



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

PLANEACIÓN, CONTROL Y EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO AL CANAL DE FLUJO UNIVERSAL DE LA FES ARAGÓN

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

ESTEBAN RAMÍREZ LAZOS

DIRECTOR: M. EN I. PATROCINIO ARROYO HERNÁNDEZ.

San Juan de Aragón, Edo. de México, enero de 2016





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindar una formación de tan alto nivel profesional, gracias por darme la oportunidad de cursar mis estudios iniciando mi recorrido académico desde el nivel medio superior. Gracias por los buenos momentos, las experiencias y los conocimientos que adquirí.

A mis padres que siempre me han apoyado en mis decisiones, gracias a ellos he cumplido una de las muchas metas que me he propuesto en mi vida.

A mi novia Dulce el amor de mi vida por todo el apoyo que siempre me ha brindado, por ayudarme siempre que lo necesito y por estar a mi lado en los buenos y malos momentos.

Al M. en I. Patrocínio Arroyo Hernández profesor de la FES Aragón y técnico académico en el laboratorio de Hidráulica, por su apoyo y supervisión durante todo el proceso en la restauración del Canal de Flujo Universal, así como también por la ayuda que me brindó en el desarrollo del presente trabajo.



Al Ingeniero José Luis Ramírez Cruz director de la Jefatura de los laboratorios L1 y L2 y profesor de la FES Aragón, por haberme sugerido la oportunidad de realizar este proyecto, además por todas las facilidades, apoyo, recomendaciones y ayuda que me concedió durante la ejecución de la reparación del equipo.

Al Ingeniero Noé Avila Esquivel profesor de la FES Aragón y Jefe de carrera de Ingeniería Industrial por el interés, apoyo y supervisión en el desarrollo del proyecto.

A los técnicos académicos del laboratorio L1:

José Sánchez Cisneros

Rosendo Méndez Gallo

Javier Sombrerero

Por su tutela y apoyo durante el manejo de las máquinas de corte, así también por sus recomendaciones en el desarrollo de las labores de restauración.

Al Ingeniero Axel Velázquez Vargas profesor de la FES Aragón, por su tutoría y manejo del equipo de topografía, quien apoyo en la labor de ajustar la pendiente del equipo.



Í N D I C E

Introducción

Objetivos

Alcances

1. ASPECTOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

1.1 Características principales

1.2 Glosario

2. PRECEDENTES, DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA EL MANTENIMIENTO AL CANAL DE FLUJO UNIVERSAL

2.1 Antecedentes históricos

2.2 Localización y ubicación

2.3 Descripción y característica principales del equipo

2.4 Condiciones físicas de funcionamiento y problemática existente

2.5 Diagnóstico del equipo

2.6 Alternativas y análisis comparativo de distintas soluciones

2.7 Selección de la solución

3. PROCESOS DE PLANEACIÓN, CONTROL Y EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN

3.1 Planeación de las actividades

3.2 Ejecución de la solución

3.3 Ajuste final

4. PROPUESTA DE MODELO DE MANTENIMIENTO PARA EL CANAL DE FLUJO UNIVERSAL

4.1 Sugerencias, recomendaciones y acciones para la prevención de deterioro en el equipo

4.2 Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo

4.3 Plan de mantenimiento

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



INTRODUCCIÓN

En la preparación profesional de los estudiantes de las diversas ingenierías que se imparten en nuestra Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón), el uso de los diferentes equipos con que se cuenta en los Laboratorios, causa en sí, un deterioro¹ normal en ellos y si todavía se agregan factores, tales como un escaso o nulo mantenimiento, esto ocasiona por una parte que los resultados de la experimentación no sean confiables y por otra que su daño sea irreparable. En este último caso ya no hay nada que hacer y es necesario reemplazar dicho equipo, mientras que en el primero es posible extender su adecuado funcionamiento a través de una serie de actividades, expresadas en un programa de mantenimiento y destinadas para tal fin, con la firme intención de garantizar que los equipos no se dañen, funcionen en rangos operativos confiables y que se atiendan oportunamente cualquier falla impredecible, sin importar el tiempo que transcurra e independientemente del personal que se halle en el momento.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo hace un estudio, análisis y propone la solución para desarrollar el mantenimiento al Canal de Flujo Universal (de ahora en adelante referenciado como CFU), ubicado en el interior del edificio del laboratorio L-2, denominado Laboratorio de Térmica y Fluidos, en esta Facultad. Debido a que este equipo cuenta con un período extenso de funcionamiento ininterrumpido que ha condicionado detrimentos que tienen influencia significativa en las mediciones y por lo tanto se reflejan en los resultados experimentales fuera de los rangos previstos. El mantenimiento que se desarrolla en el trabajo fue planeado de acuerdo a las necesidades que el propio equipo requería.

¹ Consistente en fallas, descomposturas o simplemente que pierdan eficiencia.



OBJETIVOS

General.

Dejar en condiciones de óptimo funcionamiento el Canal de Flujo Universal del Laboratorio de Hidráulica, mediante el desarrollo de todas las actividades de tipo correctivas, necesarias en los elementos de la estructura física que lo integran.

Particular.

Establecer un programa de mantenimiento para el Canal de Flujo Universal que evite y prevenga un deterioro desmedido del equipo, así como evitar gastos mayores.



ALCANCES

En los 4 capítulos que comprende este trabajo, se ha documentado todas las labores y las decisiones que se fueron tomando para la reparación del Canal de Flujo Universal. Cada uno de ellos, se especializa en un tema concreto y a su vez se logra una relación con los demás.

Se presenta primordialmente en el trabajo, el desarrollo de la memoria laboral que se llevó a cabo, así como un plan de mantenimiento que permita servir de referencia y/o ayuda, para la prevención de fallas o en su defecto de su reparación.

En el **Capítulo 1 “Aspectos generales del mantenimiento”** expongo lo referente a los conceptos básicos de mantenimiento, destacando primordialmente el correctivo y el preventivo.

El **Capítulo 2 “Precedentes, diagnóstico y alternativas de solución para el mantenimiento al canal de flujo universal”**, describe un panorama general de las condiciones en que se hallaba y operaba el equipo, además de presentar una discusión para hallar la solución más viable para su reparación.

Por lo que respecta al **Capítulo 3 “Procesos de planeación, control y ejecución de la solución”**, puedo mencionar que trata de los procesos que permiten tener una organización adecuada para llevar a cabo todas las actividades necesarias que conllevan a alcanzar los objetivos planteados.

Como resultado de todos los apartados anteriores, en el **Capítulo 4 “Propuesta de mantenimiento”**, estructuro una serie de ideas que permitan prolongar el funcionamiento y desempeño correcto del equipo motivo de este trabajo.

Finalmente en la **“Conclusión”**, proporciono una serie de reflexiones acerca de lo expresado en los capítulos anteriores, así como de la experiencia obtenida con el desarrollo de este trabajo.



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

CAPITULO I



En el ámbito profesional del Ingeniero Industrial el mantenimiento es una herramienta de suma importancia, y casi por regla general, una buena planeación del mismo, conlleva a un buen control y este a su vez a una adecuada ejecución, garantizando de esta manera obtener resultados favorables en cualquier área que se presente, sin temor a que ocurra algún tipo de imprevisto y para el caso que nos ocupa, de una eficiente capacitación a los alumnos².

Por lo tanto, es deseable tener un dominio sobre todos los aspectos que involucra en sí el mantenimiento, sin embargo, estos llegan a ser bastante amplios y su campo de acción muy variado, razón por la cual en el desarrollo de este capítulo nos limitaremos solo a tratar la base teórica del mantenimiento preventivo y correctivo con un enfoque académico para poder aplicarlo al Canal de Flujo Universal del Laboratorio de Hidráulica de nuestra Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón).

1.1 Características principales

➤ Definición

Comenzaremos por comprender cuál es el significado de mantenimiento, seguido de un entendimiento propio que sea aplicable para cumplir el objetivo de este trabajo.

“El conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento”.

(García Garrido, 2003, pág.1).

Así como la definición anterior, en la literatura técnica existe una infinidad de estas que puede ayudarnos a comprender y ampliar el significado de mantenimiento, sin embargo todas ellas coinciden en puntos muy específicos tales como de que son actividades para preservar sistemas.

² Es decir, en la planeación, ejecución y control de un buen mantenimiento aplicado a los equipos de laboratorio, permitirá que los alumnos de las diferentes ingenierías estén mejor preparados y tengan el mayor aprendizaje posible dentro de las instalaciones de nuestra Facultad.



Con base en lo anterior me es posible expresar cual es mi comprensión de mantenimiento aplicado para este proyecto: *Conjunto de actividades y técnicas destinadas a un sistema o elemento para su conservación y/o reparación, y de esta forma aumentar su vida útil con un grado alto de eficiencia.*

➤ **Elementos que lo integran**

En el mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación. La primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento. (Mora, 2009, pág. 36).

➤ **Clasificación**

Usualmente son distinguidas 7 clasificaciones del mantenimiento (Figura 1.1) que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen cada uno de estas, y es aplicable según las necesidades que se tengan o las circunstancias en que se haya nuestros equipos o sistemas.



Figura 1.1 Clasificación del mantenimiento.



- a) **Correctivo.-** Destinado a restaurar las anomalías que surgen en los distintos equipos.
- b) **Preventivo.-** Es aquel que mantiene un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento oportuno. (García Garrido, 2003, pág. 17).
- c) **Predictivo.-** Permite conocer e informar permanentemente el estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Este tipo de mantenimiento es más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos. (García Garrido, 2003, pág. 17).
- d) **Cero horas.-** Es una serie de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca algún fallo o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano. (García Garrido, 2003, pág.18).
- e) **De uso.-** Se lleva a cabo por el usuario del mismo, consiste en una serie de tareas elementales (toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. (García Garrido, 2003, pág.18).
- f) **De oportunidad.-** Como su nombre lo indica, se lleva a cabo cuando surge la ocasión, este puede presentarse durante un periodo de paros programados en algún sistema en particular y puede utilizarse para efectuar tareas conocidas de mantenimiento, tales como las siguientes:



Detección de fallas. Es un acto o inspección que se lleva a cabo para evaluar el nivel de presencia inicial de fallas.

Modificación de fallas. Se lleva a cabo para hacer que un equipo alcance una condición que sea aceptable en ese momento. Esta estrategia implica mejoras, y ocasionalmente, expresión de fabricación y capacidad.

Reparación general. Consiste en un examen completo y el restablecimiento de un equipo o sus componentes principales a una condición aceptable.

