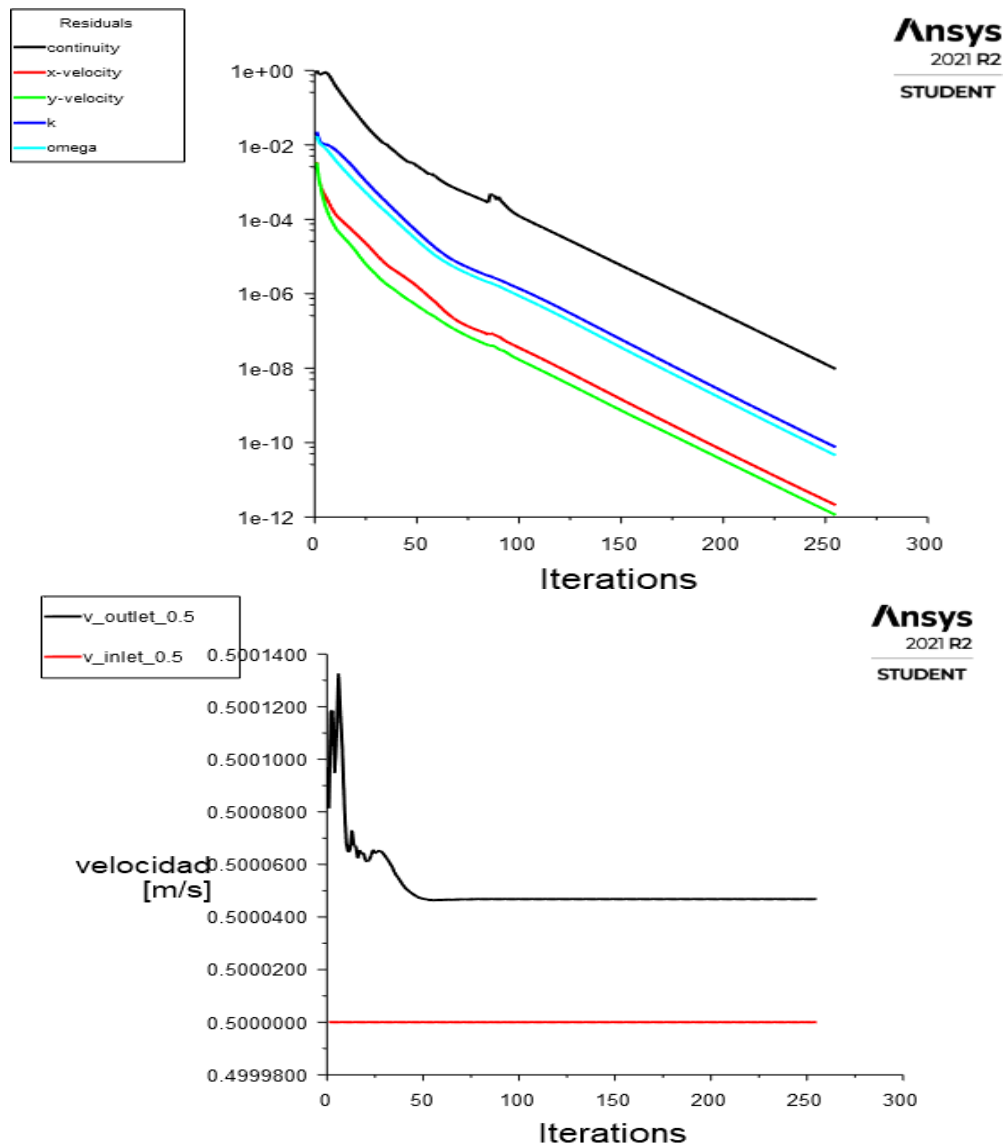


Figura. 60. Iteraciones para determinar el criterio de convergencia.

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

Estas gráficas representan la cantidad de iteraciones que realizó el sistema de modelación el cual sirve para determinar el criterio de convergencia.

**Algunas generalidades que se pueden observar y analizar con la simulación de estos dos nuevos modelos propuestos son:**

1. La velocidad de la modelación de los nuevos diseños desarrollados fue una de las variables más destacadas, por medio de la velocidad se puede tomar como punto de referencia para poder determinar y analizar la captación de sedimentos.
2. La principal distinción de haber simulado estos diseños a diferentes velocidades tanto bajas como altas, se puede observar con claridad que no necesariamente los diseños funcionaron de manera correcta en la captación de sedimentos a velocidades bajas, en comparación con la velocidad alta, realizando la simulación con una velocidad alta, se observa una mayor formación de vórtices para la captación de los mismos, actualmente el clarificador sedimentador opera con una velocidad promedio entre 2.5 a 3.5 m/s<sup>2</sup> lo cual se asemeja mucho a algunas de las simulaciones realizadas con ese rango de velocidad, ya que demostraban resultados positivos a la hora de correr la simulación.

### **3.3 Análisis por software programación de píxeles**

Por medio de la aplicación de un software, se crea un programa que facilita el análisis de la decoloración de los actuales que operan en el clarificador y de los nuevos diseños propuestos, esta decoloración se puede describir como la cantidad de sedimentos que se han acumulado durante todo el proceso de pruebas.

Se realizará el análisis de los diseños existentes y de los nuevos diseños propuestos en este proyecto para el clarificador sedimentador. El análisis consiste en darle seguimiento por quince días seguidos a los equipos y analizar cuál obtiene mejor resultado en la captación de sedimentos, por medio de fotos se demuestra la acumulación que obtuvo cada diseño y por medio del software desarrollado se pueden analizar las imágenes para determinar cuánto porcentaje de acumulación de sedimentos han ido obteniendo las láminas que fueron colocadas en el clarificador sedimentador. El programa a utilizar para el análisis de las fotos será Python.

El primer análisis se realizará con las láminas que están operando en la actualidad en el clarificador sedimentador.



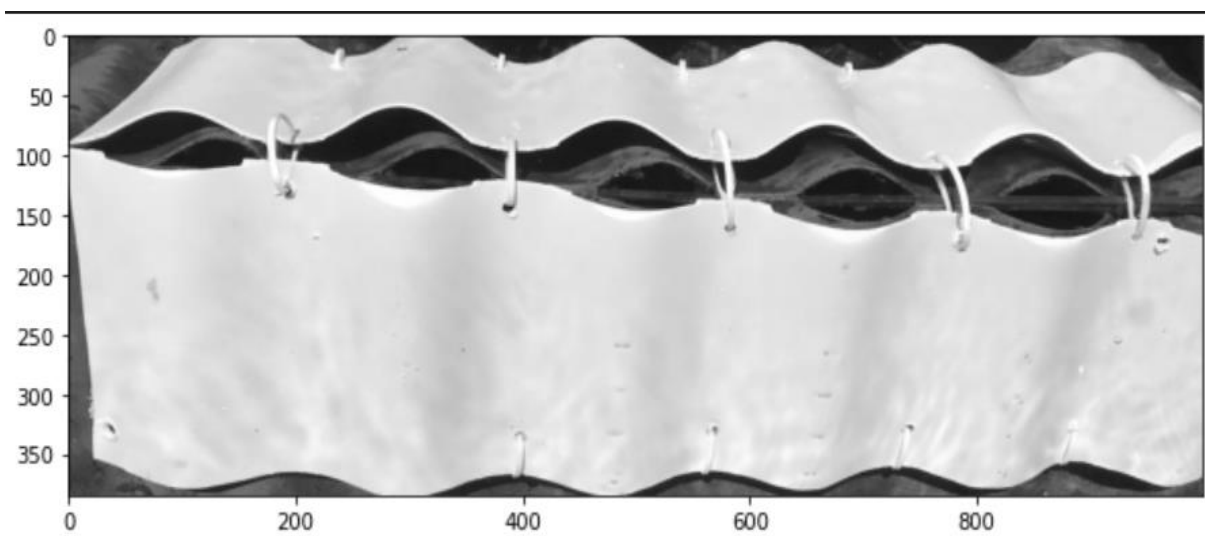
### 1. Día 01 de marzo del 2022.



*Figura. 61. Lamina actual del clarificador (Colocada el día 1).*

*Fuente: Propia.*

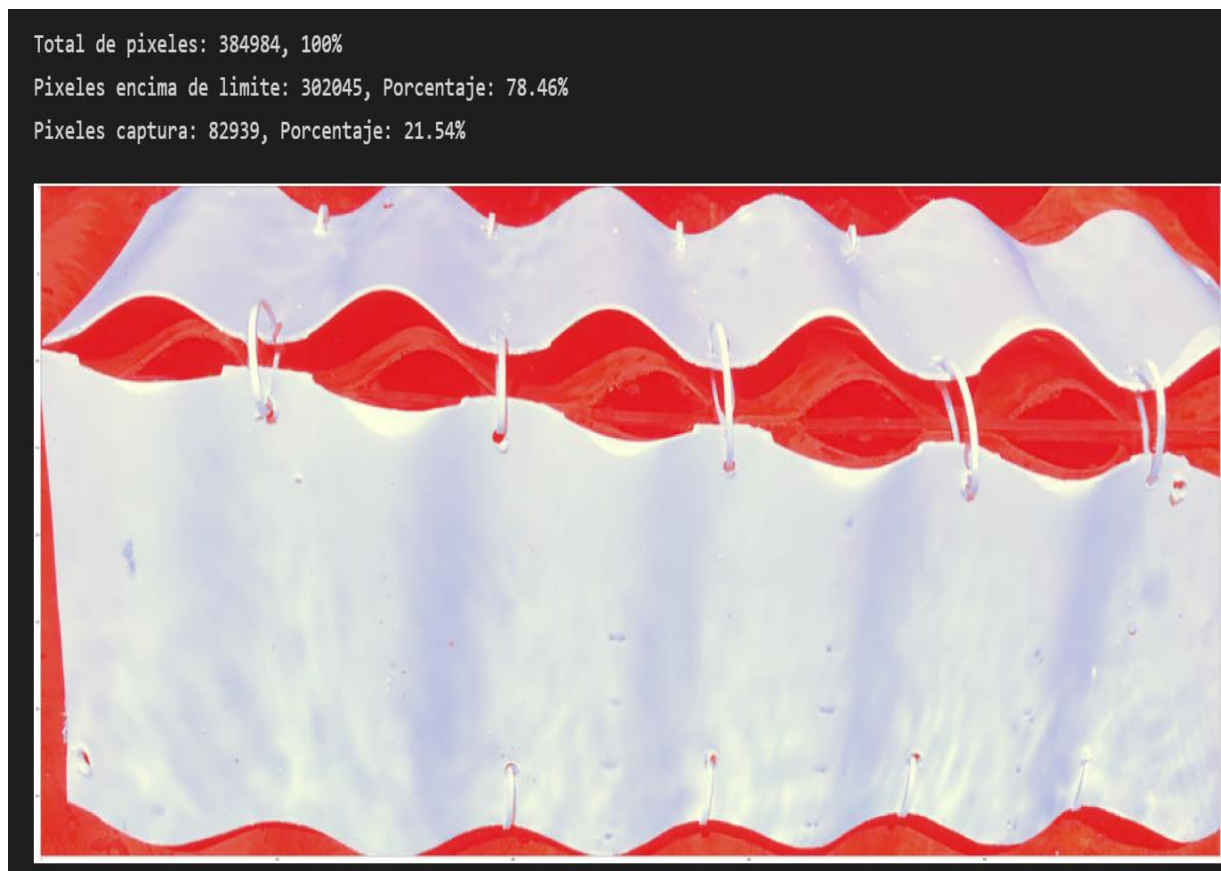
La presente imagen fue capturada manualmente la cual demuestra cómo se ven las láminas recién colocadas.



*Figura. 62. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*

En esta imagen el software está analizando la decoloración que ha obtenido la lámina por medio de la acumulación de sedimentos.



*Figura. 63. Análisis por pixeles.*

*Fuente: Python.*

En la parte superior de la imagen podemos observar donde se encuentra un enunciado, el cual se explica de la siguiente manera: los pixeles que están por encima del límite, lo que significa es la claridad o transparencia de la lámina colocada dentro del clarificador sedimentador, los pixeles nombrados “captura” lo que demuestra es el porcentaje de suciedad, generado por la turbiedad del agua que se va acumulando a través de la lámina. Este proceso de análisis se repetirá en las siguientes imágenes adjuntas que demuestran la decoloración que obtuvieron las láminas a lo largo de quince (15) días de pruebas.

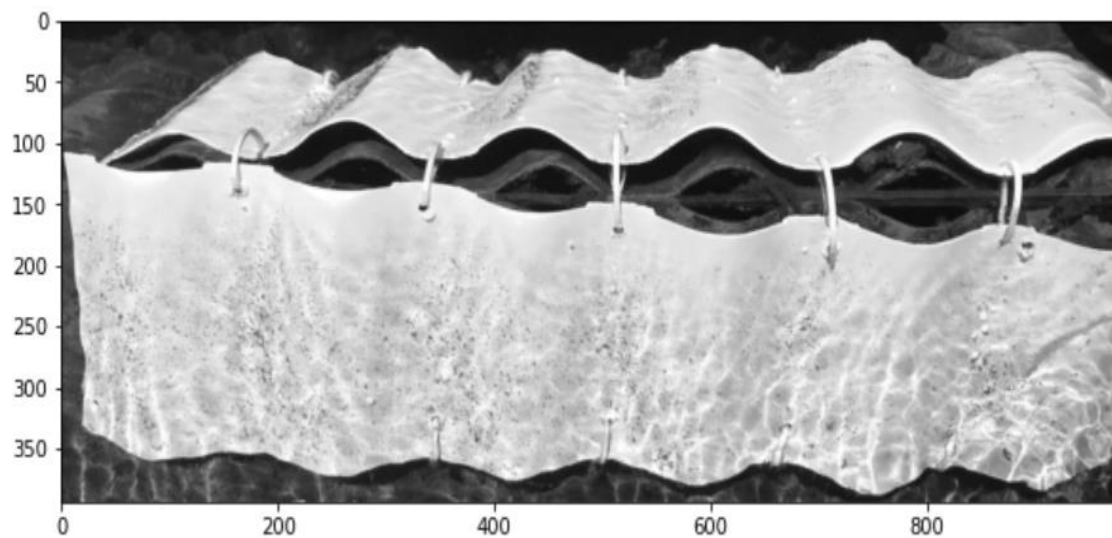
**2. Día 05 de marzo del 2022.**



*Figura. 64. Lámina actual. (Día 5).*

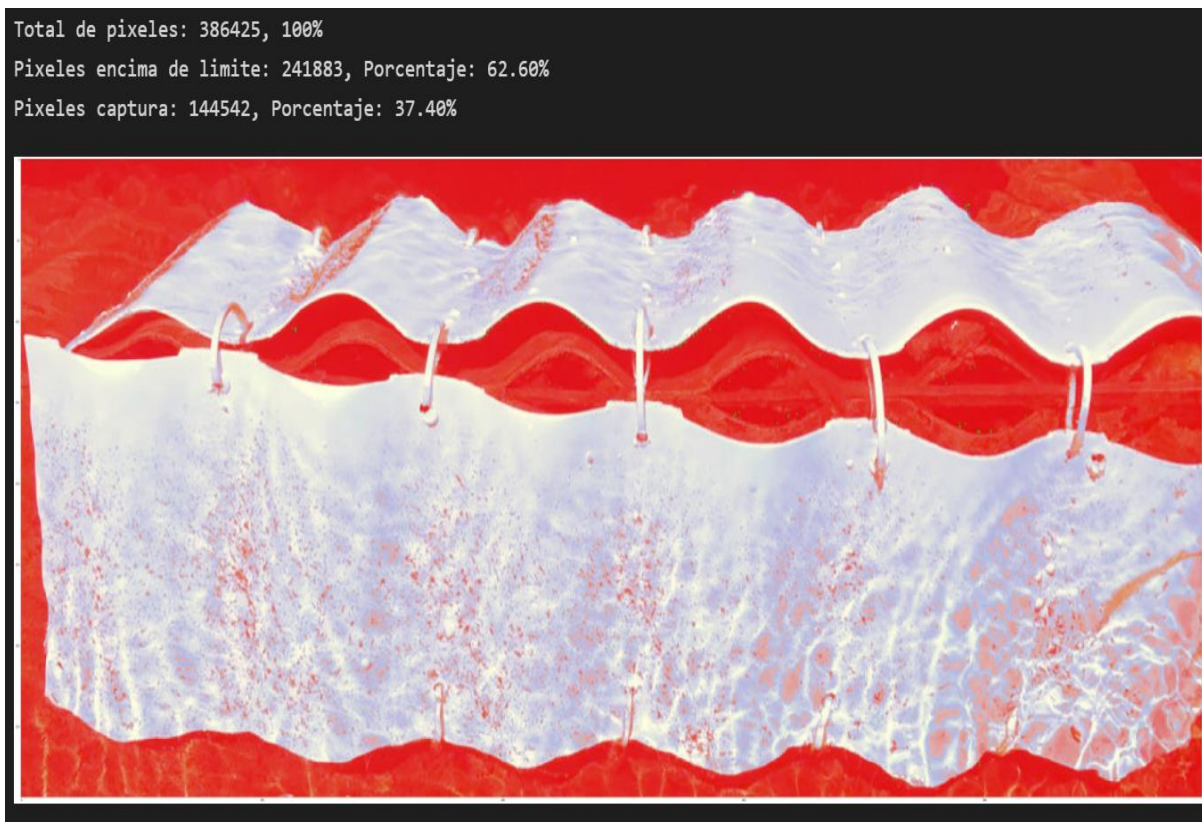
*Fuente: Propia.*

Transcurridos cinco días de haberlos colocados se puede evidenciar que la lámina ha obtenido captación de sedimentos en sus canales.