Reemplazo. Esta estrategia implica sustituir el equipo en lugar de darle mantenimiento. Puede ser un reemplazo planeado o un reemplazo ante una falla. (Duffa, Raouf, Dixon, 2007, pág.33)

➤ Modelos de mantenimiento

Estos toman forma una vez que se han mezclado los anteriores tipos, en unas proporciones determinadas que permitan responder adecuadamente a las necesidades de un equipo concreto, entre estos podemos mencionar los siguientes:

- i. **Correctivo.-** Es el más básico, incluye inspecciones visuales, lubricación y la reparación de averías. Es aplicable a equipos con el más bajo nivel de riesgo, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico, ni técnico. (García Garrido, 2003, pág. 19.)
- ii. **Condicional.-** Incluye las actividades del modelo anterior, y además la realización de una serie de pruebas o ensayos que condicionaran una actuación posterior. Si tras la prueba descubrimos una anomalía, programaremos una intervención; si por el contrario todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo. Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes su probabilidad de falla es baja.
- iii. **Sistemático.-** Incluye un conjunto de actividades; sin importarnos cuál es la condición del equipo; realizaremos además, algunas mediciones y pruebas para decidir si realizamos otras tareas de mayor envergaduras; y, por último,



resolveremos las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media. (García Garrido, 2003, pág. 20.)

- iv. **De alta disponibilidad.-** Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica a aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento, ya que se les exige niveles de disponibilidad altísimos (encima del 90%). Para mantenerlos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer su estado en funcionamiento, y paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia anual o superior. En esta revisión se sustituyen todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año. (García Garrido, 2003, pág. 21).

Para el mantenimiento de algunos equipos deben tenerse en cuenta dos consideraciones muy importantes que les afectan de manera muy particular.

En primer lugar, si están sometidos a normativas legales que regulan su mantenimiento, lo que obliga a que se realicen en ellos determinadas actividades con una periodicidad establecida.

En segundo lugar, si se requiere de conocimientos y/o medios específicos que solo están en manos del fabricante, distribuidor o de un especialista.

De tal forma es de suma importancia, llevar un control sobre todas las actividades de mantenimiento y el trabajo que estas conllevan, de acuerdo con la Figura 1.2, se puede destacar que el trabajo de mantenimiento planeado debe ser mayor en comparación al no planeado, por ello la importancia de un buen plan de mantenimiento. Así pues, como se ha dicho hasta el momento, el mantenimiento resulta una tarea que requiere de un trabajo planeado y constante, de esta forma evitar que el equipo vuelva a sufrir averías en todo lo que se encuentre al alcance.

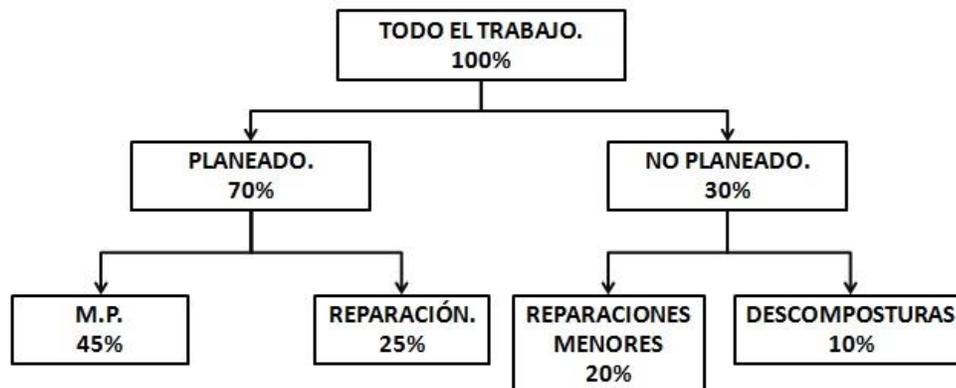


Figura 1.2 Distribución de trabajo.³

1.2 Glosario

A continuación se definen algunos de los términos que se emplean comúnmente en la administración del mantenimiento y que se usan en el desarrollo de este Proyecto, los cuales están basados, en la Norma Británica BS3811.

- **Desperfecto.** Desviación inesperada con respecto a los requerimientos y que justifica una acción correctiva.
- **Disponibilidad.** La capacidad del equipo para llevar a cabo con éxito la función requerida en un momento específico durante un periodo de tiempo específico.
- **Falla.** La terminación de la capacidad del equipo para realizar la función requerida.
- **Analizar.** El proceso de medir, examinar, probar, calibrar o detectar de alguna forma cualquier desviación con respecto a las especificaciones.
- **Modelo de mantenimiento.** Una lista completa de equipos o sistemas con todas las tareas de mantenimiento requeridas, incluyendo los intervalos con que debe realizarse el mantenimiento.
- **Reparación.** El restablecimiento de un equipo a una condición aceptable mediante la renovación, reemplazo o reparación general de piezas dañadas o desgastadas.
- **Rehabilitación.** Acciones de mantenimiento con la intención de regresar al equipo a sus condiciones originales.

³ (Duffa, Raouf, Dixon, 2007, pág.76)



CAPITULO II

PRECEDENTES, DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA EL MANTENIMIENTO AL CANAL DE FLUJO UNIVERSAL

CAPITULO II



2.1 Antecedentes históricos

En más de 35 años de existencia, la Facultad de Estudios Superiores Aragón se ha consolidado como el centro universitario más importante de la zona nororiente de la Ciudad de México.

Desde que nuestro plantel educativo abrió sus puertas el 16 de enero de 1976, ha contado con lo necesario, tanto en el aspecto teórico como el práctico para impartir la carrera de Ingeniería Civil. Específicamente, al Laboratorio de Hidráulica se le dotó con el Canal de Flujo Universal (motivo de este trabajo), junto con otros equipos y del cual replico los siguientes datos de interés, *obtenidos gracias al apoyo y facilidades que me brindo el departamento del Patronato Universitario de la FES Aragón.*

PATRONATO UNIVERSITARIO
DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO UNIVERSITARIO
Sistema Integral de Control Patrimonial (SICOP)
Reporte de Bienes Asignados a la Dependencia.

FECHA: 16/MAY/2014
HORA: 13:10

Dependencia: 444.01 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ARAGON"

Del Número de Inventario 00257928 al 00257928

Bienes Con Número de Inventario.

Núm. de Inventario	Folio	Nombre del Bien	Tpo. Adq.	Doc. de Adq.	Fec. de Adq.	Costo Bien	Marca	Serie	Modelo	Fec. de Proc.	Estatus
00257928	DCUBX015782	CANAL DE FLUJO	PED.	NAL. SD	01/JUN/1979	640,292.000	PLINT&PARTNERS	LTDE36/4770	SM	02/OCT/2001	BAJAS
Total: 1											

De la información anterior resaltan dos datos de gran importancia los cuales son:

- 1) Su precio que fue de \$640,292.00 y
- 2) La fecha de adquisición, 01/06/1979.



2.2 Localización y ubicación

El Canal de Flujo Universal se encuentra en las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Aragón pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México, dentro del edificio del Laboratorio L2 planta baja en el área de Hidráulica y Fluidos, perteneciente a la carrera de Ingeniería Civil. La Figura 2.1 se destaca la entrada al Laboratorio.

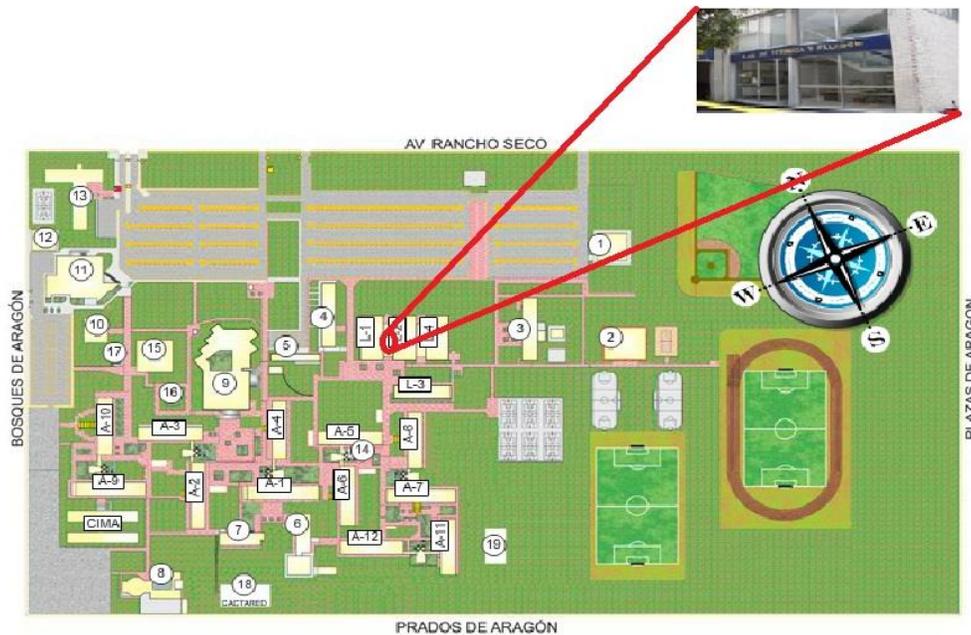


Figura 2.1 Croquis de la FES Aragón con detalle al acceso del Laboratorio L2.

Imagen tomada del sitio: http://www.aragon.unam.mx/nuestra_facultad/mapa_fes/mapa.html
Fecha de actualización 31/12/13 y modificada para detalle del laboratorio.

2.3 Descripción y características principales del CFU

Para comprender la magnitud de los trabajos desarrollados, respecto al mantenimiento del equipo que nos ocupa, es necesario primero pormenorizar los componentes que integra el CFU. Y para tal efecto, lo he dividido en tres secciones principales, a saber:

1. De escurrimiento del flujo.
2. De descarga, contención y recirculación del flujo.
3. De control y medición del flujo.



Enseguida se desarrolla con cierta generalidad, los diferentes componentes arriba mencionados, que integran al Canal de Flujo Universal (Figura 2.2).

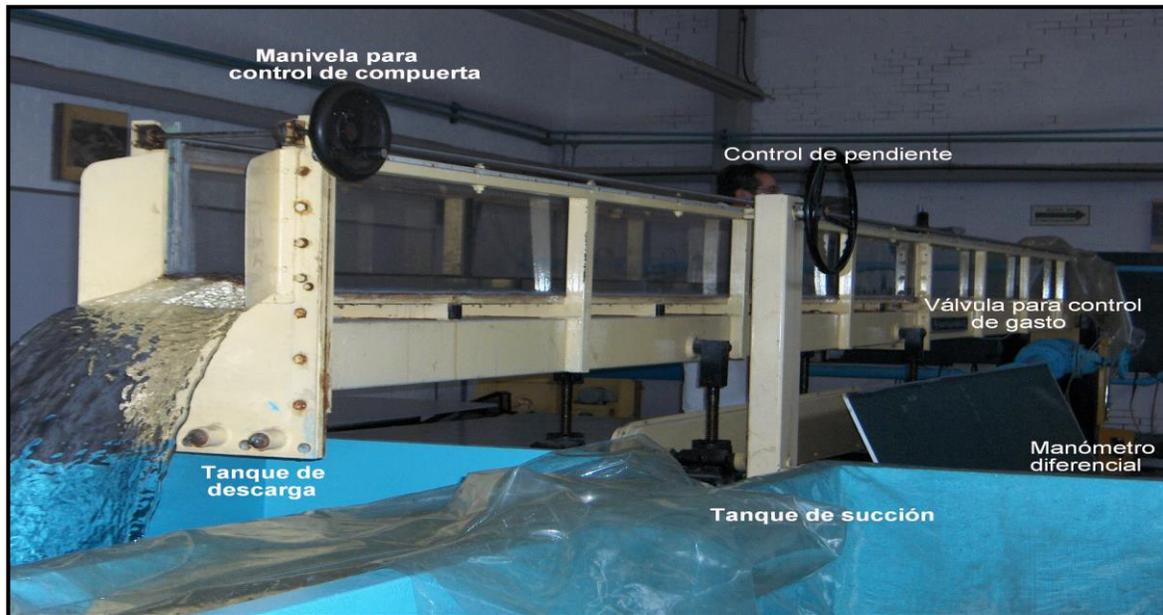


Figura 2.2 Vista lateral izquierda del CFU, donde se distinguen las diferentes secciones que lo integran.

En la Figura 2.2 se aprecia el CFU en funcionamiento dentro del entorno de las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica, mucho antes de las actividades de reparación, con la intención de reconocer las secciones que lo integran (las cuales serán explicadas adelante) además se hace notar su gran tamaño, lo que propicia permanezca en una sola ubicación.

I. Sección de escurrimiento del flujo

Se conoce también como zona de trabajo (Figura 2.3), debido a que sobre ella se colocan los accesorios para reproducir los fenómenos que ocurren en un flujo de agua en movimiento y que se desean experimentar. Integrada por un módulo que forma un canal rectangular a una altura sobre el suelo de 2 [m], tiene un largo de 8 [m] y una extensión de 0.77 [m] de largo de tolva. Esta soportado principalmente por una viga de acero rectangular, de dimensiones 8 X 0.34 X 0.56 [m] de largo, de ancho y de alto respectivamente, la cual se halla apoyada sobre cuatro columnas ancladas al piso y que se describen en la sección de control y medición del flujo, por considerarse parte de la misma.

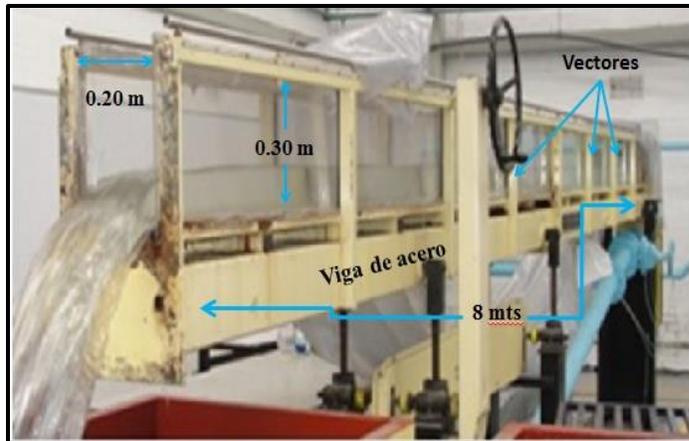


Figura 2.3 Sección de escurrimiento de flujo o de trabajo.

La estructura que da rigidez al módulo del canal rectangular lo conforma un marco de acero conformado por perfiles cuadrados. Los verticales tienen una longitud de 0.3 [m] y 0.5 [m] de ancho y de alto, están separados a 1 [m] y soldados en la parte inferior a la viga horizontal base (ya descrita). Un horizontal cierra el

marco en la parte superior y cuenta con una longitud de 8 [m] y 0.4 [m] de ancho y de alto.

Sobre el perfil horizontal que cierra el marco está colocado un macizo circular de acero inoxidable de diámetro de $\frac{6}{8}$ " atornillado al mismo y dividido en 2 secciones de 4 metros de largo unidos entre sí de forma continua por medio de un perno (Figura 2.4) cuya principal función es colocar y deslizar dispositivos o accesorios necesarios para la experimentación.

El fondo del módulo que forma el canal, se conoce técnicamente como plantilla y en este caso está compuesta por cuatro placas de aluminio de dimensiones cada una de 2 [m] de largo, de 0.20 [m] de ancho y $\frac{1}{16}$ " de espesor, colocadas en serie y sujetas a un perfil tipo L de acero con tornillos de cuerda



Figura 2.4 Esqueleto de la sección I con los macizos de acero inoxidable en la parte superior y el Limnómetro instalado.

milimétrica de $\frac{3}{16}$ " x $1\frac{1}{2}$ ", cada tornillo embona en un resorte el cual permite un ajuste fino para lograr la misma elevación en todo el plano de las placas.



El perfil en L esta soldado a la viga principal de esta sección (Figura 2.5). Los resortes se hallan colocados entre la plantilla y dicho perfil, generando un juego conformado por la plantilla en la cima, el resorte en la parte intermedia y el perfil como base, que permite lograr una nivelación de la pendiente a 0° en todo lo largo de los 8 [m] de trabajo.



Figura 2.5 Vista inferior de la sección en L con un resorte de ajuste ensamblado.



Figura 2.6 Sección de trabajo, énfasis en las paredes laterales constituidas por cristal y la plantilla hecha de acero con un acabado espejo de pulido.

Las paredes laterales del canal se forman de vidrio (Figura 2.6) y policarbonato transparente.

En los extremos finales del canal están colocados 4 tornillos de $\frac{3}{16} \times \frac{3}{8}$ cuerda milimétrica que finalizan la sujeción de la plantilla a la estructura de esta sección.

- En el extremo de enfrente, se halla una compuerta rectangular con su manivela, la cual permite modificar las

condiciones de escurrimiento del flujo y que no será descrita en este momento ya que se considera que forma parte de la sección III en la que se detalla (Figura 2.2).



- En el extremo posterior, está colocada la tolva que une la tubería de recirculación (Sección II) al módulo rectangular. La tolva está fabricada en lámina de acero inoxidable y conectada a la Sección I por medio de tornillos. La principal función es de servir como enlace entre el flujo impulsado por la bomba y el necesario para formar el escurrimiento a superficie libre. En la parte superior de la misma se sitúa una tapa rectangular hecha igualmente de acero inoxidable, que impide la entrada de impurezas al agua que es contenida en la tolva. Además en su interior tiene integrada una rejilla rectangular hecha de aluminio, la cual sirve para filtrar de impurezas y disminuir la velocidad del flujo de agua que sale, así como garantizar un flujo tranquilo para la experimentación.

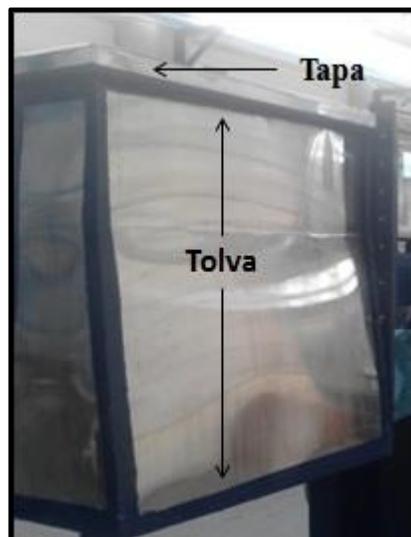


Figura 2.7 Tolva de acero inoxidable con su tapa en la parte superior.

➤ **Aditamentos adicionales**

Estos son elementos complemento (Tabla 2.1) pertenecientes al Canal de Flujo Universal, sin embargo no se encuentran integrados permanentemente a este, son removibles y pueden o no ser usados, ya que cada uno tiene una función específica, para crear diferentes fenómenos dentro de la sección de trabajo. Algunos de ellos están resguardados en un contenedor especial de madera y otros bajo supervisión y control del personal del laboratorio, en los anaqueles del almacén del laboratorio.

Tabla 2.1 Aditamentos adicionales del CFU

Dispositivo	Imagen	Observaciones
<p>Figura 2.8 Llave Hexagonal.</p>		Llave de acero.
<p>Figura 2.9 Compuertas rectangulares con base de sujeción.</p>		Una de aluminio y la otra de acrílico
<p>Figura 2.10 Un par de transiciones de la sección transversal.</p>		Fabricadas en acrílico.

Tabla 2.1 Aditamentos adicionales del CFU.....(continuación)

Dispositivo	Imagen	Observaciones
<p>Figura 2.11 Base para tubo de Pitot</p>		Fabricada en acero, es una pieza única.
<p>Figura 2.12 Tornillos para sujeción de dispositivos.</p>		Tornillos fabricados en acero.
<p>Figura 2.13 Cimacio Creager de acrílico.</p>		Fabricado en acrílico, es pieza única.

Tabla 2.1 Aditamentos adicionales del CFU.....(continuación)

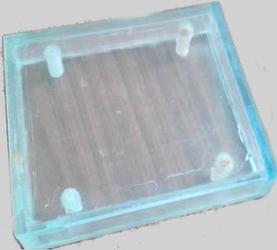
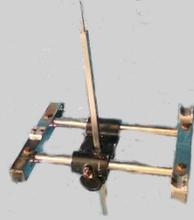
Dispositivo	Imagen	Observaciones
Figura 2.14 Vertedor rectangular.		Fabricada en aluminio, pieza única.
Figura 2.15 Escalón rectangular.		Componente hecho de acrílico, pieza única.
Figura 2.16 Tubo de Pitot.		Pieza única.

Tabla 2.1 Aditamentos adicionales del CFU.....(continuación)

Dispositivo	Imagen	Observaciones
Figura 2.17 Limnómetro.		Dispositivo calibrado, hecho en acero inoxidable, pieza única.
Figura 2.18 Vertedor Escalonado.		Vertedor de cristal, pieza única del CFU.
Figura 2.19 Vertedor salto de Esquí.		Fabricada en concreto, pieza única del Canal.



II. Sección de descarga, contención y recirculación del flujo

En esta segunda sección del equipo es donde inicia el corrido del agua para la experimentación, debido a que aquí primero se almacena y después comienza la circulación del flujo sobre el canal como consecuencia del trabajo generado por una bomba, una vez cumplido el recorrido el agua es nuevamente contenida.