*Figura. 65. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*



*Figura. 66. Análisis por píxeles.*

*Fuente Python.*

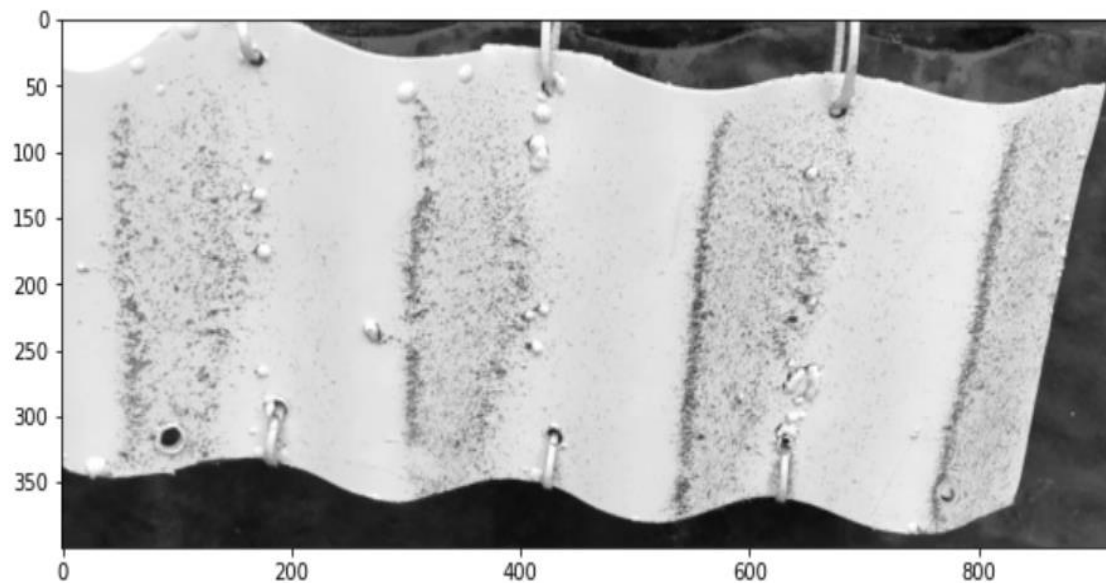
En la imagen mostrada se demuestra como en cinco días la lámina ha obtenido una acumulación de sedimentos, por ende, el porcentaje de captura de pixeles aumento a un 37.40 % de sedimentos en los canales.

### 3. Día 10 de marzo del 2021.



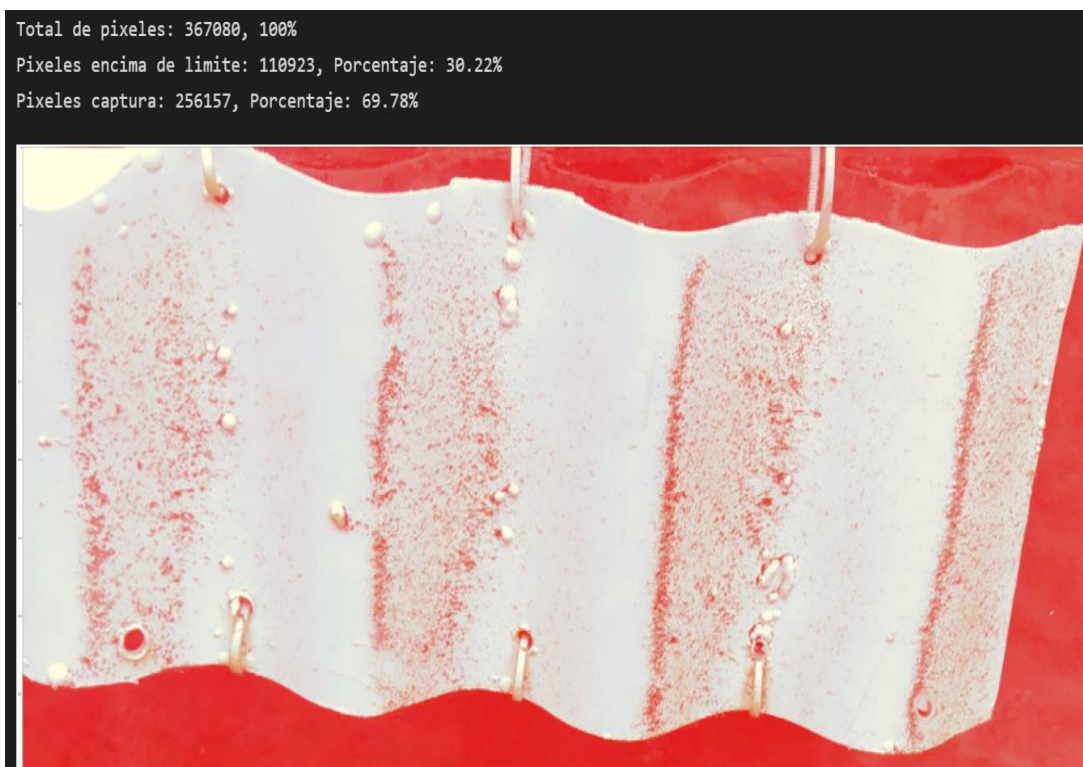
*Figura. 67. Lámina actual (Día 10).*

*Fuente: Actual.*



*Figura. 68. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*



*Figura. 69. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*

Al día diez se nota que la lámina ha obtenido un incremento en la captación sedimentos por lo que sus parámetros cambiaron, aumentando los pixeles captura.

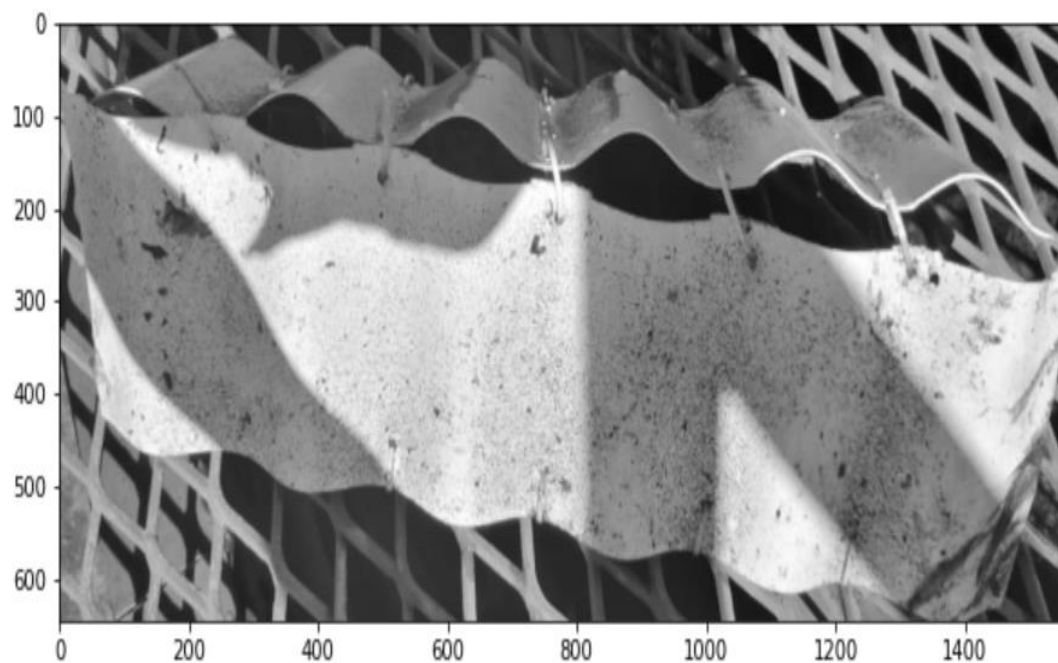
#### 4. Día 15 de marzo del 2022.



*Figura. 70. Lámina actual (Día 15).*

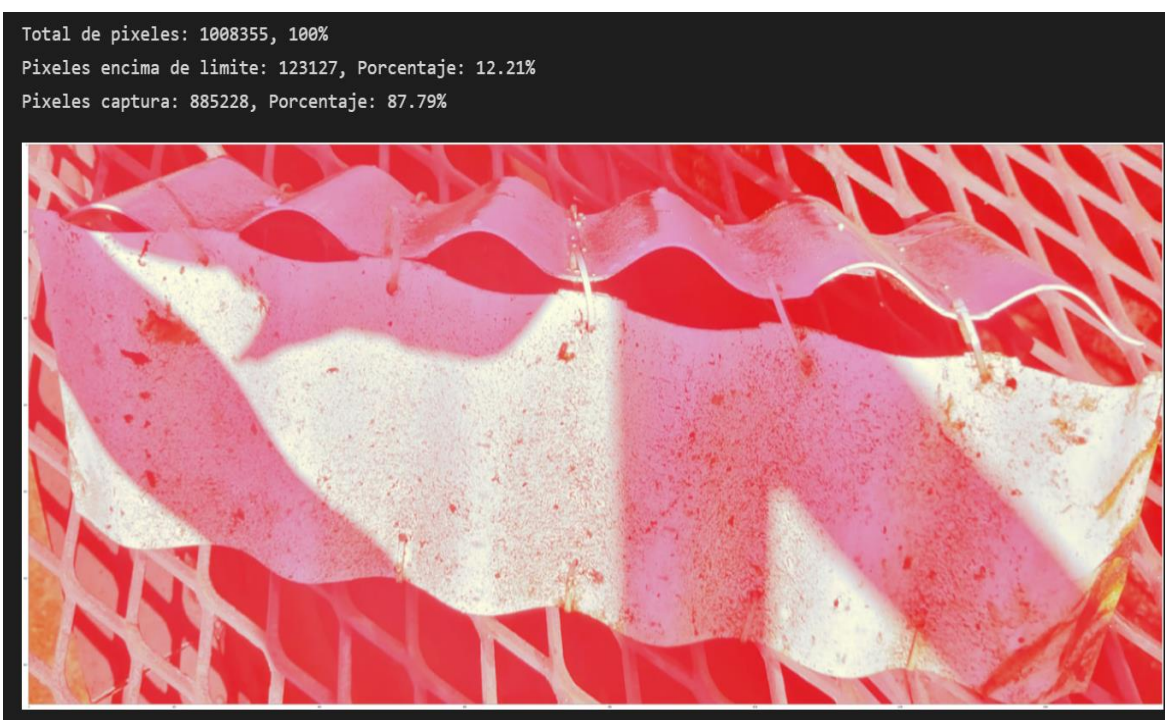
*Fuente: Propia.*

Lámina extraída del clarificador sedimentador una vez transcurrido los quince días de pruebas, así luce una vez extraída del agua.



*Figura. 71. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 72. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*



Concluido el día quince, se demuestra la cantidad de sedimentos que obtuvo la lámina actual, analizando la imagen se obtuvo como resultado un 87.79 % de porcentaje de acumulación de sedimentos.

**3.5.** El segundo análisis se mostrarán los resultados que se obtuvieron con los dos nuevos diseños propuestos.

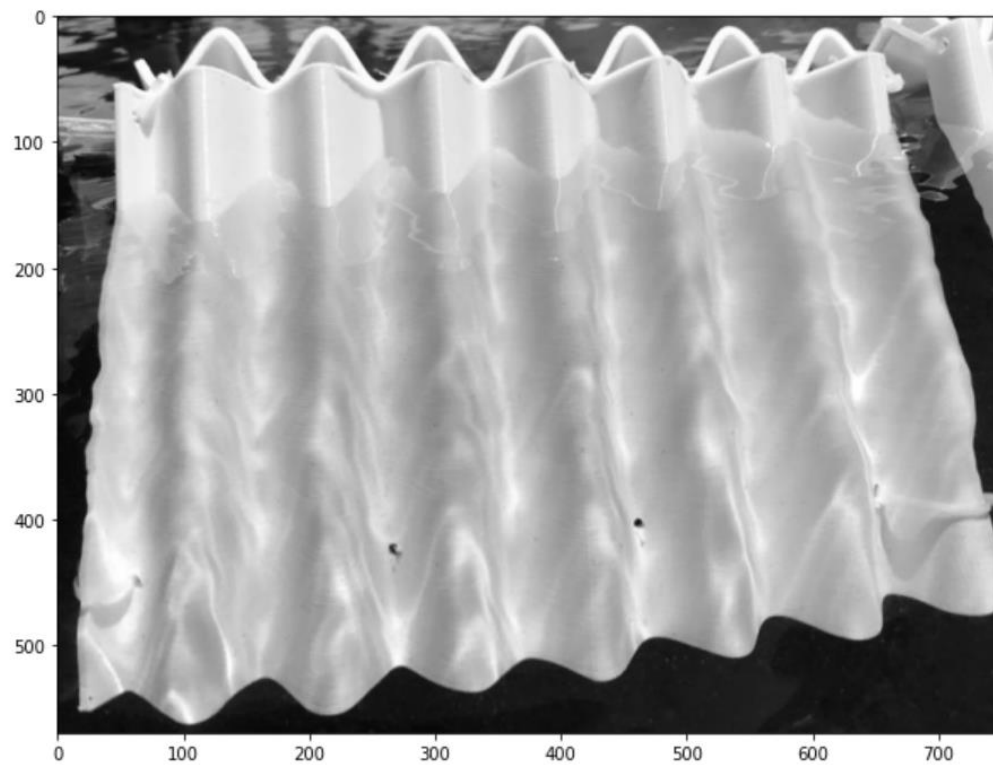
### **1. Dia 01 de marzo del 2022**

Con los nuevos diseños mecánicos.



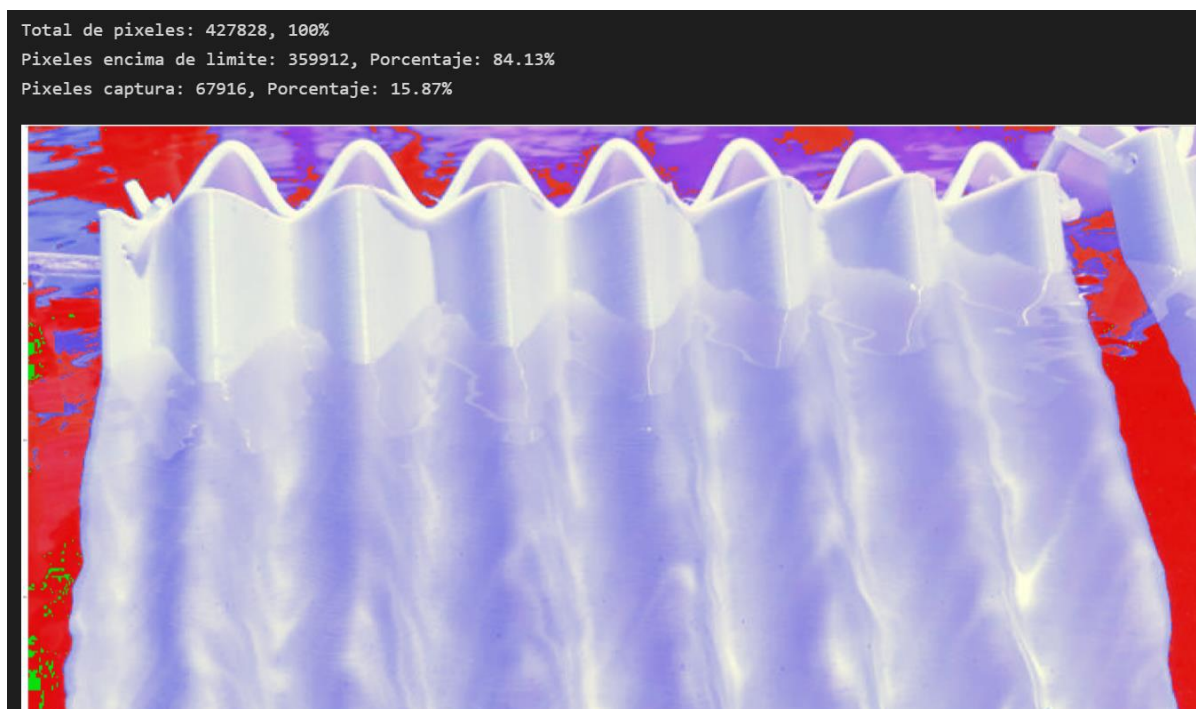
*Figura. 73. Primer diseño propuesto (Día 1).*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 74. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*



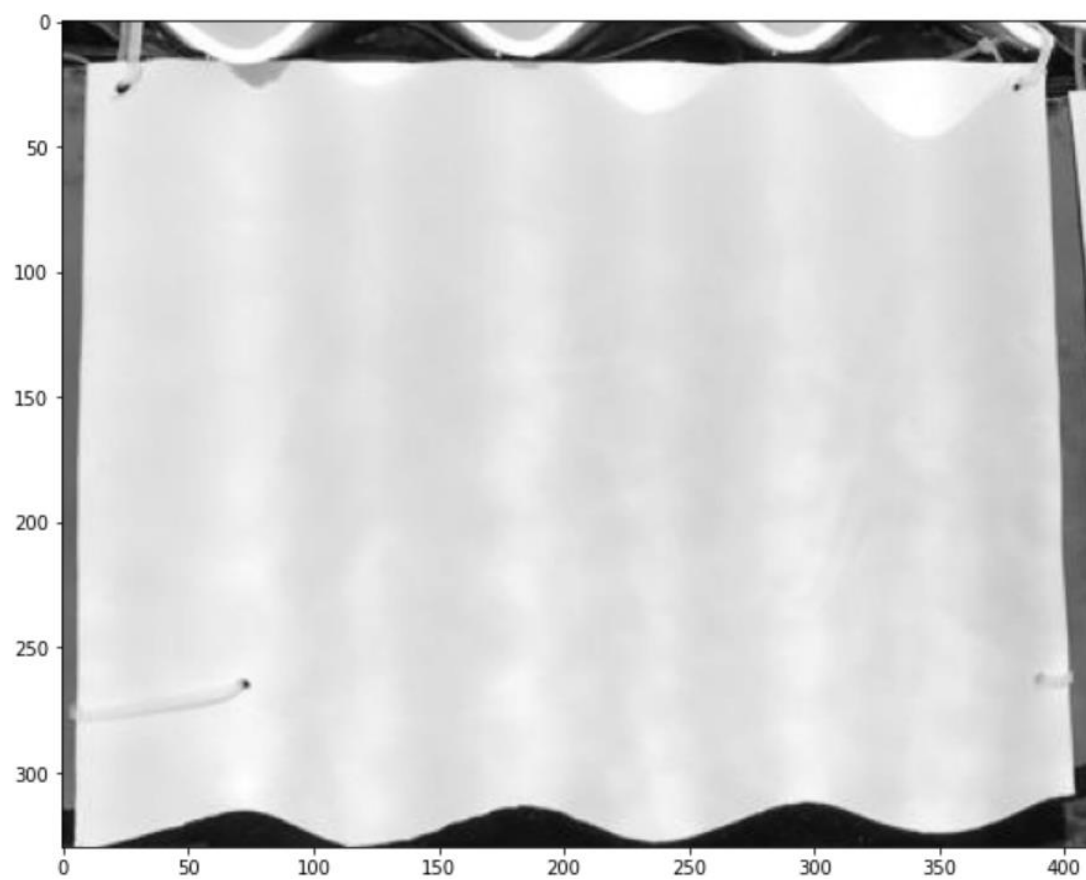
*Figura. 75. Decoloración mostrada.*

*Fuente: Python.*



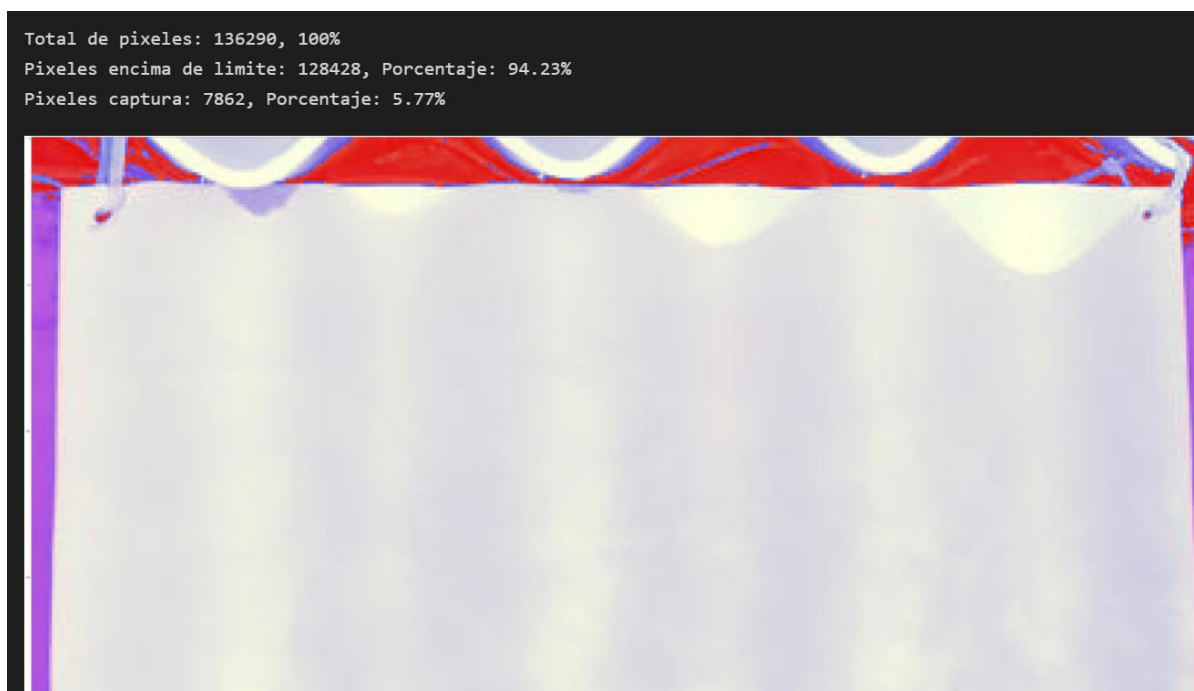
*Figura. 76. Segundo diseño propuesto.*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 77. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*



*Figura. 78. Decoloración mostrada.*

*Fuente: Python.*

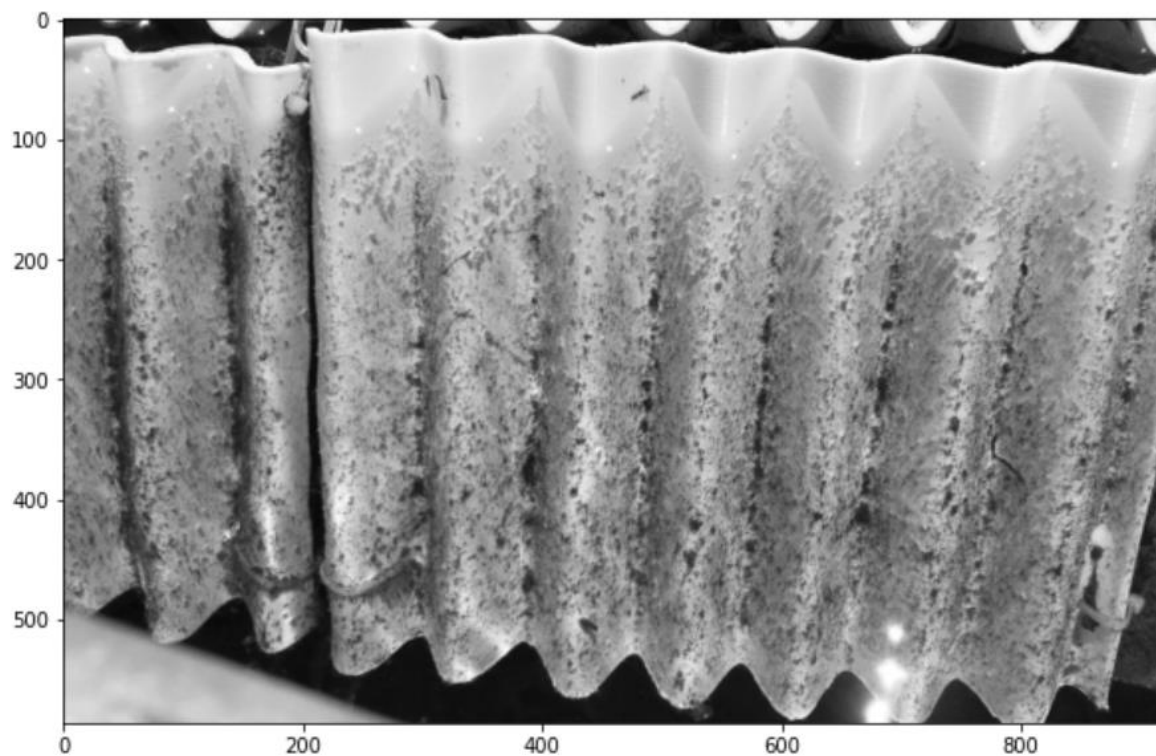
Una vez realizados los nuevos diseños se colocan dentro del clarificador sedimentador, al mismo tiempo que el diseño actual, estos nuevos mecanismos desarrollados se dejan por quince días en funcionamiento, para determinar cuál de los dos tiene una mejor función para la captación de sedimentos que son arrastrados por el agua y que ingresan al clarificador sedimentador.

2. Día 5 de marzo del 2022.



*Figura. 79. Sedimentos acumulados (Día 5).*

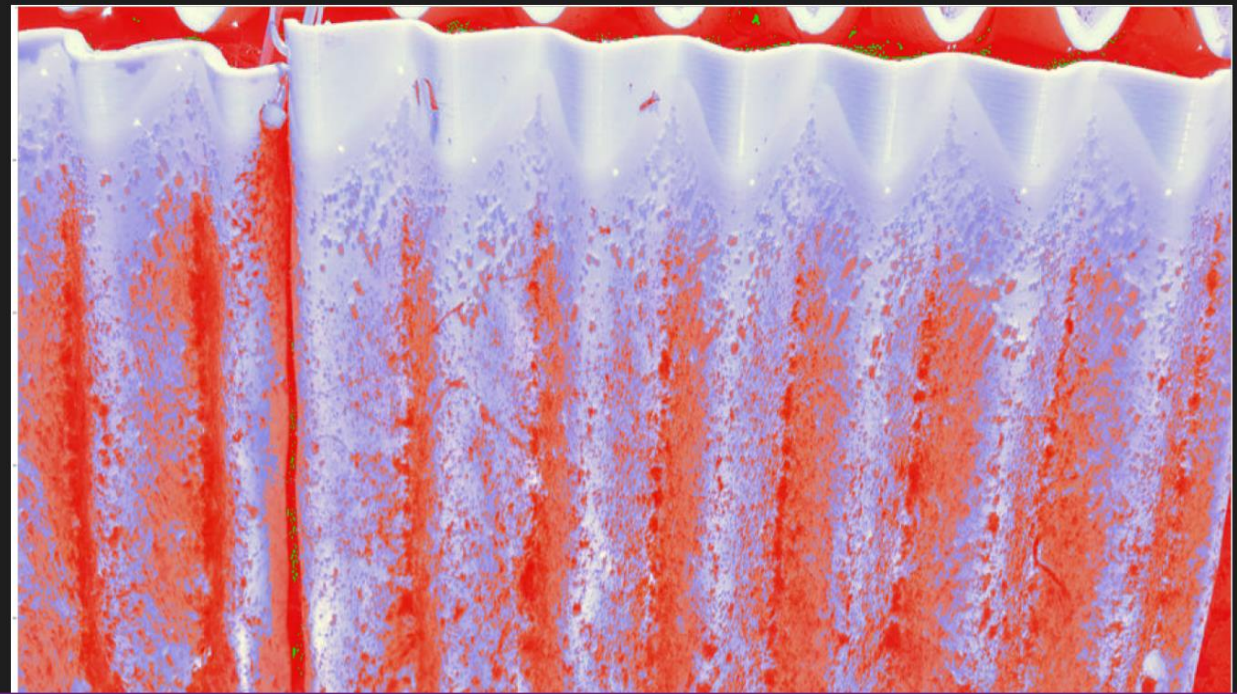
*Fuente: Propia.*



*Figura. 80. Análisis de píxeles.*

*Fuente: Python.*

Total de pixeles: 543506, 100%  
Pixeles encima de limite: 313414, Porcentaje: 57.67%  
Pixeles captura: 230092, Porcentaje: 42.33%