- ◆ El almacenamiento se lleva a cabo en dos tanques contenedores e interconectados (Figura 2.20) que proporciona un volumen útil de $4.607 \text{ [m}^3\text{]}$.
- ◆ La recirculación del flujo empieza en un codo, localizado dentro de uno de los tanques y que sirve de succión a la bomba hidráulica de tipo centrífuga cuya descarga es a una tubería de acero conectada en serie mediante bridas que culmina en la tolva que abastece a la primera sección (Figura 2.7).



Figura 2.20 Vista lateral del tanque contenedor y la bomba hidráulica.

Elementos que constituyen la Sección II

A. *Contenedor*

Tiene forma de U compuesto por dos contenedores unidos entre sí, hechos de lámina de acero de las siguientes dimensiones:

- 2.19 metros de largo.
- 1.985 metros de ancho.
- 1.06 metros de alto.



- Cuenta en la parte inferior izquierda con una válvula de desagüe que permite descargar el tanque cuando es necesario (Figura 2.21), ya sea porque el equipo dejara de ser utilizado por un periodo de tiempo largo (como por ejemplo durante el periodo de vacaciones) o debido a que el agua se encuentra sucia para la experimentación.
- En su interior reside un codo fabricado en acero y recubierto con fibra de vidrio por donde el agua que esta almacenada es succionada para reabastecer al Canal, este se halla unido al tanque y a la vez se encuentra conectado con la bomba por medio de una brida y una serie de tornillos distribuidos en la misma (Figura 2.22).



Figura 2.21 Válvula de desagüe.



Figura 2.22 Codo Curva en el interior del tanque de contención.

B. Bomba hidráulica.

La bomba se localiza a un costado de la Sección I, en la parte trasera del tanque y no cuenta con especificaciones por parte del proveedor.

C. Tubería de descarga

El agua succionada por la bomba es conducida por una tubería de acero de 0.16 [m] de diámetro dividida en seis secciones unidas entre sí por bridas de 0.26 [m] diámetro, conectadas por tornillos de acero. Entre las uniones se encuentran polímeros que funcionan como juntas o selladores para evitar que el agua que circula se derrame y/o provoque una fuga. Las uniones o bridas de la tubería hasta conectar con la tolva son circulares, cuentan con 8 tornillos a lo largo de su circunferencia con las siguientes medidas $\frac{5}{8}$ pulgada \times $3\frac{3}{16}$ pulgadas.

La tubería se encuentra ubicada en el espacio libre que se halla bajo la Sección I.



En la Figura 2.23 se aprecia visualmente la ubicación de la bomba hidráulica, el tanque contenedor y finalmente es posible observar la posición, ubicación y entorno de la tubería, en la cual el agua circula antes de llegar a la tolva.



Figura 2.23 Sección III o de contención, integrado por: (1) tanque de almacenamiento, (2) bomba hidráulica y (3) tubería de circulación.

III. Sección de control y medición de flujo

Esta última división que se ha considerado, corresponde a los mecanismos e instrumentos que tiene integrado el canal que permiten medir, controlar y modificar

con precisión aceptable, las condiciones de experimentación referentes al flujo de agua y el entorno en el que se desarrolla.

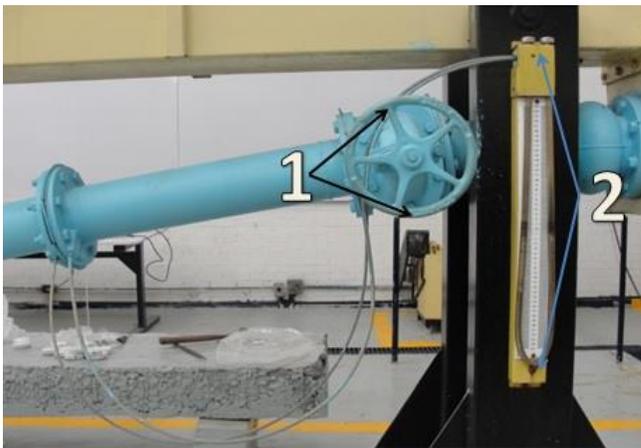


Figura 2.24 (1) Válvula de control de flujo y (2) manómetro de mercurio.

a) **Control del flujo de agua**

El CFU dispone de una válvula de compuerta (Figura 2.24) que modera la cantidad de flujo que regresa a la sección de trabajo mediante la disminución del área de la sección

transversal de la tubería, lo que altera directamente la velocidad de escurrimiento del flujo. Esta se halla ubicada 0.50 [m] antes de la tolva, además de ser la sexta sección que conforman la tubería de circulación. Su funcionamiento se lleva acabo



tras hacer girar del maneral o volante, en sentido anti horario esta se cierra y en sentido horario se abre.

A un costado de la válvula antes mencionada y como se aprecia en la Figura 2.24 se encuentra un manómetro diferencial de mercurio que mide la velocidad del fluido mediante los cambios de presión. El fabricante proporciona la siguiente ecuación por la cual es posible conocer la cantidad de gasto que circula en el canal:

$$Q = 7.124\sqrt{\Delta h} \dots\dots\dots (2.1)$$

dónde:

Q = Gasto, en l.p.s.

Δh = Diferencia de alturas entre los meniscos de mercurio del manómetro diferencial, en cm.

7.124 = Constante

Otro dispositivo colocado en el extremo final de la primera sección, es decir, donde el agua desemboca hacia el tanque de contención, es una compuerta (Figura 2.2), la cual es operada con una pequeña manivela que se ubica del mismo lado donde se localiza la bomba hidráulica (lado izquierdo), cuyo giro horario hace posible mover la compuerta de forma vertical ascendente y viceversa, con la finalidad de obstruir el paso del agua para generar algunos fenómenos de interés en la experimentación. Es importante señalar que siempre se debe tener cuidado de no obstruir por completo la salida del fluido, ya que este se podría derramar por los costados del equipo.

El mecanismo que produce el movimiento de la compuerta es un par de reglillas dentadas o cremalleras, unidas a esta con ayuda de pequeños tornillos. Estas reglillas hacen juego con un par de engranes fijos, colocados en la parte superior en esta área de trabajo, y mediante la manivela que hace girar los engranes la compuerta es ubicada a la altura que se necesite.

b) Control de las condiciones en el entorno del experimento

En la sección I (Figura 2.2) al del lado izquierdo se encuentra la manivela que regula la altura de la pendiente, situada a un costado del equipo y a la misma altura de dicha sección.



Figura 2.25 Vista Inferior del Canal de Flujo Universal.

En la Figura 2.25 observamos 4 vástagos, apoyado sobre sus respectivos pilares, los cuales tienen la función de modificar la pendiente del canal cuando se hace girar la manivela (visible en la Figura 2.3 y 2.2), llevando con ello alterar el valor de la pendiente de forma positiva en sentido horario e inversamente en negativo, es decir en sentido anti horario la pendiente se eleva.

Lo anterior es físicamente posible gracias a que la manivela interactúa con los vástagos, los que a su vez están interconectados a un sistema compuesto de engranes y cadenas ubicados en la parte interna, manifestándose en un movimiento ascendente y descendente de la pendiente según se requiera.

Con la finalidad de saber de forma cuantitativa la posición en la que se halla el canal, este consta de un contador numérico (Figura 2.26) ubicado atrás de la manivela, el cual viene calibrado de fabricante en el número de revoluciones, por medio del cual es posible saber la pendiente después de buscar un valor deseado que posee en ese momento en la tabla de calibración (Tabla 2.2).



Figura 2.26 Contador numérico de la pendiente.



Escala	Pendiente
999102	0.000
999038	0.002
998974	0.003
998910	0.004
998846	0.005
998782	0.006
998718	0.006
998654	0.007
998590	0.008
998526	0.009
998462	0.010
998398	0.011
998334	0.012
998270	0.013
998206	0.014
998142	0.015

Tabla 2.2 Calibración de la pendiente.

Características

La característica principal del CFU es que permite la realización de diversos experimentos dentro de la instalaciones cerradas del Laboratorio de Hidráulica, simulando fenómenos que posiblemente serán vistos en la vida profesional del Ingeniero Civil, bajo condiciones casi ideales, ya que debido a la propia naturaleza del equipo, este permite tener un control casi al 100% del entorno donde se lleva a cabo el experimento.

El Canal presenta superficies en su mayoría ideales, es decir las superficies por donde circula el agua son casi 100% lisas, lo que permite que el agua se vea alterada por la rugosidad de los materiales (cristal, acero) en un valor mínimo.

Como se ha hecho mención, la pendiente del equipo puede ser modificada, así como, la cantidad de agua y la forma en que circula.

Un inconveniente propio y que a largo plazo resulta en un serio problema, es que al ser un equipo tan grande y de dimensiones extensas e instalación fija no puede ser desarmado con gran frecuencia o movido de posición, a menos de ser realmente necesario, por lo que en caso de presentar fallas se deberá de esperar hasta un punto en donde el equipo sea evaluado y se autorice su desmantelamiento.



Las características que el CFU presenta y por las cuales lo hace un equipo valioso para la ejecución de las prácticas de laboratorio son las siguientes:

a) Sección I

1. Forma rectangular es constante.
2. La plantilla está hecha de tal manera que en ella es posible montar y desmontar dispositivos adicionales para experimentar, lo que permiten modificar el comportamiento del agua cuando este atraviesa la zona de trabajo
3. Valores bajos de rugosidad del material, facilitando que el agua circule con escasa resistencia al movimiento.
4. Paredes laterales de cristal transparente, que permiten un alto grado de visualización de lo que ocurre al momento de experimentar.
5. Adecuada transición de escurrimiento de flujo a presión en una superficie libre.

b) Sección II

6. Capacidad de contener 4.607 [m³] de agua.
7. Tubería de acero
8. Bomba hidráulica para hacer circular el agua a través del equipo.

c) Sección III

9. Pendiente variable.
10. Gasto variable.
11. Facilidad de medición de la velocidad del agua, mediante el manómetro diferencial.
12. Manivela que proporciona un control preciso de la altura deseable en la compuerta.
13. Válvula de compuerta que permite un mayor control del flujo.



2.4 Condiciones físicas de funcionamiento y problemática existente

A continuación se presenta las condiciones en las cuales se hallaba el CFU, estas se han agrupado de acuerdo a las secciones descritas para ayudar a una mejor comprensión y entendimiento.