*Figura. 81. Sedimentos acumulados primer diseño propuesto.*

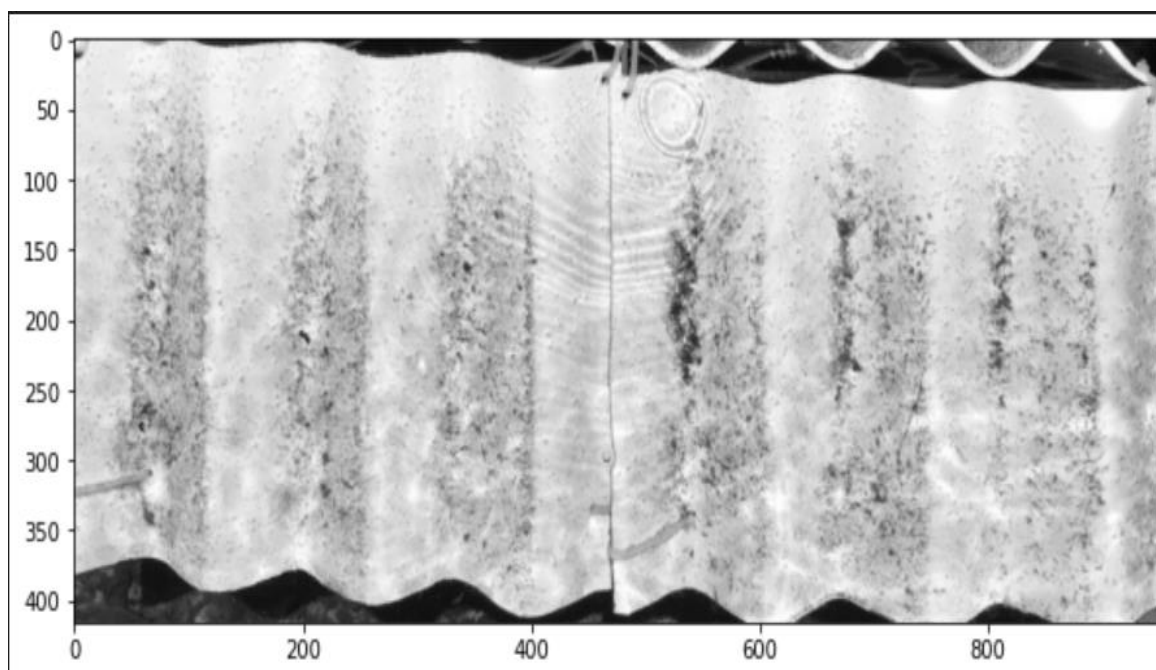
*Fuente: Python.*





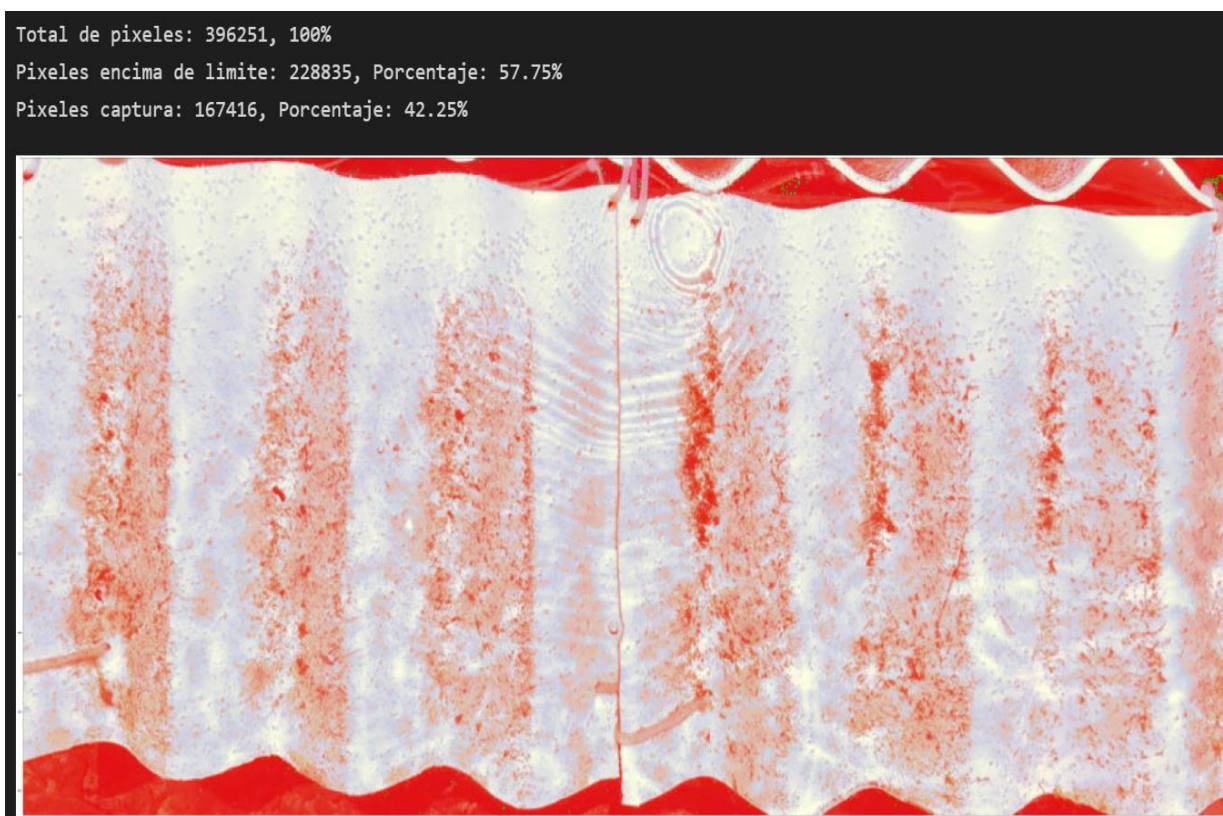
*Figura. 82. Sedimentos acumulados (Día 5).*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 83. Análisis de pixeles.*

*Fuente: Python.*



*Figura. 84. Sedimentos acumulados segundo diseño propuesto.*

*Fuente: Python.*

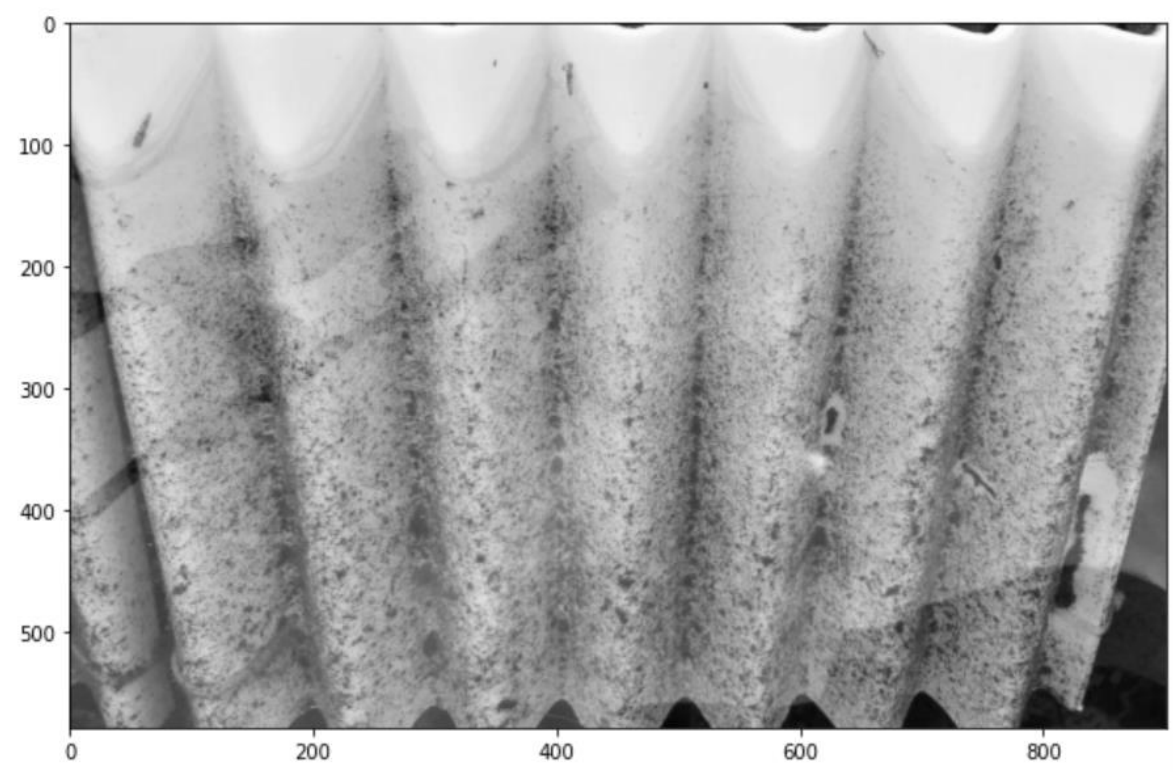
Transcurridos cinco días de ser colocados los nuevos modelos se puede observar cómo los nuevos diseños han obtenido una mayor acumulación de sedimentos en comparación al modelo actual, además sus pixeles capturan hacen referencia a ellos, en el primer modelo se obtiene un resultado de 42.33 % y en el segundo modelo 42.25 %, incluso comparándolos ambos modelos brindan un resultado muy similar en la recolección de sedimentos.

**3. Día 10 de marzo del 2022.**



*Figura. 85. Sedimentos acumulados (Día 10).*

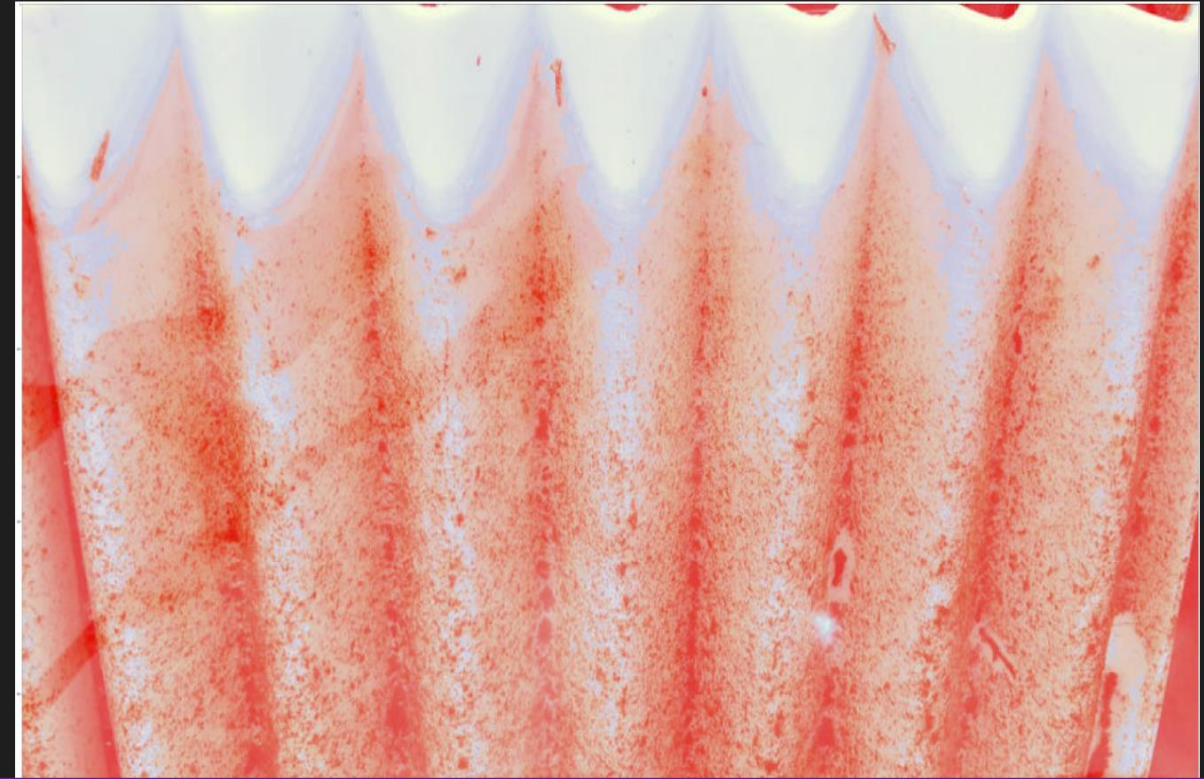
*Fuente: Propia.*



*Figura. 86. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*

Total de pixeles: 523115, 100%  
Pixeles encima de límite: 107996, Porcentaje: 20.64%  
Pixeles captura: 415119, Porcentaje: 79.36%



*Figura. 87. Sedimentos acumulados primer diseño propuesto.*

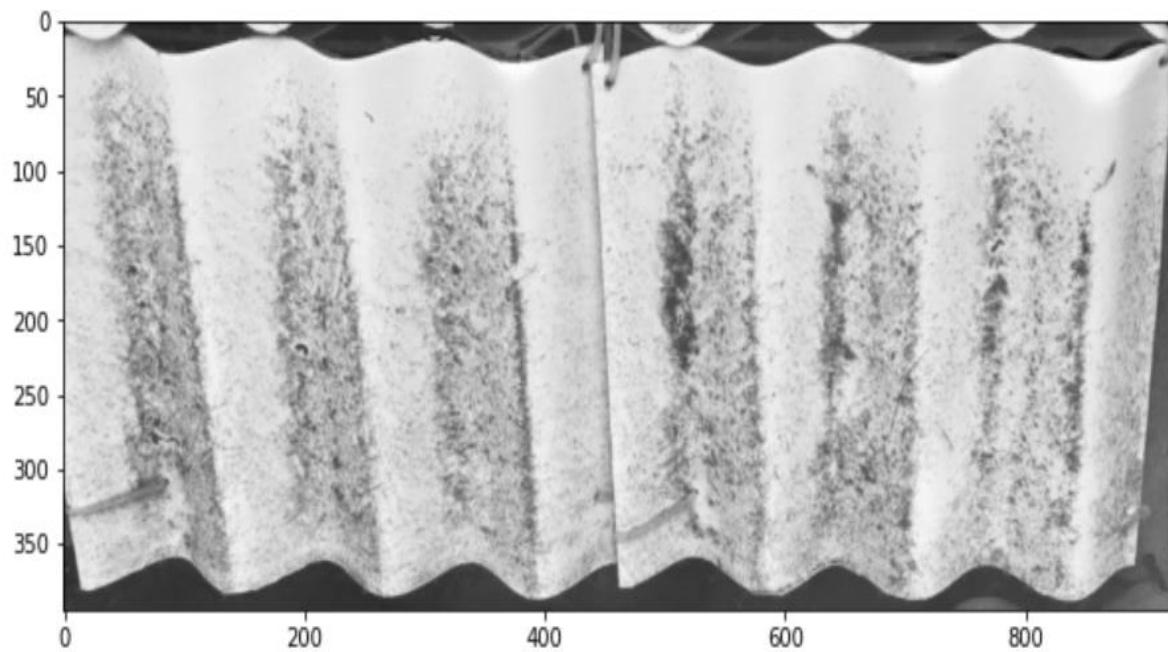
*Fuente: Python.*

Al día diez se incrementa la cantidad de sedimentos acumulados en el diseño propuesto número uno, lo cual indica que el equipo está operando de buena manera. A su vez sus pixeles capturan aumentaron pues se encuentran con mayor cantidad de sedimentos acumulados en sus canales.



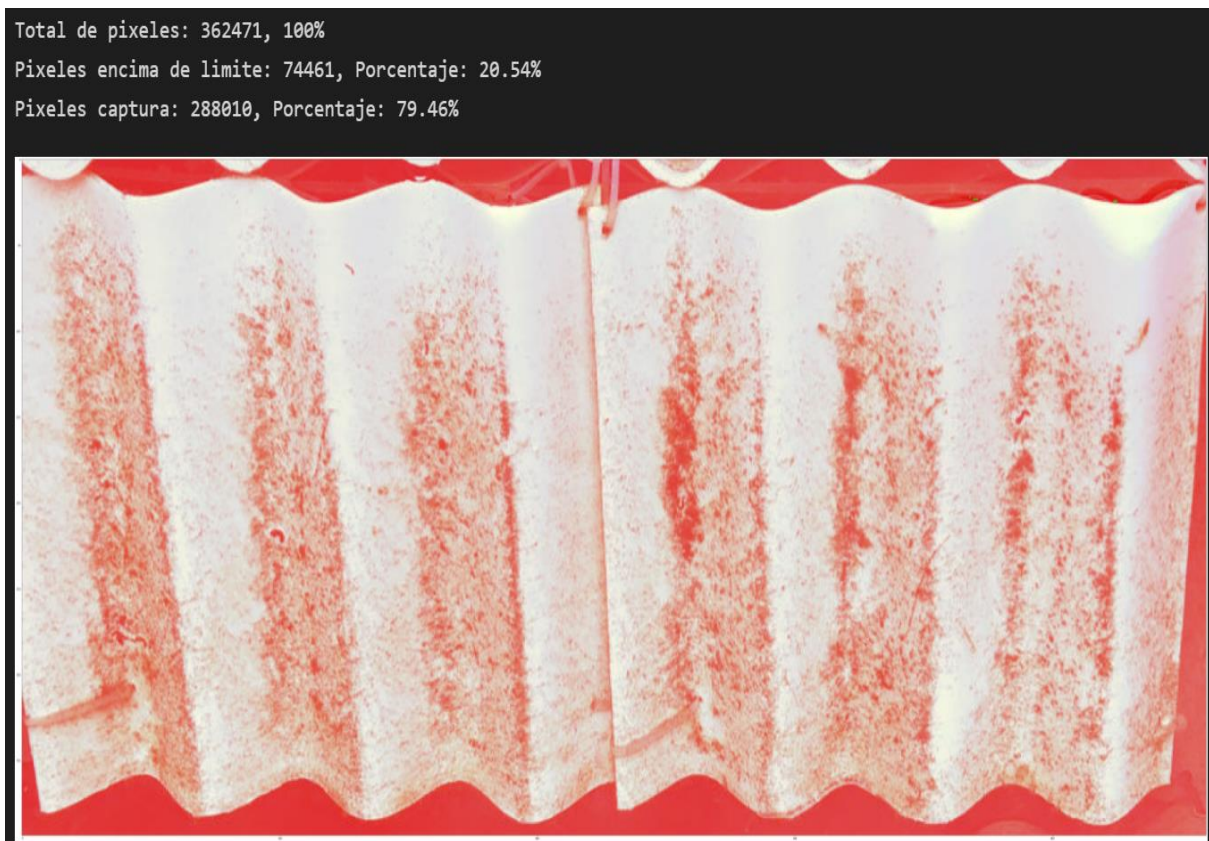
*Figura. 88. Sedimentos acumulados (Día 10).*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 89. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*



*Figura. 90. Sedimentos acumulados segundo diseño propuesto.*

*Fuente: Python.*

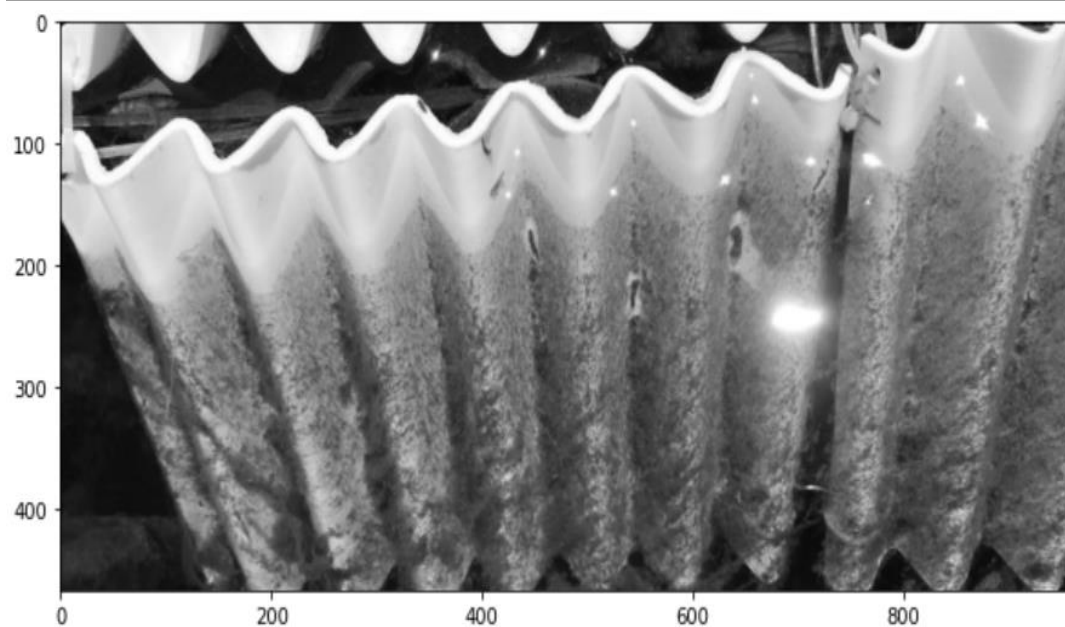
Al día diez se incrementa la cantidad de sedimentos acumulados en el diseño propuesto número dos, lo cual indica que el equipo está operando de buena manera. A su vez sus pixeles capturan aumentaron pues se encuentran con mayor cantidad de sedimentos acumulados.

#### 4. Día 15 de marzo del 2022.



*Figura. 91. Acumulación de sedimentos (Día 15).*

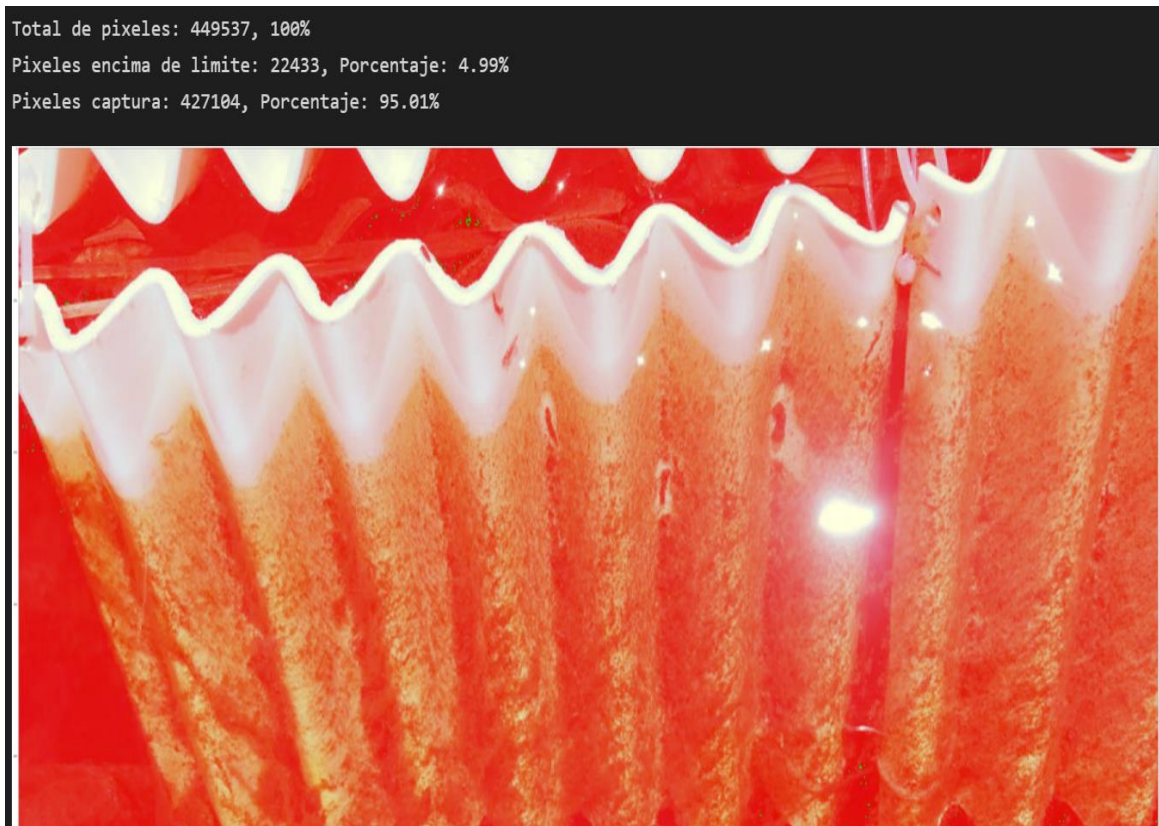
*Fuente: Propia.*



*Figura. 92. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*





*Figura. 93. Sedimentos acumulados primer diseño propuesto.*

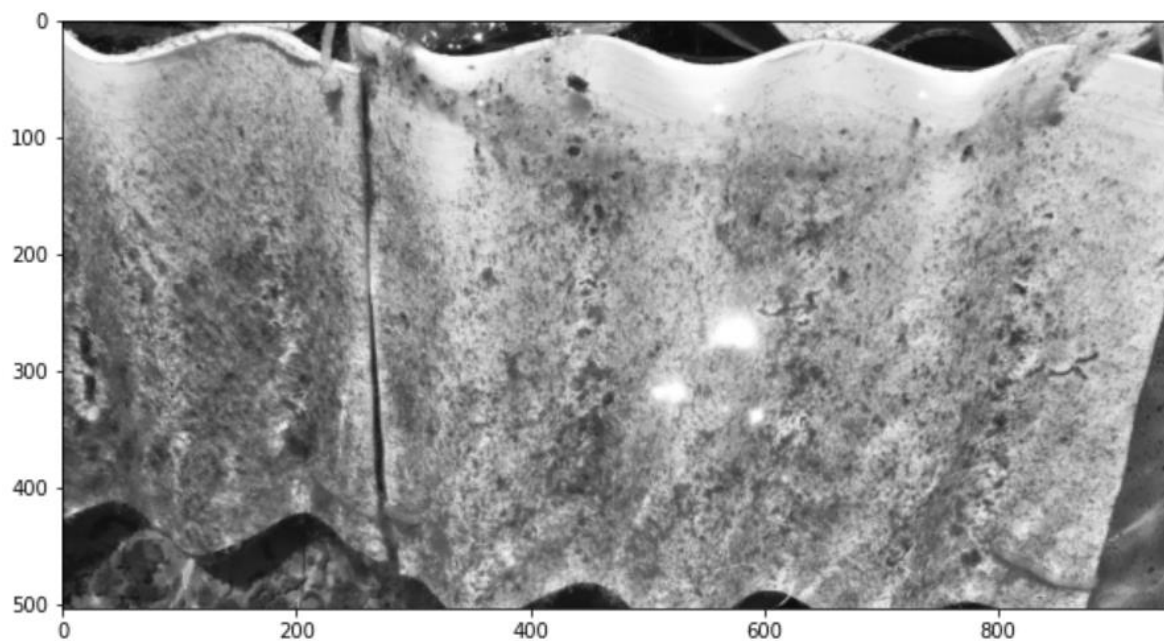
*Fuente: Python.*

En el último día de pruebas se observa la gran cantidad de sedimentos acumulados en este nuevo diseño propuesto, prácticamente esta abarcado por sedimentos en su totalidad, si se compara con el diseño actual se demuestra que este nuevo diseño ha funcionado mucho mejor que el que está operando en la actualidad. Se puede observar que sus pixeles capturan están en un valor de 95.01 % de acumulación de sedimentos.



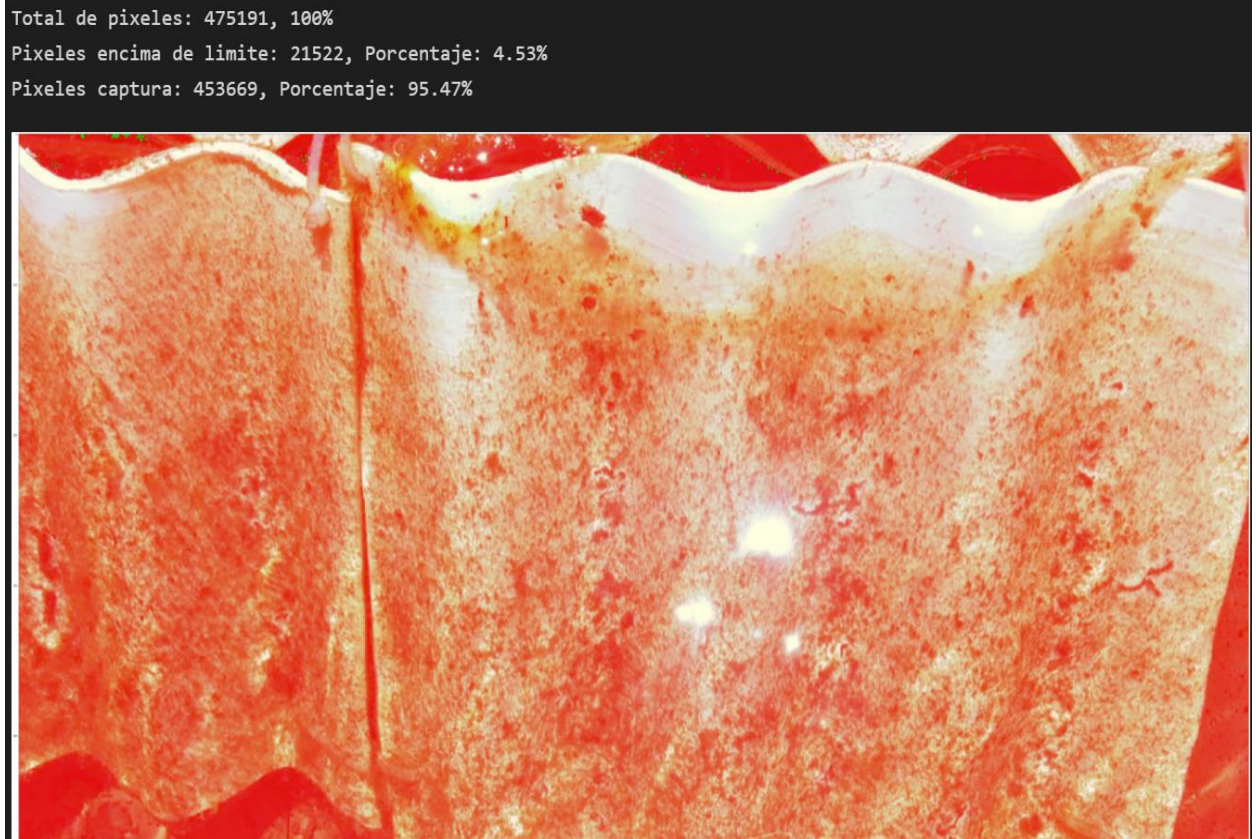
*Figura. 94. Acumulación de sedimentos (Día 15).*

*Fuente: Propia.*



*Figura. 95. Análisis por píxeles.*

*Fuente: Python.*



*Figura. 96. Sedimentos acumulados segundo diseño propuesto.*

*Fuente: Python.*

En el último día de pruebas se observa la gran cantidad de sedimentos acumulados en este nuevo diseño propuesto, prácticamente esta abarcado por sedimentos en su totalidad, si se compara con el diseño actual se demuestra que este nuevo diseño ha funcionado mucho mejor que el que está operando en la actualidad. Se puede observar que sus pixeles capturan están en un valor de 95.47 % valor que prácticamente igual al valor anterior, por ende, los nuevos diseños están operando de muy buena manera y ambos generando la misma cantidad de sedimentos acumulados.

### 3.4 Costos de implementación

En esta sección del trabajo, se demuestra a continuación los costos de implementación de lo que son los decantadores dinámicos en el clarificador sedimentador, se realizará la comparación del costo del decantador actual vs el decantador con los nuevos diseños propuestos.

#### Costos para el diseño que opera en la actualidad.

| Costo de fabricación diseño actual                 |          |                 |                      |
|--|----------|-----------------|----------------------|
| Materiales   | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total         |
| Soldadura Hilco 1/8 - 6013 punto rojo              | 5        | ¢6 800,00       | ¢34 000,00           |
| Disco para metabo de 9"                            | 10       | ¢3 700,00       | ¢37 000,00           |
| Disco para metabo de 4-1/2" de esmerilar           | 3        | ¢1 800,00       | ¢5 400,00            |
| Tubo redondo de 1" x 1.50 mm de Hierro Galvanizado | 57       | ¢11 600,00      | ¢661 200,00          |
| Tubo redondo de 3/4" x 1.50 mm Hierro Galvanizado  | 14       | ¢9 500,00       | ¢133 000,00          |
| Cuerda de pescar de 1.5 mm                         | 1734     | ¢100,00         | ¢173 400,00          |
| Lámina de polipropileno                            | 115      | ¢6 100,00       | ¢701 500,00          |
| Mano de obra                                       | 4        | ¢330 000,00     | ¢1 320 000,00        |
| <b>Total</b>                                       |          |                 | <b>¢3 065 500,00</b> |

*Tabla 1. Costos de fabricación diseño actual.*

*Fuente: Propia.*

En esta tabla número uno, se describen las cantidades de materiales que se requieren para la construcción de 11 módulos o decantadores, así como los precios de los materiales, cabe destacar que este es para el modelo que opera en la actualidad y como se puede ver representado en la Figura número 16 del capítulo dos. El mantenimiento de estos decantadores se realiza una vez al mes, el cual consiste en sacar el clarificador sedimentador de operación por un lapso de cinco (5) a seis (6) horas para realizarle un lavado profundo, en este lavado se utiliza una hidrolavadora y escobones nada más.

Una de las ventajas principales que se da con el tipo de láminas que lleva, en este caso las de propileno, es que son de gran duración y resistencia, en caso de que reparar alguna sección del módulo, como se muestra en la tabla el costo de la lámina ₡6 100,00 (Seis mil cien colones con 0/100).

### Costos para el nuevo diseño propuesto.

| Costo de fabricación nuevos diseños propuestos con molde propio |          |                 |                      |
|---|----------|-----------------|----------------------|
| Materiales  | Cantidad | Precio Unitario | Costo                |
| Soldadura Hilco 1/8 - 6013 punto rojo                           | 5        | ₡6 800,00       | ₡34 000,00           |
| Disco para metabo de 9"   | 10       | ₡3 700,00       | ₡37 000,00           |
| Disco para metabo de 4-1/2" de esmerilar                        | 3        | ₡1 800,00       | ₡5 400,00            |
| Tubo redondo de 1" x 1.50 mm de Hierro Galvanizado              | 57       | ₡11 600,00      | ₡661 200,00          |
| Tubo redondo de 3/4" x 1.50 mm Hierro Galvanizado               | 14       | ₡9 500,00       | ₡133 000,00          |
| Cuerda de pescar de 1.5 mm                                      | 1734     | ₡100,00         | ₡173 400,00          |
| Producción de láminas   | 2200     | ₡300,00         | ₡660 000,00          |
| Mano de obra  | 4        | ₡330 000,00     | ₡1 320 000,00        |
| <b>Total</b>  |          |                 | <b>₡3 024 000,00</b> |

Tabla 2. Costos de fabricación nuevo diseño propuesto.