I. Sección de escurrimiento del flujo

Los daños provocados debido al paso del tiempo y el continuo uso del equipo, más notables se presentaron en la estructura metálica que conforma el cuerpo de esta sección. El constante flujo de agua y el tiempo oxidó hasta perforar la estructura, creando en diversas zonas orificios, teniendo como consecuencia un escurrimiento indeseado lo que generaba un área de trabajo de riesgo, debido a lo anterior los usuarios podían resbalarse con el agua que emanaba del Canal provocándose así un accidente. En la Figura 2.27 se aprecia el deterioro ocasionado por la oxidación.



Figura 2.27 Estructura de acero dañada en la Sección I.

Las paredes laterales presentaban golpes y fracturas las cuales fueron reparadas utilizando silicón (Figura 2.28) además de ralladuras y apocamiento visual, estos deterioros propiciaba desde el punto de vista estético un aspecto de mala calidad, además el sello que mantenía unido las paredes a la estructura metálica comenzó a perder resistencia teniendo como derivación que las paredes se fueran despegando en algunos puntos de los 8 metros de trabajo.

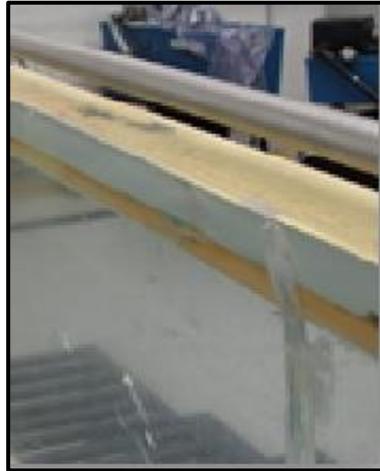


Figura 2.28 Sello de silicón en la estructura visual lateral del Canal de Flujo.

Finalmente la plantilla se encontraba opacada y sucia.

II. Sección de descarga, contención y recirculación del flujo

A causa de los largos periodos de tiempo que el agua permanece en el contenedor, esta fue desgastando la pintura y oxidando (Figura 2.29) el propio material produciendo en ciertas zonas que se generaran pequeñas perforaciones (Figura 2.30).



Figura 2.29 Oxidación típica y general dentro del tanque de contención.



Figura 2.30 Daños general al tanque de contención debido a la oxidación.

Cabe mencionar que el tanque no cuenta con un protector en la parte superior (tapa) que impida el ingreso de impurezas, objetos indeseados o ajenos al equipo, los cuales puedan afectar el desempeño del mismo al momento de realizar las prácticas.



El funcionamiento de la bomba siempre ha sido el idóneo para las prácticas, esta solo tenía algo de polvo acumulado en la parte exterior lo que provoco que la pintura se viera opacada, en la tubería la pintura presentaba las mismas condiciones y lo que corresponde a sus accesorios tales como las bridas y las juntas se hallaban en buenas condiciones.

III. Sección control y medición de flujo

a. Control del flujo de agua.

La válvula que regula la cantidad de flujo que ingresa a la primera sección, presentaba fugas notables al momento en que esta era abierta lo cual provocaba el derrame de agua en el área de trabajo, conjuntamente el empaque de fibra de carbón con que esta cuenta estaba en condiciones de deterioradas.

El manómetro diferencial por el uso y el paso del tiempo tenía impurezas en la sección donde se encuentra el almacenado el mercurio, como se aprecia en la Figura 2.23, las mangueras del tubo en U se ensuciaron y perdieron transparencia, la cual es importante a la hora de estar tomando las medidas.

La compuerta de la sección I (Figura 2.2) físicamente presentaba suciedad, en el caso de las cremalleras responsables de generar el movimiento ascendente y descendente de la misma se hallaban rotas y deterioradas, finalmente los engranes presentaban oxidación.

b. Control en las condiciones en el entorno del experimento.

En lo referente a los dispositivos que controlan las condiciones físicas del Canal como son la manivela de pendiente, el contador numérico, y los vástagos junto con los pilares solo mostraban suciedad causado por la acumulación de polvo provocando un opacamiento en la propia pintura.



Diagnóstico del equipo

Conociendo las condiciones del CFU se determinó:

I. Sección de escurrimiento del flujo

- a) El estado actual en la estructura física de los macizos de acero es bueno, solo presentan una pérdida notable de brillo.
- b) La cinta métrica metálica a lo largo de los 8 metros de trabajo se halla oxidada.
- c) Las paredes de cristal se aprecian con daños parciales irreversibles y las de policarbonato se hallan desprendidas con respecto a la estructura metálica, además moderadamente sucias y opacas.
- d) El acero que corresponde a la sección L se encuentra altamente deteriorado por la oxidación y en algunas zonas con alto grado de corrosión lo que provoca la desintegración del material a lo largo de la sección y causando la discontinuidad en dicha área.
- e) La plantilla ha perdido su brillo original, debido a la evaporación de restos de agua y suciedad sobre la misma.
- f) Los resortes de ajuste de la plantilla están deteriorados por oxidación en un 20%.
- g) La tolva no necesita de gran arreglo ya que funciona correctamente, sin embargo la tapa exhibe ciertas perforaciones en diversas áreas generando oxidación y degradación constante. La malla metálica ubicada en el interior se encuentra sucia por retención de residuos e impurezas que lograron introducirse en el equipo, así mismo presenta daños en los puntos de sujeción.
- h) La apariencia en el color de la pintura del CFU hasta el momento de la evaluación es regular, debido al trabajo de reparación que se llevara a cabo se consideró pertinente realizar un cambio general, además cabe mencionar que en el equipo se presentan varias capas de pintura una sobre otra.



II. Sección de descarga, contención y recirculación del flujo

- a) El tanque de contención presenta fugas en diversos puntos con tendencia a expandirse, lo que origina una fuerte corrosión causante del desprendimiento de la pintura que lo recubre.
- b) La bomba, pese al tiempo de uso que tiene no muestra indicios de pérdida sustancial en su eficiencia o funcionamiento.
- c) La tubería no tiene perforaciones o índices de daños por oxidación o corrosión, lo cual sugiere que no debe ser reemplazada o modificada.

III. Sección control y medición de flujo

- a) La válvula que controla el flujo de agua, al momento de operarse presenta una fuga notable de líquido.
- b) El manómetro diferencial, tiene diversos problemas:
 - Existe una reducción notoria del área de la manguera que contiene el mercurio en la zona donde se forma una curva U, además de haber perdido transparencia debido al tiempo de uso.
 - El mercurio se halla contaminado debido a la presencia de hongo acumulado junto al mismo.
 - Los componentes metálicos lucen oxidados.
 - Al momento de estar apagado el CFU los meniscos muestran un grado de desajuste en el calibrado.
- c) Respecto a la compuerta de la Sección se encontró:
 - Oxidación en el cuerpo.
 - Fugas en la base.
 - Daño irreparable en la cremallera debido a que se presenta pérdida de dientes en ella.
 - Los engranes no manifiestan daño alguno en su estructura física, solo un poco de oxidación superficial.



2.5 Alternativa y análisis comparativo de distintas soluciones

Para poder llevar a cabo el mantenimiento correctivo en el CFU, es necesario conocer primeramente las diferentes opciones a emplear, sus alcances y limitaciones, tanto de disponibilidad, así como la infraestructura requerida para su realización (Tablas 2.4 a 2.15). Referente a este último punto, hago mención que dentro de las instalaciones de los laboratorios L1 y L2, se cuenta con diferentes máquinas, herramientas y equipos con los cuales es posible apoyarse para realizar las actividades de mantenimiento, dentro de las cuales se mencionan algunas en la tabla 2.3.

FUNCIÓN	EQUIPO, MAQUINA Y HERRAMIENTA DISPONIBLE
Modificación física y mecánica de diferentes materiales (metales, no metales, maderas y polímeros)	Torno, Fresadora, Esmeriladora, Cizalla, Dobladora, Sierras, Fragua, Equipos para soldar, Cepilladora.
Protección personal	Peto, Goggles, guantes, casco, careta.
Herramientas básicas	Flexómetro, juego de llaves (varios tipos), desarmadores (varios tipos), taladros y brocas, esmeril angular, calafateadora, etcétera.
Otros	Ácidos, equipo de laboratorio químico.

Tabla 2.3 Equipo disponible dentro de las instalaciones de los laboratorios.



SECCIÓN DE ESCURRIMIENTO DE FLUJO			
COMPONENTE: MACIZOS DE ACERO			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Pulir	El acabado final es de gran calidad, su tiempo de duración es a largo plazo, y se asegura que el deterioro se mantenga en niveles mínimos.	El costo es alto, además no se cuenta con la maquinaria y herramienta para realizar el trabajo por lo que resulta necesario contratar un tercero, provocando que el tiempo de entrega dependa del proveedor.	Acabado.- La opción A presenta alto brillo y un grado bajo de porosidad en comparación de B. Costo.- El precio de pulir es mayor que limpiar.
B) Limpiar	El costo de operación es bajo, los materiales necesarios se pueden adquirir con facilidad (thinner, estopa, jabón) ⁴ . No se necesita maquinaria o equipo especial además de que cualquier persona puede llevarlo a cabo.	La presentación final no es de gran calidad y el periodo de tiempo útil resulta a corto plazo, finalmente la rugosidad de los mismos resulta demasiada.	Duración.- El mayor tiempo de permanencia de la alternativa A es mayor a B. Proveedor.- No se requiere de un proveedor para limpiar los macizos, en el caso de pulir es necesario.

Tabla 2.4 Tabla de soluciones comparativa (Macizos de acero).

SECCIÓN DE ESCURRIMIENTO DE FLUJO			
COMPONENTE: CINTA MÉTRICA			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Reemplazar	El resultado final que se obtiene es bueno y económicamente se encuentra al alcance ⁵ .	Se corre el riesgo de no encontrar el mismo modelo de cinta que la original.	Acabado.- Al ser nueva la cinta luce mejor a diferencia de limpiarla.
B) Limpiar y volver a usar	El costo es bajo, los materiales necesarios se pueden adquirir con facilidad (thinner, estopa, jabón) y no se necesita de equipo especial.	No es de gran calidad el acabado final además de ser una solución a mediano plazo ya que no se asegura eliminar al 100% la oxidación.	Costo.- El costo varía poco entre ambas opciones. Duración.- El tiempo de vida útil es mayor en la opción A que en B.

Tabla 2.5 Tabla de soluciones comparativa (Cinta métrica).