Fuente: Propia.

Para los nuevos diseños propuestos, se plantea la construcción de un molde de inyección de plástico para el conformado de las nuevas placas que conformaran el diseño de los módulos, para efectos de este trabajo y por temas de tiempo, solo se pudo realizar esta propuesta, para los nuevos diseños propuestos poder observar que tiene un costo inicial bastante elevado, ya que la fabricación del molde es bastante costosa, estos altos costos de producción se dan debido a dos razones principales las cuales son: la pandemia a nivel mundial por la Covid-19 y la guerra que se está dando entre Rusia y Ucrania, las materiales primas y el precio del dólar han estado incrementado de manera desenfrenada.

Una vez realizado el molde de inyección, se sabe que este molde pertenecerá a la empresa, y estará disponible cuando se requiera para producción de piezas para los módulos que serán colocados. La siguiente tabla adjunta, muestra el costo de lo que saldría realizar 11 módulos.

| Costo de fabricación nuevos diseños propuestos con molde propio |          |                 |                      |
|---|----------|-----------------|----------------------|
| Materiales  | Cantidad | Precio Unitario | Costo                |
| Soldadura Hilco 1/8 - 6013 punto rojo                           | 5        | €6 800,00       | €34 000,00           |
| Disco para metabo de 9"   | 10       | €3 700,00       | €37 000,00           |
| Disco para metabo de 4-1/2" de esmerilar                        | 3        | €1 800,00       | €5 400,00            |
| Tubo redondo de 1" x 1.50 mm de Hierro Galvanizado              | 57       | €11 600,00      | €661 200,00          |
| Tubo redondo de 3/4" x 1.50 mm Hierro Galvanizado               | 14       | €9 500,00       | €133 000,00          |
| Cuerda de pescar de 1.5 mm                                      | 1734     | €100,00         | €173 400,00          |
| Producción de láminas   | 2200     | €300,00         | €660 000,00          |
| Mano de obra  | 4        | €330 000,00     | €1 320 000,00        |
| <b>Total</b>  |          |                 | <b>€3 024 000,00</b> |

*Tabla 3. Diseño de módulos con el molde fabricado.*

*Fuente: Propia.*

Como aspecto general cuando se empieza a desarrollar una mejora en algún proyecto, o a implementar un nuevo diseño en algún equipo, ya sea eléctrico o mecánico por mencionar dos, se demuestra que siempre tiene un costo inicial elevado, pero una vez implementado la nueva propuesta se pueden obtener resultados de ahorro a la hora de una construcción de un clarificador sedimentador tales como se demuestran en la tabla número cuatro.

| Costo diseño actual | Costo con molde propio | Ahorro     |
|---------------------|------------------------|------------|
| €3 065 500,00       | €3 024 000,00          | €41 500,00 |

*Tabla 4. Comparación diseño actual vs diseño propuesto con molde construido.*

*Fuente: Propia.*

## CONCLUSIONES.

1. Se determina que la gran mayoría de partículas de sedimentos arrastrados desde las captaciones de agua, hasta la entrada principal del clarificador sedimentador son en su mayoría lodos y residuos de arena, los cuales se encuentran y se generan en la captación de agua de manera natural debido a la erosión de las montañas, desechos orgánicos y algunos metales pesados y también por motivos de escorrentía debido a fenómenos naturales producidos por la lluvia.
2. La principal característica que se logra determinar y analizar, es que los diseños existentes que se encuentran dentro del clarificador sedimentador tardan más en la recolección de sedimentos, debido a las ondulaciones pues estas tienden a ser más pequeñas y el tipo el material por el cual está conformado, ya que las caras de las láminas son más lisas lo cual genera que los sedimentos tengan una menor adherencia con las mismas.
3. Se crearon dos nuevos diseños mecánicos, con diferentes longitudes y medidas en sus ondulaciones para el estudio y la captación de sedimentos.
4. Se realizaron las pruebas correspondientes con los nuevos diseños mecánicos en el clarificador sedimentador durante un periodo de quince (15) días, demostrando la gran diferencia de acumulación de sedimentos de los nuevos diseños vs el diseño existente.
5. La principal mejora al implementar los nuevos diseños propuestos, son optimizar la captación de sedimentos, evitando así que pasen a la segunda etapa de filtración, como sucede actualmente con el diseño que está operando. Entre más se genere la acumulación de sedimentos en los nuevos diseños, mejor será la calidad del agua para el consumo humano.

## **RECOMENDACIONES.**

1. Se recomienda seguir mejorando el sistema de captación de sedimentos en el clarificador sedimentador, ya sea con los nuevos diseños propuestos, o nuevos diseños que se puedan desarrollar. Utilizando los parámetros de los dos modelos simulados.
2. Se propone utilizar material reciclable para la formación de láminas cumpliendo con los criterios de diseño de los dos nuevos que se realizaron para este proyecto.
3. Para poder tener un criterio más preciso de las pruebas realizadas se recomienda comprar equipo analítico como balanza analítica, fotómetro, horno para secar lodos y equipo de laboratorio general.
4. Por el tipo de material se recomienda realizar un estudio de desgaste cada 5 años que garantice su prolongación de vida útil, minimizando los impactos ambientales.



## Bibliografía

- FuncAGUA. (2020). Qué es el agua. *Verde agua*, 1. <https://funcagua.org.gt/que-es-el-agua/>
- agua, C. n. (s.f.). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. *Diseño de Redes de Distribución*, 134.
- McGhee, T. j. (1999). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Colombia: McGrawHill.
- Roldan, L. F. (6 de mayo del 2020). Tipos de agua. En *Ecología Verde* (pág. 1). <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-agua-2679.html>
- Salas-Salvadó, Jordi, Maraver, Francisco, Rodríguez-Mañas, Leocadio, Sáenz de Pipaon, Miguel, Vitoria, Isidro, & Moreno, Luis A. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutrición Hospitalaria*, 37(5), 1072-1086. Epub 04 de enero de 2021. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.03160>

## GLOSARIO.

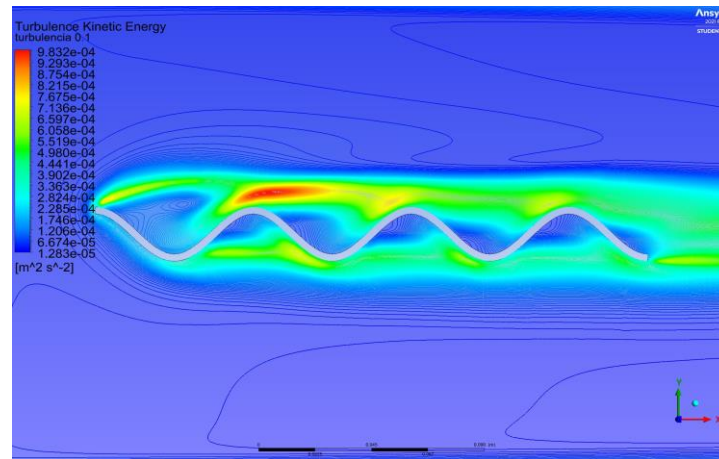
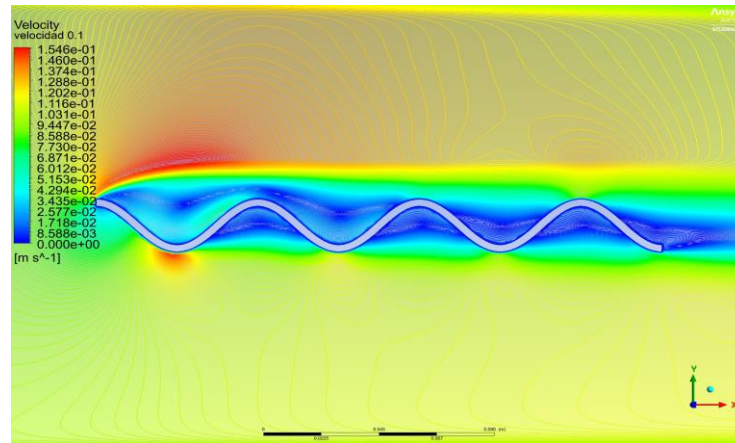
**Número de Reynolds:** es uno de los números más importantes a nivel de la mecánica de fluidos, se utiliza para determinar las fuerzas que actúan sobre un fluido en función de un valor numérico, se puede determinar la turbulencia o la falta de la misma de un fluido.

**Navier-Stokes:** Es un conjunto de ecuaciones matemáticas llamadas derivadas parciales las cuales nos describen el movimiento de un fluido. El nombre de esta ecuación sale de dos grandes personas como lo es, Claude-Louis Navier que era un ingeniero y físico de origen francés y de George Gabriel Stokes, físico matemático de origen irlandés.

**Software Python:** Se utiliza mediante lenguaje de programación, cabe destacar que es uno de los softwares más amigables y más accesibles para la creación de programas.

## ANEXOS.

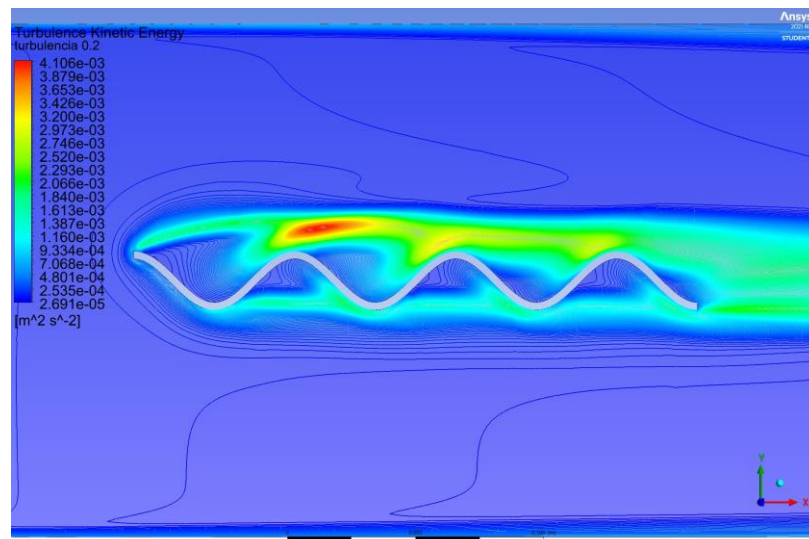
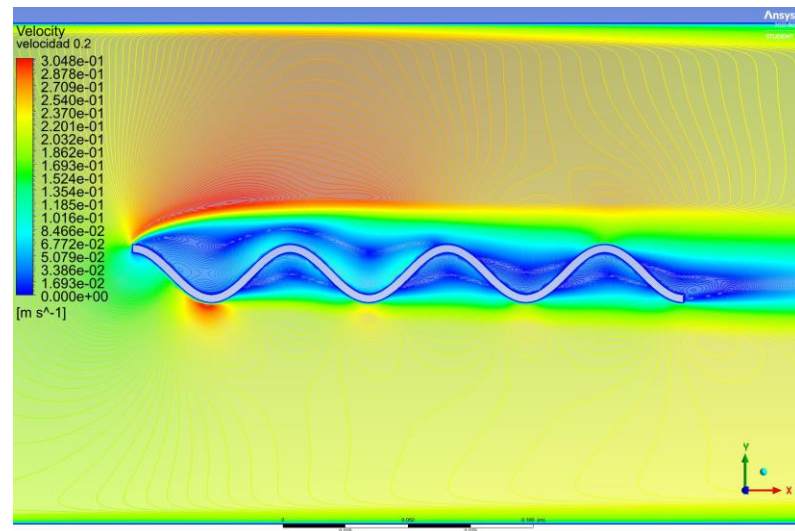
### 1. Con una velocidad de simulación de $0.1 \text{ m/s}^2$



*Anexo 1. Simulación con una velocidad de  $0.1 \text{ m/s}^2$   
Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.*

Con una velocidad de  $0.1 \text{ m/s}^2$  no se obtiene una simulación esperada, ya que esta no presenta ningún tipo de formación de vórtices, ni ninguna representación en la captación de sedimentos debido a que la velocidad de simulación es muy baja.

2. Con una velocidad de simulación de  $0.2 \text{ m/s}^2$

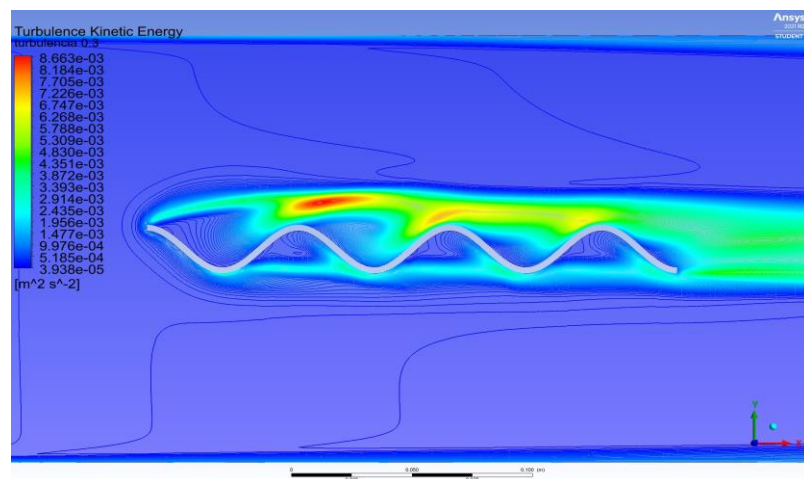
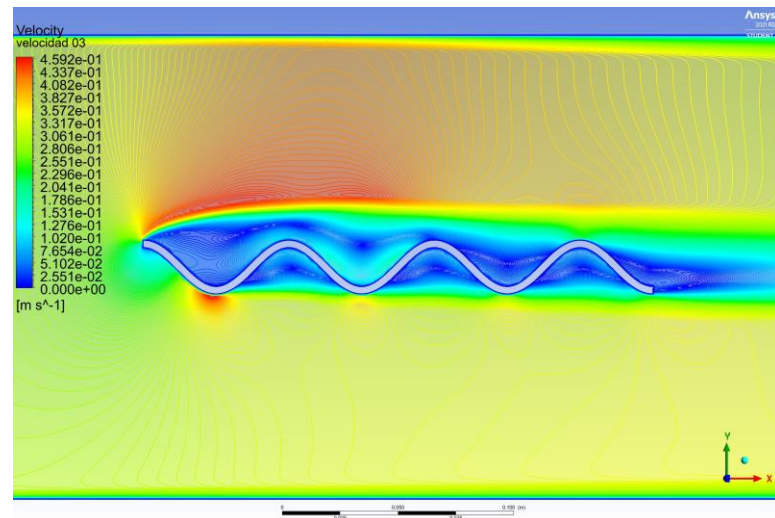


Anexo 2. Simulación con una velocidad de  $0.2 \text{ m/s}^2$

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

Con una velocidad de  $0.2 \text{ m/s}^2$  no se obtiene una simulación esperada, ya que esta no presenta ningún tipo de formación de vórtices, ni ninguna representación en la captación de sedimentos debido a que la velocidad de simulación es muy baja.