⁴ 27/09/15, The Home Depot, <http://www.homedepot.com.mx/comprar/es/tepic/home>

⁵ 27/09/15, Cinta Métrica Bmi Hergom, http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-515910521-cinta-metrica-bmi-hergom-_JM



SECCIÓN DE ESCURRIMIENTO DE FLUJO			
COMPONENTE: PAREDES LATERALES			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Reemplazar por cristal templado	La resistencia al impacto o fractura ⁶ es alta lo que genera que sea un cambio con duración a largo plazo y brinda una buena visibilidad.	Es necesario buscar un proveedor especializado por lo que el precio es elevado.	<p>Resistencia al impacto.- La opción A muestra una mayor resistencia que las demás opciones.</p> <p>Duración.- Las opciones A, B, C, y D tienen tiempos de vida útil aceptables.</p> <p>Precio.- El precio del cristal templado es mayor a las demás opciones, el cristal común tiene un precio parecido al acrílico.</p> <p>Visibilidad.- El cristal templado, común y el acrílico tienen buena visibilidad, pero el tiempo que tarda en perderse este es menor en el acrílico.</p> <p>Proveedor.- El acrílico y el cristal común no requieren de un proveedor especializado, lo que no es el caso del cristal templado.</p>
B) Reemplazar por cristal común	Su costo de adquisición es aceptable ⁷ y no se necesita de un proveedor especializado, el tiempo de durabilidad es a mediano plazo. Brinda buena visibilidad a través de él.	La resistencia al impacto o fractura es baja.	
C) Colocar solamente policarbonato o acrílico	Es un material que presenta resultados adecuados ⁸ . El costo de adquisición es aceptable.	La resistencia a fracturas es baja además a largo plazo el material comienza a opacarse de forma gradual y permanente.	
D) Volver a usar los mismos materiales	No se genera gastos de adquisición adicionales.	El estado físico de los materiales ya no cubren los requisitos necesarios para seguir utilizándolos.	
E) Utilizar otro tipo de material	Dependiendo del material este puede llegar a durar mucho tiempo además de que el costo de compra puede ser bajo.	Como no se sabe específicamente el tipo de material a emplear se desconocen las características físicas y mecánicas.	

Tabla 2.6 Tabla de soluciones comparativa (Paredes laterales).

⁶ 27/09/2015, INFORMACION Y CARACTERISTICAS DEL CRISTAL TEMPLADO, <http://www.vitrauld.com.mx/anexo1.php> ;

27/09/2015, CRISTALDUR, <http://www.reviesa.es/?sec=caracteristicas>

⁷ 27/09/2015, VIDRIO, <http://www.costonet.com.mx/vidrio>

⁸ 27/08/2015, POLICARBONATO SOLIDO PARA USO GENERAL, <http://www.plasticoslevinson.com/policarbonato/?gclid=COibgLm9oMgCFZKAaQodjmANzA>



SECCIÓN DE ESCURRIMIENTO DE FLUJO COMPONENTE: ACERO DE LA SECCIÓN EN L			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Reemplazar con acero inoxidable	Las propiedades físicas del material ⁹ resultan adecuadas para las necesidades que se tienen, se asegura un tiempo de vida útil a largo plazo, además de una buena presentación final, también se cuenta con la herramienta adecuada para trabajar con el mismo.	Es necesario buscar un proveedor especializado por lo que el costo de adquisición es elevado.	Propiedades físicas y mecánicas.- El material con las mejores características de todas las opciones lo presenta A. Proveedor.- La opción B y C no necesitan de un proveedor especializado, en cambio la opción A así lo requiere. Costo.- La alternativa más cara es la A, seguida de la alternativa B y finalmente la C. Durabilidad.- El tiempo de vida útil del acero común es menor que el acero inoxidable, la opción C no presenta un dato específico al respecto.
B) Reemplazar por acero común	No se necesita de un proveedor especializado, ocasionando que sea fácilmente adquirirlo, su costo es relativamente bajo y se cuenta con la herramienta adecuada para trabajar con el mismo en las instalaciones.	El tiempo de vida útil es a mediano plazo a pesar de tener buenas propiedades físicas y mecánicas ¹⁰ .	
C) Utilizar otro tipo de material	Dependiendo del material a escoger el costo de adquisición puede ser bajo, de igual forma puede o no requerir de un proveedor especializado.	Como no se sabe el tipo de material específico a emplear se desconoce las propiedades físicas y mecánicas del mismo, así como el tiempo de vida útil.	
D) Dejarlo en su condición actual	Al no realizar ningún trabajo de reparación el tiempo de utilidad es menor y no genera un adicional.	El material ya no se encuentra en las condiciones mínimas ideales para ser reutilizado.	

Tabla 2.7 Tabla de soluciones comparativa (Sección en L).

⁹ 27/08/2015, PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE, <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3319/55868-4.pdf?sequence=4>

¹⁰ 27/08/2015, CARACTERISTICAS MECANICAS DEL ACERO, <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>



SECCIÓN DE ESCURRIMIENTO DE FLUJO COMPONENTE: PLANTILLA			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Sustituir	La condición física de la misma sería la de un equipo nuevo.	El proceso que se necesita para dejar la plantilla en su estado final no se puede llevar a cabo en las instalaciones, lo que requiere contratar de un proveedor especializado generando un alto costo.	Acabado.- Sustituir y pulir la plantilla brinda un excelente resultado ya que el brillo es alto y el grado de porosidad es mínimo, C presenta resultados inferiores que las opciones anteriores.
B) Lavar y limpiar	Los materiales a ocupar se adquieren con facilidad y el costo de los mismos es bajo. Es posible llevar a cabo la operación en las instalaciones del plantel.	El acabado final no es de gran calidad, además de que no se garantiza que se recobre su brillo original y el grado de porosidad es elevado.	Maquinaria.- En el caso particular de A y C no se cuenta con el equipo necesario en las instalaciones y en la opción B no necesita de maquinaria especializada.
C) Pulir	El acabado tipo espejo es de muy buena calidad y el grado de porosidad es mínimo.	No se dispone dentro de las instalaciones con el equipo necesario para realizar la operación lo que ocasiona que se tenga que contratar a un tercero especializado por lo que el costo es alto.	Costo.- El costo de sustituir es mayor a las demás opciones, C es más barato que A, pero aún sigue siendo elevado el precio en comparación de B.
D) Dejarla en su condición actual	Se evitaría generar un gasto adicional.	El grado de porosidad actual presente en la plantilla es alto.	Proveedor.- Las opciones A y B necesitan de un proveedor, sin embargo C no requiere de ello.

Tabla 2.8 Tabla de soluciones comparativa (Plantilla).



SECCIÓN DE ESCURRIMIENTO DE FLUJO			
COMPONENTE: RESORTES DE AJUSTE			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Limpiar y volver a utilizar los mismos	<p>Se cuenta con la mayoría de los resortes sin daños que sugieran su reemplazo, y con un estado físico adecuado para su reutilización no generando así un gasto adicional.</p> <p>El laboratorio cuenta con los materiales necesarios para llevar a cabo la operación.</p>	<p>No todos los resortes se encuentran en condiciones de volver a ser reutilizados.</p>	<p>Resultado.- Las alternativas B y C solucionan de forma excelente la necesidad que se halla presente.</p> <p>Costo.- El precio de A resulta ser el mínimo entre las tres alternativas, y el mayor es B.</p> <p>Duración.- El tiempo de utilidad de las tres opciones es a largo plazo.</p>
B) Reemplazar todos los resortes por nuevos	<p>Los nuevos resortes presentan características físicas y mecánicas similares a los originales que cubren los requerimientos necesarios.</p>	<p>Se genera un gasto adicional.</p>	
C) Cambiar solo los resortes dañados	<p>El costo sería mínimo y pueden cambiarse con facilidad. La vida útil es a largo plazo.</p>	<p>Resulta difícil conseguir los resortes faltantes con las mismas características físicas a los originales.</p>	

Tabla 2.9 Tabla de soluciones comparativa (Resortes de ajuste).



SECCIÓN DE ESCURRIMIENTO DE FLUJO			
COMPONENTE: TOLVA			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Soldar la tapa en la zona dañada	El costo de operación es bajo, cubre con la necesidad presente y se cuenta con el equipo necesario.		Costo.- El costo de reemplazarla es un poco mayor a la opción de soldarla.
B) Reemplazar la tapa	Se puede llevar a cabo la operación en las instalaciones lo que genera que el gasto sea únicamente para la adquisición de los materiales.	No sería la pieza original.	Duración.- La opción B presenta el tiempo de duración mayor entre las tres opciones, aunque A también presenta un tiempo útil a largo plazo.
C) Dejar en la condición actual la tapa	Se evita crear un gasto adicional.	El óxido de la tapa que se desprende cae dentro de la tolva contaminando el agua y ocasionando problemas de sedimento en el depósito de almacenamiento.	Acabado.- Las alternativas A y B brindan buenos resultados, aunque en la opción A el tiempo de ejecución es mucho menor.
D) Reemplazar la malla	El material no es caro además es de fácil adquisición.	El diseño físico de la malla no es habitual por lo que si se desea mandarla a fabricar resulta más caro que comprar el material.	
E) Dejar en la condición actual la malla	Se evita generar un gasto adicional.	El flujo de agua que pasa través de la malla se ve obstruido por las impurezas en la misma.	Costo.- El costo de la alternativa D es mayor en comparación a E y F.
F) Limpiar la malla metálica	Se cuenta con las herramientas necesarias, el costo de operación es bajo y no se necesita de un personal especializado.	La malla se encuentra dañada de forma irreversible en sus extremidades.	Duración.- El tiempo útil de reemplazar es mayor que limpiarla.
G) Pulir. la tolva y su tapa	La presentación final es de muy buena calidad.	Se necesita un proveedor ya que no se cuenta con el equipo necesario y el costo es alto.	Costo.- Pulir resulta más caro que pintar.
H) Pintar junto con su tapa	No se genera un gasto adicional ya que se tiene considerado pintar el CFU y el acabado final es bueno.	Se cubre el brillo propio del material en el que está fabricada (acero).	Acabado.- G y H tienen buenos resultados, cada uno de ellos con cualidades propias. Proveedor.- La opción G requiere de un proveedor especializado, sin embargo eso no es necesario en H.

Tabla 2.10 Tabla de soluciones comparativa (Tolva).



SECCIÓN DE ESCURRIMIENTO DE FLUJO			
PINTURA			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Utilizar pintura común	Es un producto común que se puede conseguir con facilidad a un precio razonable dependiendo de sus características.	El tiempo de vida útil depende de las características propias del producto.	Costo.- Las alternativas B y C resultan las más elevadas en costo, mientras que A se mantiene en un precio moderado.
B) Utiliza pintura automotriz	Es un producto de alta calidad y con una gran variedad, presentan en su mayoría un excelente acabado.	Resulta alto el precio de compra, además de requerir productos especiales para poder trabajar con la misma, como por ejemplo: solvente, lo cual eleva el costo de adquisición.	Acabado.- Los resultados más óptimos los presentan y las opciones B y C al tener estas altos grados de protección al medio ambiente y un alto nivel de brillo. La alternativa A muestra inferiores resultados, tanto visuales como de protección contra el entorno en comparación a las anteriores.
C) Utilizar pintura epoxica	Presenta características químicas y físicas de alta calidad ¹¹ , su presentación final es excelente y de largo plazo.	El precio de adquisición es alto además de tener que requerir de un proveedor especializado, así mismo necesita de un solvente especial en cantidades específicas.	Duración.- La duración de A es menor que B y C, en cambio B y C ambas tienen un tiempo de vida útil a largo plazo.
D) Dejar la pintura actual.	El tiempo de reparación sería menor si no se pinta el equipo además no se generaría un gasto.	La pintura actual luce opaca por el tiempo y el polvo.	Proveedor.- La opción de usar pintura común no necesita de un proveedor especializado, ya que es un producto común, cosa que no ocurre en B y C.

Tabla 2.11 Tabla de soluciones comparativa (Pintura).

¹¹ 29/07/2015, PRODUCTOS EPOXICOS, <http://www.nervion.com.mx/web/literatura/epoxicos.php>



SECCIÓN DE DESCARGA, CONTENCIÓN Y RESIRCULACIÓN DEL FLUJO			
COMPONENTE: TANQUE			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Soldar el área de las fugas	El costo de operación es bajo y se puede llevar dentro de las instalaciones, es una reparación a largo plazo.	No se protege el tanque de futuras perforaciones en toda su área solo en algunas zonas.	Costo.- El precio de la alternativa B es el más elevado de las 3, y C el más económico. Acabado.- La alternativa B ofrece un mejor resultado ya que elimina al 100% las perforaciones y previene que se generen más, en cambio C solo elimina las existentes.
B) Cubrir con fibra de vidrio el interior del tanque	Se puede realizar en las instalaciones, se asegura un sellado de las fugas en un 100% en toda el área el tanque.	La cantidad de material que se requiere para la operación es mucho y el costo de compra es alto ¹² .	Material.- La opción B necesita de material especial para efectuar la operación, en el caso A y C esto no es necesario.
C) Lavar, lijar, sellar y pintar	El costo de la operación es bajo, se puede realizar en las instalaciones y no se necesita de un personal capacitado.	No se asegura un sellado del 100% además de un tiempo de vida útil a corto plazo.	Duración.- El tiempo de utilidad mayor lo brinda la opción B, siendo C la de menor tiempo útil.

Tabla 2.12 Tabla de soluciones comparativa (Tanque).

SECCIÓN DE CONTROL Y MEDICIÓN DEL FLUJO			
COMPONENTE: VALVULA DE CONTROL DE FLUJO			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Cambiar empaque	El laboratorio cuenta con el material necesario (fibra de carbono).		Costo.- Cromar es más caro que pintar.
B) Pintar	No genera un gasto adicional, se aprovecha que se tiene considerado pintar el CFU y el acabado final es bueno.	Se pierde el brillo propio del material del que está fabricada (acero).	Acabado.- B y C presentan buenos resultados finales, cada una con características propias.
C) Cromar	El acabado final es de gran calidad, su tiempo de duración es a largo plazo.	El costo es alto, además no se cuenta con la maquinaria para realizar el trabajo por lo que resulta necesario contratar un tercero lo que provoca que el tiempo de entrega dependa del proveedor.	Proveedor.- La operación de cromado necesita de un proveedor especializado, mientras que el pintar es posible llevarlo a cabo en las instalaciones.

Tabla 2.13 Tabla de soluciones comparativa (Válvula de control de flujo).

¹² 29/09/2015, Kit Fibra De Vidrio Colchoneta Base Poliester, http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-510878969-kit-fibra-de-vidrio-colchoneta-base-poliester-_JM



SECCIÓN DE CONTROL Y MEDICIÓN DEL FLUJO			
COMPONENTE: MANÓMETRO DIFERENCIAL			
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Reemplazar manguera	El resultado de operación es bueno y el tiempo de utilidad es a mediano plazo. El precio de material no es alto y se puede conseguir con facilidad.		Costo.- Sustituir por vidrio resulta más caro que reemplazar o dejar en la misma manguera presente. Duración.- El tiempo de vida útil mayor lo presenta la alternativa B, en comparación de A y C.
B) Sustitución de la manguera por vidrio.	Es un material que no se deforma y es capaz de contener el mercurio necesario.	La presentación necesaria provoca que se requiera contratar un proveedor especializado, elevando el costo de adquisición.	Proveedor.- Sustituir por vidrio es la única alternativa que requiere de un proveedor especializado, en la opción A y C no es necesario.
C) Utilizar la misma manguera	No se genera un gasto adicional.	La condición física es mala para el funcionamiento del CFU, además ya cumplió su tiempo de utilidad.	
D) Cambiar mercurio	El laboratorio tiene material para reemplazar, así se evita crear un gasto adicional.	Se debe de tener precauciones en su manejo ya que es toxico, además se debe tener un lugar específico en donde depositar el mercurio antiguo.	
E) Utilizar el mismo mercurio	No se compromete a que el mercurio se deposite en un lugar inadecuado.	El material se halla en malas condiciones/contaminado, además se halla en una cantidad desajustada.	Acabado.- El estado final de F y G ambos son buenos, con características propias.
F) Cromar los componentes	El acabado final es de gran calidad, su tiempo de duración es a largo plazo.	El costo es alto, además no se cuenta con la maquinaria para realizar el trabajo por lo que resulta necesario contratar un tercero lo que provoca que el tiempo de entrega dependa del proveedor.	Costo.- Cromar es más caro que pintar, además de que requiere de un proveedor especializado. Duración.- Tanto cromar como pintar son alternativas a largo plazo, con características diferentes.
G) Pintar los componentes	No genera un gasto adicional ya que se aprovecha el hecho de que se tiene considerado pintar el CFU, el acabado final es bueno y a largo plazo.	Se pierde el brillo propio del material del que está fabricada (acero).	

Tabla 2.14 Tabla de soluciones comparativa (Manómetro diferencial).



SECCIÓN DE CONTROL Y MEDICIÓN DEL FLUJO

COMPONENTE: COMPUERTA

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMPARATIVO
A) Cromar el cuerpo de la compuerta y los engranes	El acabado final es de gran calidad, su tiempo de duración es a largo plazo.	El costo es alto, además no se cuenta con la maquinaria para realizar el trabajo por lo que resulta necesario contratar un tercero lo que provoca que el tiempo de entrega dependa del proveedor.	Acabado.- Cromar y pintar tienen un resultado final bueno, con diferentes características. Sin embargo la alternativa A requiere de un proveedor especial.
B) Pintar el cuerpo de la compuerta y los engranes	No se genera un gasto adicional ya que se aprovecha el hecho de que se tiene considerado pintar el CFU y el acabado final es bueno.	Se pierde el brillo propio del material del que está fabricada (acero).	Duración.- El tiempo utilidad de ambas opciones (A y B) es a largo plazo. Costo.- La opción A resulta más costosa que la alternativa B.
C) Reemplazar la cremallera por el mismo material	El nylamid presenta características físicas y mecánicas buenas y no es caro.	A pesar de contar con la maquinaria y herramienta adecuada el trabajo debe ser extremadamente fino, por lo que se requiere de personal altamente capacitado, generando que se contrate a un proveedor. Al ser un trabajo de tal calidad el precio es elevado y con un tiempo de espera.	Costo.- La alternativa C es la más costosa de las tres. La opción D depende mucho del tipo de material a escoger.
D) Reemplazar la cremallera por otro material	El costo del material dependiendo del mismo puede ser bajo y de buenas características mecánicas y físicas.	A pesar de contar con la maquinaria y herramienta adecuada el trabajo debe ser extremadamente fino, por lo que se requiere de personal altamente capacitado, generando que se contrate a un proveedor. Al ser un trabajo de tal calidad el precio es elevado y con un tiempo de espera. Es necesario que el material a emplear genere un ajuste perfecto entre la cremallera y el engranaje para que ninguno de los dos se vea dañado o alterado físicamente.	Duración.- El tiempo de utilidad a largo plazo lo presenta la opción D. Acabado.- Al no conocer el tipo de material no conocemos las propiedades de la alternativa D, y la mayor calidad de las opciones mencionadas, se presenta en C.
E) Reutilizar las mismas cremallera	Se evita un gasto adicional y se utilizan las piezas originales.	Las condiciones de uso ya no son las mínimas que se requieran para el manejo correcto del CFU.	

Tabla 2.15 Tabla de soluciones comparativa (Compuerta).



2.6 Selección de la solución

De acuerdo a los análisis realizados en las tablas 2.2 a la 2.14, es factible elegir entre los comparativos la solución a desarrollar en cada sección del CFU los cuales cumplen con las condiciones de durabilidad, funcionalidad, estéticas y presupuesto.

S e c c i ó n I

Para los macizos de acero (Tabla 2.4) el mejor terminado que se puede brindar es el pulido, respecto a la cinta métrica (Tabla 2.5) ésta se reemplazara dado que el costo no es excesivo y su acabado visual es atractivo y con mayor tiempo de vida útil. El cristal templado por sus propiedades mecánicas y físicas (Tabla 2.6) y de durabilidad a largo plazo brinda las mejores propiedades necesarias para la función a desempeñar en el equipo, por lo que se reemplazaran las paredes laterales en su totalidad.

La sección en L (Tabla 2.7) se sustituirá por acero inoxidable para que la corrosión no lo afecte a largo plazo, además de proporcionar un alto grado de dureza a diferencia de otros materiales. En el caso de la plantilla esta se pulirá (Tabla 2.8), debido al nivel bajo de porosidad que asegura esta opción además teniendo en cuenta que brinda iguales resultados que reemplazarla y con un costo menor.

Una vez que los resortes de ajuste se encuentren en condiciones óptimas después de haberseles retirado toda impureza, se bañaran en pintura anticorrosiva para posteriormente reutilizarlos. Y los faltantes o los que se hallen con deficiencias, se sustituirán por nuevos, siempre y cuando se asegure que sean lo más idénticamente posible a los originales (Tabla 2.9).

Las perforaciones que tiene la tapa de la tolva deberán ser selladas mediante un trabajo de soldadura con arco eléctrico, evitando de esta manera la expansión de las mismas, así como la desintegración del material, además el tiempo de ejecución es corto. La malla deberá ser limpiada y finalmente la tolva y la tapa se enviaran a pulir para aprovechar el brillo del metal en que está fabricada (Tabla 2.10).



En general la capa de pintura actual que cubre el CFU se reemplazara por pintura epoxica que brinda protección contra el ambiente, ofrece un acabado bueno y perdura a largo plazo (Tabla 2.11). Los tornillos de la plantilla se reemplazaran por nuevos fabricados en acero inoxidable de cuerda milimétrica.