### 3. Con una velocidad de simulación de $0.3 \text{ m/s}^2$

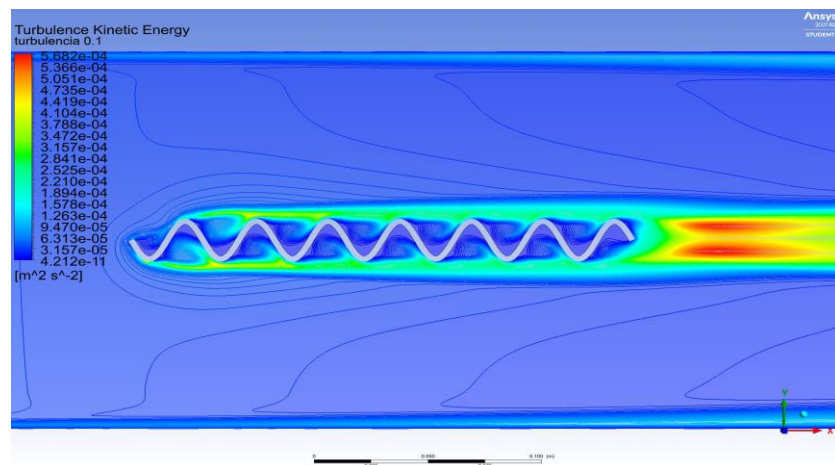
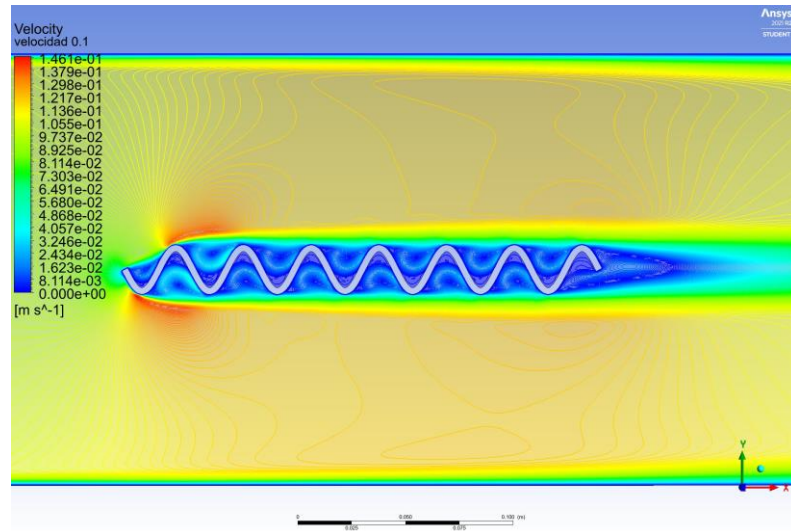


Anexo 3. Simulación con una velocidad de  $0.3 \text{ m/s}^2$

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

Con una velocidad de  $0.3 \text{ m/s}^2$  no se obtiene una simulación esperada, ya que esta no presenta ningún tipo de formación de vórtices, ni ninguna representación en la captación de sedimentos debido a que la velocidad de simulación es muy baja.

4. Con una velocidad de simulación de  $0.1 \text{ m/s}^2$

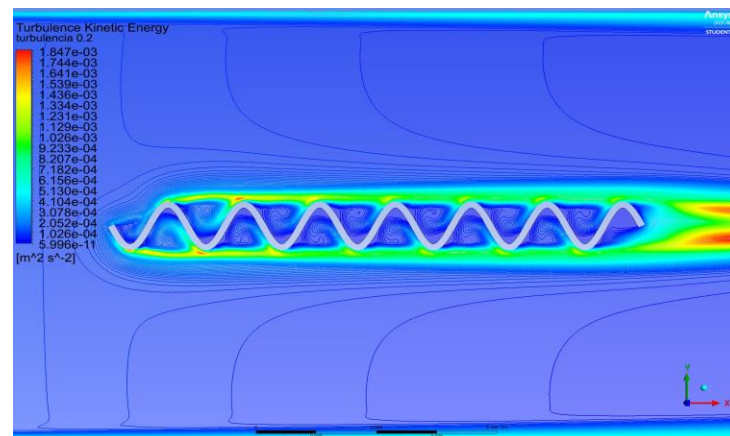
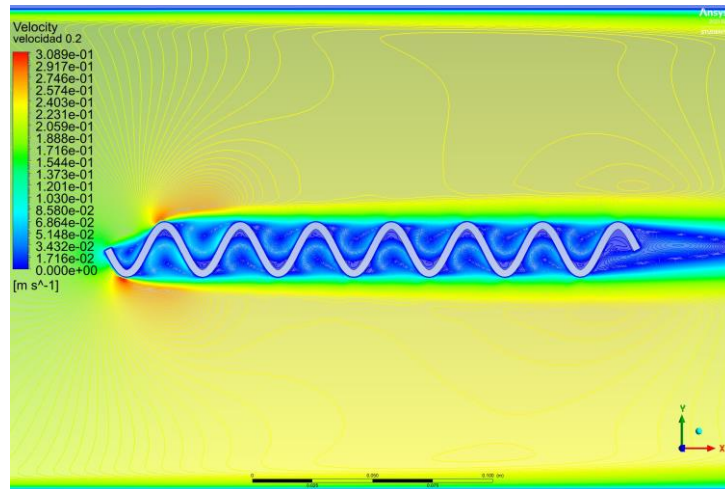


Anexo 4. Simulación con una velocidad de  $0.1 \text{ m/s}^2$

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

Con una velocidad de  $0.1 \text{ m/s}^2$  no se obtiene una simulación esperada, ya que esta no presenta ningún tipo de formación de vórtices, ni ninguna representación en la captación de sedimentos debido a que la velocidad de simulación es muy baja.

5. Con una velocidad de simulación de  $0.2 \text{ m/s}^2$



Anexo 5. Simulación con una velocidad de  $0.2 \text{ m/s}^2$

Fuente: ANSYS FLUENT, versión estudiante 2021.

Con una velocidad de  $0.2 \text{ m/s}^2$  no se obtiene una simulación esperada, ya que esta no presenta ningún tipo de formación de vórtices, ni ninguna representación en la captación de sedimentos debido a que la velocidad de simulación es muy baja.

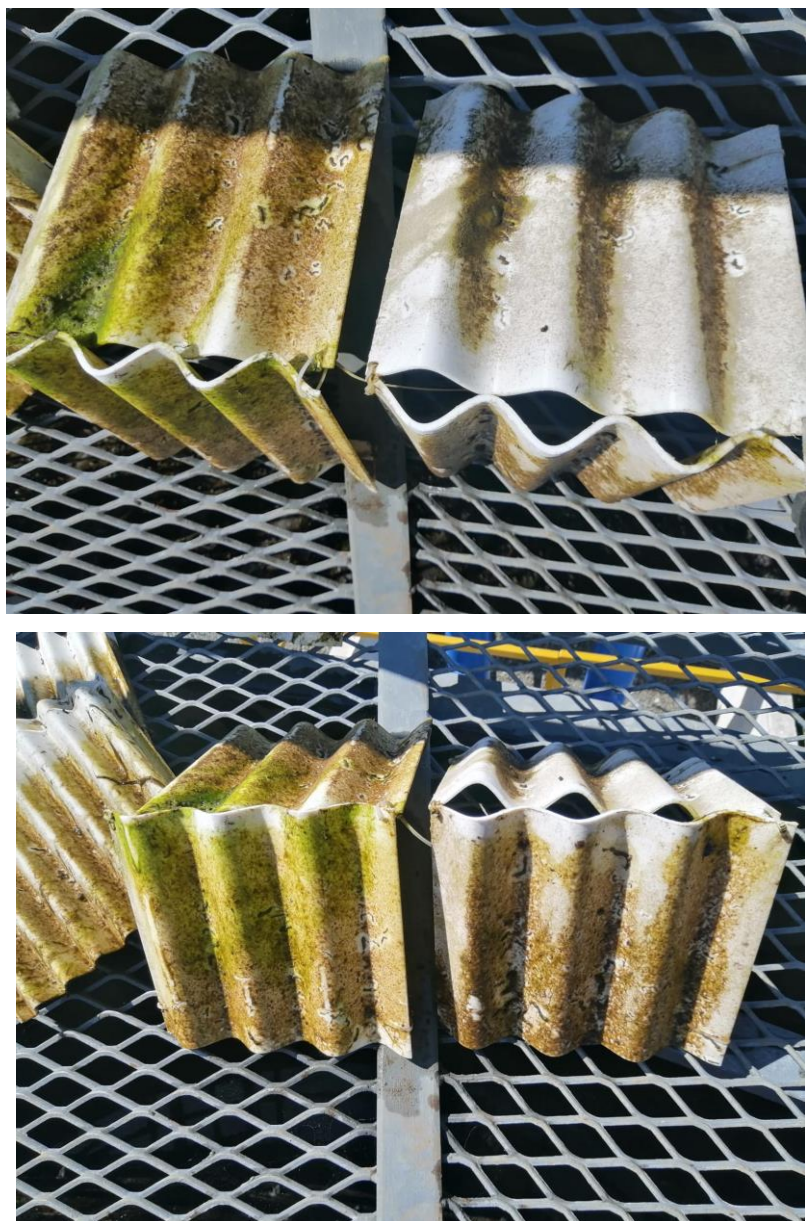


*Anexo 6. Diseño actual extraído al día 15.*

*Fuente: Propia.*

Al día quince se extrajo el modelo actual que está operando en estos momentos en el clarificador sedimentador y lucia de esta manera.





*Anexo 7. Primer diseño propuesto extraído al día 15.*

*Fuente: Propia.*

Al día quince se extrajo el primer modelo propuesto que se colocó en el clarificador sedimentador y lucía de esta manera. Podemos evidenciar que recolecto más sedimentos que el modelo actual.



*Anexo 8. Segundo diseño propuesto extraído al día 15.*

*Fuente: Propia.*

Al día quince se extrajo el segundo modelo propuesto que se colocó en el clarificador sedimentador y lucia de esta manera. Podemos evidenciar que recolecto más sedimentos que el modelo actual.



## WATERFLUX 3070 Hoja de datos técnica

Medidor de agua electromagnético alimentado por batería con FlexPower KROHNE opcional

- Alimentación por batería o bien, opcionalmente, por red eléctrica y respaldo de batería con FlexPower
- Instalación fácil sin secciones de entrada y salida rectas
- Sensor integrado de presión y temperatura



© KROHNE 02/2020 - 4005304402 - TD WATERFLUX 3070 - R02 es

**KROHNE**

*Anexo 9. Ficha técnica macromedidor.*

*Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.*



## OPTIBAR PM 5060 C Hoja de datos técnica

Transmisor de presión para medir la presión de proceso, el nivel, la presión diferencial, la densidad y la interfase con célula de medida metálica

- Completamente universal hasta 1000 bar
- Ampla selección de conexiones a proceso también para aplicaciones higiénicas
- Plataforma modular del convertidor de señal para todas las aplicaciones



© KROHNE 04/2021 - 4006821201 - TD OPTIBAR PM 5060 C R02 es

**KROHNE**

*Anexo 10. Ficha técnica manómetros.*

*Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.*

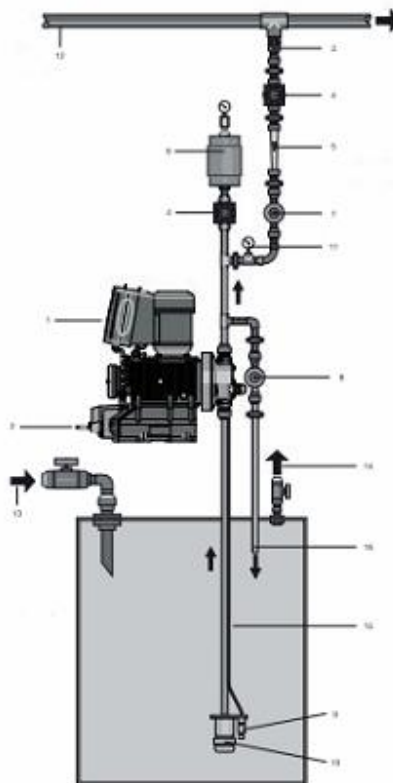
## 1.0 Presentación de las bombas dosificadoras accionadas por motor

### 1.0.2 Opciones de Instalación

El perfecto funcionamiento de los sistemas de dosificación, no sólo depende de escoger la bomba adecuada para cada aplicación, sino también de la correcta instalación con sus accesorios específicos. El esquema siguiente ilustra algunos de los accesorios más comunes en las instalaciones; de los cuales no todos ellos serán necesarios en todas las instalaciones, pero dan una idea de lo que se puede lograr con ellos.

ProMinent está siempre al servicio del cliente, ayudando a escoger los accesorios correctos para la aplicación, y dar todos los consejos técnicos que sean necesarios (ejemplo, cálculo de la tubería y los accesorios ideales en la línea de impulsión).

- 1 Bomba de dosificación
- 2 Posibilidad de control y mando
- 3 Válvula de dosificación
- 4 Válvula de cierre
- 5 Medidor/control del caudal
- 6 Amortiguador de pulsaciones
- 7 Válvula de contrapresión
- 8 Válvula de rebalse en la tubería de bypass
- 9 Interruptor de nivel
- 10 Válvula de pie
- 11 Manómetro
- 12 Línea del sistema
- 13 Líquido
- 14 Purge de aire
- 15 Tubería de aspiración
- 16 Bypass



pr\_2\_000\_1\_1AK



Anexo 11. Ficha técnica equipo de coagulación y floculación.

Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.



## STREAMING CURRENT CHARGE ANALYZER HydroACT with DURATRAC 4

### DESCRIPTION

The **HydroACT Analyzer** with **DuraTrac 4 Streaming Current Sensor** is Chemtrac's most reliable and accurate Streaming Current Monitor, providing unique and versatile capabilities for optimizing coagulant or polymer dosing. With improved Streaming Current measurement capability, expansive I/O, state of the art chemical feed logic, and the ability to monitor additional parameters key to coagulation (e.g. pH, UV254, NTU), this revolutionary product offers a dependable, comprehensive, and scalable approach for tackling virtually any water treatment scenario. A well designed interface gives the user easy access to frequently used features like zero offset. Intelligent diagnostics, service reminders, advanced alarm features, and optional email/text alerts all work together to notify the user when service is required or when process conditions having changed sufficiently to warrant attention. Contact Chemtrac to discuss your application and let us provide a solution that meets your requirements.

### STANDARD FEATURES

- Includes analyzer, DuraTrac 4 sensor, 1 analog output, and 25 feet of interconnect cable
- 0.2 to 10 gpm sample flow capability
- Quick-replacement, user serviceable parts
- Easy push button zero offset
- Advanced signal health diagnostics

### OPTIONAL FEATURES

- Expandable sensor inputs and I/O
- Up to 1000 feet of interconnect cable
- Chemical feed control outputs
- Data logging with MicroSD download
- Modbus or PROFIBUS communications
- Color display
- Remote (internet) access

### BENEFITS

- Capability of incorporating multiple measurements that are key to coagulation, such as pH, TSS/NTU, and UV254 organics
- Multiple chemical feed control options with overfeed protection, start delay, setpoint ramping, and other advanced features
- State of the art features like signal health diagnostics and pH compensation provides improved

### APPLICATIONS

#### Water Treatment

- Respond quickly to NTU/organics changes
- Optimize coagulant usage
- Reduce sludge generation
- Improve clarifier performance
- Extend filter run time
- Reduce membrane fouling
- Monitor for overfeed of filter aids

#### Wastewater Treatment

- Respond quickly to changes in solids
- Reduce polymer usage
- Improve performance of DAF, Thickener, BFP, Centrifuge

#### Papermaking

- Track changes in wet-end charge
- Improve paper machine performance and paper quality



Streaming Current

Chemtrac, Inc.  
1555 Oakbrook Drive  
Suite 100  
Norcross, GA 30093  
USA

PH: 770.449.6233  
US: 800.442.8722  
FX: 770.447.0889  
www.chemtrac.com

Anexo 12. Ficha técnica analizadora.

Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.



## FILTROS de MATERIAL FILTRANTE

3ha'as Efráim 42855 ISRAEL Tel: +972-46220006 Fax: +972-46220042 Correo-E: yamit@yamit-f.com

*Anexo 13. Ficha técnica filtros.*

*Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.*



## Series RAH-210 Residual Chlorine Analyzer

- Amperometric Measurement
- Available with pH & temperature compensation without buffer chemicals for Free Chlorine
- Free Chlorine, Total Chlorine, Chlorine Dioxide, Bromine, and Iodine
- Includes complete PID control program (standard)
- Provides four analog outputs (selectable between residual, pH/ORP, Temperature, Turbidity, and control signals) and four alarm relays
- Optional Data Logger
- Adjustable measurement range
- Continuous Measurement / Fast Response
- Continuous cleaning mechanism
- Modbus RS-485 Two-way communication



The Series RAH-210 Analyzer makes use of the Amperometric method to determine residual levels in the sample water. The measurement cell consists of large anodic and cathodic electrodes in direct contact with the sample water. The measurement is continuous, not relying on sample and hold methods, thereby allowing for better process control. A continuously driven cleaning system is employed to prevent the build up of impurities on the surface of the electrodes and reduce the need for maintenance.

The Series RAH-210 Free Chlorine Analyzer is available with pH & Temperature compensation performed in software. For applications with stable pH, the known pH value can be manually input for software compensated residual analysis. A gravity driven buffer feed system or peristaltic pump are also available to inject the required chemicals for measuring Free Chlorine, Total Chlorine, Chlorine Dioxide, Iodine and Bromine. The measurement range is field adjustable through menu driven digital programming.



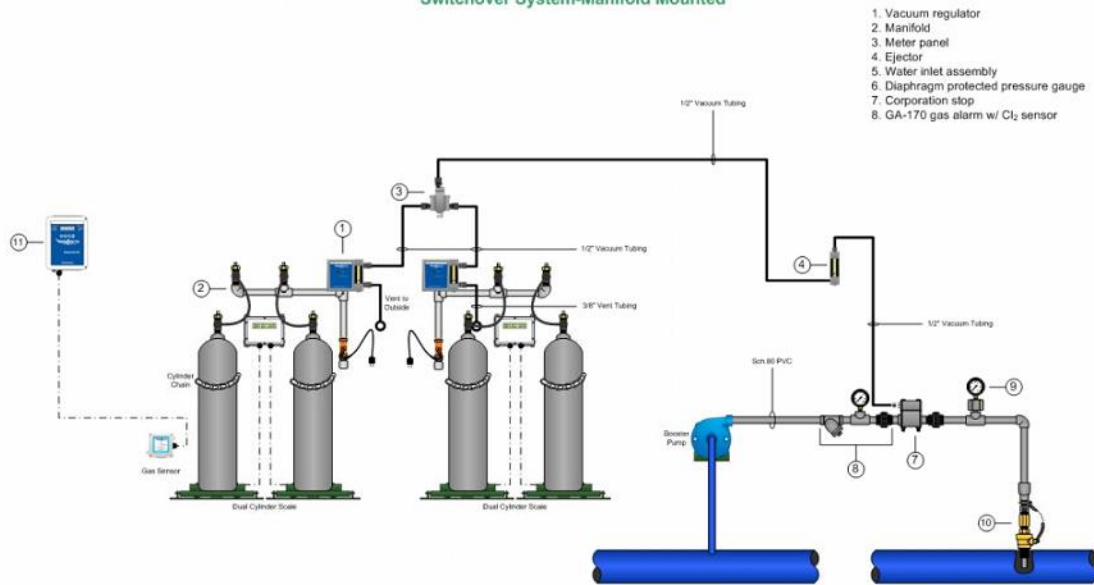
600 Emlien Way, Telford, PA 18969 • Telephone: (215) 799-0980 • Fax: (215) 799-0984  
BULLETIN RAH-210 Rev. 5/16 Toll Free in the U.S.: 1 (888) 38-HYDRO • [www.hydroinstruments.com](http://www.hydroinstruments.com) • [sales@hydroinstruments.com](mailto:sales@hydroinstruments.com)

*Anexo 14. Ficha técnica sistema de cloración por dosificación.*

*Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.*



### Switchover System-Manifold Mounted



**hydro**  
INSTRUMENTS

*Drawing is for illustration purposes only and may depict items not furnished in the standardized system specifications.*

*Anexo 15. Ficha técnica sistema de cloración por dosificación.*

*Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.*

**3M**

## 6000 Series Full Face Respirators

Data Sheet



### Main Features

The 6000 Series Full Face Respirators are used with twin lightweight filters, which are fitted by a simple bayonet attachment system, providing an economical and flexible choice. The Respirators can also be used with the 3M S-200 Supplied-Air System for increased convenience and flexibility.

- Lightweight and well balanced
- Flexible system (gas / vapour and / or particulate filters plus Supplied-Air option)
- Silicone facepiece material
- Easy to use
- Wide field of vision and impact resistance with a polycarbonate lens.
- 3 sizes (6700 - small, 6800 - medium, 6900 - large)
- Low maintenance
- Economical
- Spectacle kit available

### Applications

The 6000 Series full facepieces can be used with a variety of different filter / product options:

- **Gas and vapour filters** - The 6000 Series filters fit directly onto the 6000 Series full facepieces.
- **Particulate filters** - The 2000 Series, 6035 and 6038 particulate filters fit directly onto the 6000 Series full facepiece. The 5911/5925/5935 particulate filters may be used on their own with platform 603 & retainer 501.
- **A combination of gas / vapour and particulate filters** - The 5911 / 5925 / 5935 particulate filters can be used with 6000 Series gas / vapour filters using retainer 501.
- **Supplied-Air mode using the 3M S-200 Respirator System** (For information on the Supplied-Air System and applications please see the 3M S-200 Data Sheet).

The table below lists the filters and typical industrial applications.

### Gas/Vapour

| FILTER                   | HAZARD   | INDUSTRY   |
|--------------------------|--|--|
| 6051/6055 (A1/A2)        | Organic Vapours  | - Anywhere conventional paints are used (subject to usage conditions)<br>- Vehicle manufacture<br>- Aircraft manufacture and refurbishment<br>- Boat building<br>- Ink and Dye manufacture and use<br>- Adhesive manufacture and use<br>- Paint and varnish manufacture<br>- Resin manufacture and use |
| 6054 (A1)                | Ammonia  | - Manufacture and Maintenance of refrigeration equipment<br>- Agrochemicals  |
| 6057 (A&E1)              | Organic Vapours, Inorganic and Acid Gases                | As 6051 but also:<br>- Electrolytic processes<br>- Acid Cleaning<br>- Metal Pickling<br>- Metal Etching  |
| 6059 (A&E1)              | Organic Vapours, Inorganic Gases, Acid Gases and Ammonia | As 6057 and 6054   |
| 6075 (A1) + Formaldehyde | Organic Vapours and Formaldehyde                         | As 6051 but also:<br>- Hospitals and Laboratories  |
| 6090 (HgP3)              | Mercury and particulates                                 | Laboratories and particulate applications  |
| 6096 (A&P3)              | Organic Vapours (boiling below 60°C) and Particulates    | - Chemical industry  |
| 6099 (A&E&P3)            | Organic Vapours, Inorganic Gases, Acid Gases and Ammonia | As 6059 but also particulate applications  |

Anexo 16. Ficha técnica equipo de protección sistema de cloración.

Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.

**BRAY RECOMMENDED SPECIFICATIONS**

## Series 30/31 Resilient Seated Valve

**Valve Type:**

Bray Series 30 wafer or Series 31 lug or approved equal.

**Body:**

- Shall be one-piece wafer or lug design with extended neck to allow for 2" of piping insulation.
- Flange locating holes shall be provided on wafer bodies to allow for quick and precise alignment during valve installation.
- Flange hole drilling per international flange standard as specified.
- A non-corrosive bushing and a self-adjusting stem seal shall be provided. No field adjustment shall be necessary to maintain optimum field performance.

**Disc:**

- Disc edge and hub on metal discs shall be spherically machined and hand polished for torque and maximum sealing capability.

**Stem:**

- Shall be one-piece design.
- Disc to stem connection shall be and internal double "D" design with no possible leak paths in the disc-to-stem connection. External disc-to-stem connections such as disc screws or pins are not allowed.
- Stem shall be mechanically retained in the body neck and no part of the stem shall be exposed to the line media.

**Seat:**

- Shall be tongue-and-groove seat with a primary hub seal and a molded flange O-ring for weld-neck and slip-on flanges.
- The seat shall totally encapsulate the body isolating it from the line media and no flange gaskets shall be required.

**Testing:**

Valve shall be tested to 110% of the rated pressure.

**Pressure Ratings:**

Valve shall be rated for bubble-tight shut-off at pressure rating shown below.



**Bi-directional Service**  
(With downstream flanges and disc in closed position):

**All Resilient Seated Series 30 and Series 31 Valves (with Standard Disc):**

- 2"-12" (50mm-300mm) 175 psi (12.0 Bar)
- 14"-20" (350mm-500mm) 150 psi (10.3 Bar)

**Dead-End Service**  
(No downstream flanges and disc in closed position):

- All Series 31 Valves (with Standard Dic):**
- 2"-12" (50mm-300mm) 75 psi (5.2 Bar)
  - 14"-20" (350mm-500mm) 50 psi (3.4 Bar)

**Approvals & Certifications:**

- CE/PED Certification
- NSF/ANSI 61-2008 Certification (Potable Water)
- SIL Certification
- ABS Certification
- Bureau Veritas Certification
- DNV

*Anexo 17. Ficha técnica válvulas.*

*Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.*

## TUBERIA HIERRO NEGRO Y HIERRO GALVANIZADO EN CED-40 Y CED-80

| NOMINAL DIAMETER | EXTERNAL DIAMETER |       | THICKNESS WALL |       |          | WEIGHT |       |       | TEST PRESSURE |     |       |     |
|------------------|-------------------|-------|----------------|-------|----------|--------|-------|-------|---------------|-----|-------|-----|
|                  | pulg.             | Mm.   | pulg.          | Mm.   | sch.     | lb/ft  | kg/m  | kg/ft | GRADE         | A   | GRADE | B   |
| 1/4              | 0.540             | 13.7  | 0.088          | 2.24  | 40 (STD) | 0.42   | 0.36  | 0.11  | 700           | 49  | 700   | 49  |
|                  |                   |       | 0.119          | 3.02  | 80(XS)   | 0.54   | 0.47  | 0.14  | 850           | 60  | 850   | 60  |
| 3/8              | 0.675             | 17.1  | 0.091          | 2.31  | 40 (STD) | 0.57   | 0.62  | 0.19  | 700           | 49  | 700   | 49  |
|                  |                   |       | 0.147          | 3.20  | 80(XS)   | 0.74   | 0.79  | 0.24  | 850           | 60  | 850   | 60  |
| 1/2              | 0.840             | 21.3  | 0.109          | 2.77  | 40 (STD) | 0.85   | 1.27  | 0.39  | 700           | 49  | 700   | 49  |
|                  |                   |       | 0.147          | 3.73  | 80(XS)   | 1.09   | 1.62  | 0.49  | 850           | 60  | 850   | 60  |
| 3/4              | 1.050             | 26.7  | 0.113          | 2.87  | 40 (STD) | 1.13   | 1.69  | 0.51  | 700           | 49  | 700   | 49  |
|                  |                   |       | 0.154          | 3.91  | 80(XS)   | 1.48   | 2.20  | 0.67  | 850           | 60  | 850   | 60  |
| 1                | 1.315             | 33.4  | 0.133          | 3.56  | 40 (STD) | 1.68   | 2.50  | 0.76  | 700           | 49  | 700   | 49  |
|                  |                   |       | 0.179          | 4.55  | 80(XS)   | 2.18   | 3.24  | 0.99  | 850           | 60  | 850   | 60  |
| 1 1/4            | 1.660             | 42.2  | 0.140          | 3.68  | 40 (STD) | 2.28   | 3.39  | 1.03  | 1000          | 70  | 1100  | 77  |
|                  |                   |       | 0.191          | 4.85  | 80(XS)   | 3.02   | 4.47  | 1.36  | 1500          | 105 | 1600  | 112 |
| 1 1/2            | 1.900             | 48.3  | 0.145          | 3.68  | 40 (STD) | 2.73   | 4.05  | 1.23  | 1000          | 70  | 1100  | 77  |
|                  |                   |       | 0.200          | 5.08  | 80(XS)   | 3.66   | 5.41  | 1.65  | 1500          | 105 | 1600  | 112 |
| 2                | 2.375             | 60.3  | 0.154          | 3.91  | 40 (STD) | 3.68   | 5.44  | 1.66  | 2300          | 162 | 2500  | 176 |
|                  |                   |       | 0.128          | 5.54  | 80(XS)   | 5.07   | 7.48  | 2.28  | 2500          | 176 | 2500  | 176 |
| 2 1/2            | 2.875             | 73.0  | 0.203          | 5.16  | 40 (STD) | 5.82   | 8.63  | 2.63  | 2500          | 176 | 2500  | 176 |
|                  |                   |       | 0.276          | 7.01  | 80(XS)   | 7.73   | 11.41 | 3.18  | 2500          | 176 | 2500  | 176 |
| 3                | 3.500             | 88.9  | 0.216          | 5.49  | 40 (STD) | 7.62   | 11.29 | 3.44  | 2200          | 155 | 2500  | 176 |
|                  |                   |       | 0.300          | 7.62  | 80(XS)   | 0.33   | 15.27 | 4.66  | 2500          | 176 | 2500  | 176 |
| 3 1/2            | 4.000             | 101.6 | 0.226          | 5.74  | 40 (STD) | 9.20   | 13.57 | 4.14  | 2000          | 141 | 2400  | 169 |
|                  |                   |       | 0.318          | 8.08  | 80(XS)   | 2.63   | 18.63 | 5.68  | 2800          | 197 | 2800  | 167 |
| 4                | 4.500             | 114.3 | 0.237          | 6.02  | 40 (STD) | 0.89   | 16.08 | 4.90  | 1900          | 164 | 2200  | 155 |
|                  |                   |       | 0.337          | 8.56  | 80(XS)   | 15.17  | 22.32 | 6.80  | 2700          | 197 | 2800  | 197 |
| 5                | 5.563             | 141.3 | 0.258          | 6.55  | 40 (STD) | 14.81  | 21.77 | 6.63  | 1700          | 120 | 1900  | 134 |
|                  |                   |       | 0.375          | 9.53  | 80(XS)   | 21.09  | 30.97 | 9.44  | 2400          | 169 | 2800  | 197 |
| 6                | 6.625             | 168.3 | 0.280          | 7.11  | 40 (STD) | 19.18  | 28.26 | 8.61  | 1500          | 105 | 1800  | 127 |
|                  |                   |       | 0.432          | 10.97 | 80(XS)   | 28.89  | 42.56 | 12.97 | 2300          | 162 | 2700  | 190 |
| 8                | 8.625             | 219.1 | 0.277          | 7.04  | 30       | 25.55  | 36.82 | 11.22 | 1200          | 84  | 1300  | 91  |
|                  |                   |       | 0.322          | 8.18  | 40 (STD) | 29.35  | 42.55 | 12.97 | 1300          | 91  | 1600  | 112 |
| 10               | 10.750            | 273.0 | 0.500          | 12.70 | 80(XS)   | 43.90  | 64.64 | 19.70 | 2100          | 148 | 2400  | 169 |
|                  |                   |       | 0.365          | 9.27  | 40 (STD) | 41.85  | 60.29 | 18.38 | 1200          | 74  | 1400  | 98  |
| 12               | 12.750            | 323.8 | 0.600          | 12.70 | 80(XS)   | 55.82  | 81.52 | 24.85 | 1700          | 120 | 2000  | 141 |
|                  |                   |       | 0.375          | 9.53  | 40 (STD) | 51.15  | 73.86 | 22.51 | 1100          | 77  | 1200  | 84  |
|                  |                   |       | 0.500          | 12.70 | 80(XS)   | 66.71  | 97.43 | 29.7  | 1400          | 98  | 1600  | 112 |

- 1 BLACK PIPES ARE PROTECTED AGAINST OXIDATION WITH A VARNISH COATING, WHICH IN ADDITION TO PROTECTION IMPROVES APPEARANCE
- 2 THE WEIGHTS ARE BASED ON BLACK PIPES, GALVANIZED PIPES ARE SLIGHTLY HEAVIER.
- 3 WEIGHT OF A ZINC COATING 1.800oz/ft<sup>2</sup> 0.5493 kg/m<sup>2</sup>
- 4 THE SCHEDULE 80 PIPE IS AVAILABLE AS PLAIN END OR THREADED ONLY

Anexo 18. Ficha técnica tubería de hierro.

Fuente: Lucas Electrohidráulica S.A.

**Hoja Guarda**