S e c c i ó n I I

En el tanque de almacenamiento y recirculación del flujo, se deberá eliminar la oxidación presente mediante el lijado y lavado de sus superficies, para luego recubrirlas con fibra de vidrio y finalmente pintarlas (Tabla 2.12). La bomba y la tubería al no presentar indicios de falla en su funcionamiento, tan solo serán pintadas para que armonice con el resto del equipo.

S e c c i ó n I I I

El empaque de la válvula se reemplazara por uno nuevo y su cuerpo (carcasa) se enviara a un servicio de cromado (Tabla 2.13). El manómetro se desmontara, el mercurio contenido en su interior se descontaminara y el faltante se agregara, con la intención de ser reutilizado. El depósito que lo contiene se suplirá por uno similar y sus componentes metálicos se enviaran a un servicio de cromado (Tabla 2.14).

El cuerpo de la compuerta así como los engranes de la misma deberán ser cromados, las cremalleras se cambiarán por unas iguales fabricadas en el mismo material, dado que las condiciones funcionales de uso de las actuales ya no son las indicadas para el correcto funcionamiento del equipo (Tabla 2.15).

Además de lo anteriormente mencionando, todas las juntas o empaques que se encuentren entre las uniones de los diferentes componentes (piezas) que conforman al CFU en general serán reemplazados por unos mismos fabricados en polímero. El material que se aplicara para adherir, pegar, unir y rellenar los componentes que así lo necesiten (tal es el caso de los cristales) será Sellador marino 3M¹³.

¹³ 12/10/2015, Selladores poliuretano e híbridos, <http://www.3mindustrial.cl/3m/adhesivos-selladores-y-lubricantes/selladores-poliuretano-e-hibridos/>



CAPITULO III

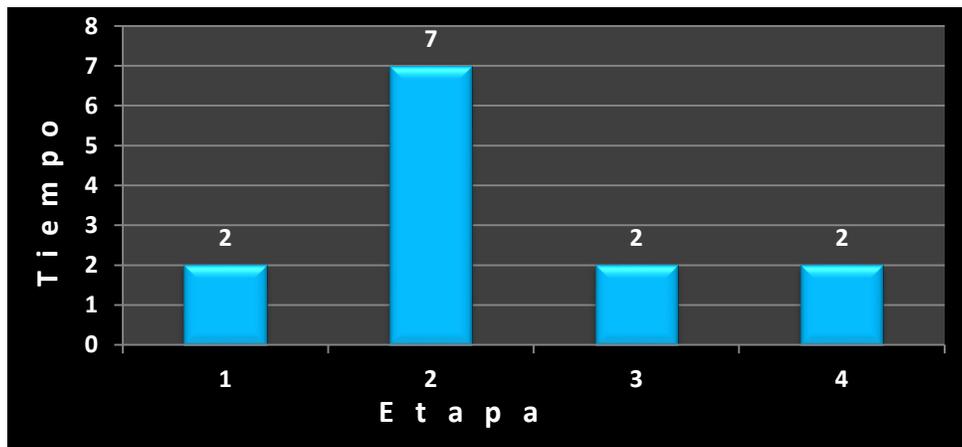
PROCESOS DE PLANEACIÓN, CONTROL Y EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN

CAPITULO III



3.1 Planeación de las actividades

Para un buen control en el desarrollo del proceso de reparación que se llevó a cabo, éste se dividió en cuatro etapas, las cuales abarcaron todas las labores necesarias de restauración, en la gráfica 3.1 se muestra la duración tentativa de cada una en meses.



Grafica 3.1 Tiempo sugerido para la ejecución de las cuatro etapas.

Para generar el plan de desarrollo fue necesario basarse en el tiempo de ejecución de las diversas labores que conforman cada etapa, razón por la que se realizó de forma consecutiva.

Las tres primeras etapas constan de 11 actividades apreciables en la Grafica 3.2 y que se describen a detalle más adelante. Respecto de la última, ésta se refiere al periodo de pruebas preliminares antes de presentar el equipo reparado.

Enseguida se sintetizan, de acuerdo con lo anterior las actividades que comprende cada una de las etapas.

Primera etapa:

Comprende el concepto de **desmantelamiento del equipo** y consiste literalmente en el desarmado del CFU, comenzando por la Sección I, luego la II y concluyendo con la III, todo esto con la finalidad de tener la libertad de poder trabajar todas las áreas del equipo en un 100%, así como de reemplazar y/o modificar las partes y los componentes seleccionados. Aprovechando de paso el resguardo de las piezas que deberán ser sometidas a un proceso de recuperación para su futura reutilización.



Segunda etapa:

Contempla las actividades que se desarrollaron dentro de las instalaciones para la reparación del CFU, así como también aquellas que fueron necesarias ejecutar a través de la contratación de servicios privados de índole específicos. El total de actividades que se llevaron a cabo son las siguientes:

Solicitud de materiales: Refiere al análisis para determinar las necesidades de aquellos materiales que se requieren para la ejecución del mantenimiento y también los que deberán de ser sustituidos, concluido el análisis serán solicitados a la Jefatura de los laboratorios L1 y L2.

Cromado o pulido de piezas: Posterior al desarme y de acuerdo a un estudio en el daño presente de las diversas piezas metálicas que integran al equipo, se seleccionarán aquellas en las cuales el deterioro es significativo y no representen la necesidad de ser reemplazadas, para ser sometidas a un proceso de mejoramiento visual en su aspecto físico superficial, el cual se llevara a cabo por un servicio particular.

Fabricación de piezas no comerciales: Corresponde en mandar a realizar la elaboración de las cremalleras de la compuerta en nylamid con un fabricante especializado, debido a que es un componente propio y único del Canal con características físicas muy detalladas, además de no ser un producto comercial.

Recibo de materiales para la ejecución del mantenimiento: En esta actividad se refiere al recibo de los materiales que se solicitaron anteriormente a la Jefatura de los laboratorios L1 y L2, y los cuales son proporcionados para continuar con las labores de reparación.

Despintar equipo: Se enfoca en remover las capas de pintura que recubre al equipo en las áreas del cuerpo, tanque y la tubería.

Entrega de componentes pulidos o cromados: Se refiere al recibo en las instalaciones de hidráulica, de las piezas anteriormente entregadas para su reacondicionamiento visual, así mismo se realiza su resguardo hasta el momento de ser utilizadas.

Rehabilitar componentes: Consintió en la restauración del tanque de almacenamiento retirando la oxidación y el sellado de las fugas.



De igual forma se dejaran en condiciones óptimas para su funcionamiento elementos que por su poco nivel de daño presente, más adelante se emplearan nuevamente, como lo son: los resortes de ajuste y el mercurio del manómetro.

Adaptación e instalación del nuevo perfil en L: Consiste en reemplazar el acero dejándolo en las mismas condiciones que el original, es decir se ajustara el nuevo perfil, de acuerdo a las características físicas del anterior en lo que refiere a ubicación, número de barrenos y el tipo de cuerda interior que estos llevan.

Pintar equipo: Antes de poder ser pintado, se purificara la estructura metálica del CFU, al eliminar una considerable cantidad de impurezas presentes, con el objetivo de que la pintura se impregne lo mejor posible al equipo, para ello la aplicación de la pintura será mediante el uso de una pistola neumática.

Tercera etapa:

Engloba la labor del **armado del equipo**, con la instalación de todos los componentes del CFU, de las diferentes secciones en condiciones de funcionamiento, iniciando en la I, después II y finalizando con la III.

Cuarta etapa:

En esta última fase, **pruebas iniciales de funcionamiento, análisis de las fallas encontradas y la corrección de las mismas**, se realizan las primeras puestas en marcha del equipo para observar su comportamiento mientras está en funcionamiento, para poder determinar algún tipo de irregularidad o desperfecto en su armado, para su rápida corrección, eliminación o mejoramiento.



MES ACTIVIDAD EN	Abr. 04/13	Mayo 05/13	Jun. 06/13	Jul. 07/13	Ago. 08/13	Sept. 09/13	Oct 10/13	Nov. 11/13	Dic. 12/13	Ene. 01/14	Feb. 02/14	Mar. 03/14	Abr 04/14	Mayo 05/14	Jun. 06/14
Desmantelar el equipo	█	█													
Solicitud de materiales			█	█	█										
Cromado o pulido de piezas.			█	█	█										
Fabricación de piezas no comerciales			█	█	█										
Recibo de materiales						█	█								
Despintar el equipo			█	█	█		█	█	█						
Entrega de componentes							█								
Rehabilitar componentes						█	█	█	█						
Reparar perfil en L								█		█	█				
Pintar el equipo										█	█				
Armado del equipo												█	█		
Pruebas iniciales														█	█

Grafica 3.2 Planeación de las actividades de mantenimiento.



3.2 Ejecución de la solución

Desmantelamiento del equipo

En los dos primeros meses (abril y mayo) se iniciaron los trabajos de mantenimiento, éstos se enfocaron en desmontar los componentes que conforman el CFU, para dejarlo en su forma más simple (Figura 3.1).



Figura 3.1 CFU totalmente desarmado.

Para comenzar se menciona la herramienta y el equipo de protección personal que se utilizó para llevar a cabo dicha tarea:

Herramienta y/o material

- Espátula.
- Desarmador punta de cruz y plano (diferentes tamaños).
- Llave inglesa.
- Juego de llaves españolas, estrias y Allen.
- Matraca con juego de dados.
- Martillo.
- Cincel.

Equipo de protección personal

- Bata.
- Goggles.
- Zapato cerrado.

Finalmente para poder continuar el agua contenida en el tanque así como en la tolva debe de ser vaciada en el sistema de drenaje que se halla ubicado dentro de las instalaciones del laboratorio, basta con abrir la válvula de desagua del tanque y



en el caso de la tolva, esta tiene un ducto en la parte inferior, el cual puede ser abierto para dicha acción, posteriormente se procede a colocarse el equipo protección personal.

S e c c i ó n 1

Con dos llaves españolas se desmonto la compuerta, para después desarmarla, esta se divide en tres partes solidas que forman el cuerpo, además tiene tres perforaciones obstruidos en la parte inferior los cuales pueden ser abiertos para que el agua que se almacena en la compuerta se extraiga cuando el equipo ya se encuentra apagado, los tornillos que utiliza para la unión de todos sus componentes fueron resguardados en el almacén del área de hidráulica así como las juntas que van entre las partes sólidas.

Después se comenzó a retirar las paredes laterales, con una espátula de mediano grosor se fue removiendo el sellador en la parte superior e inferior de la zona de trabajo que mantenía unido al cristal y al policarbonato, en el caso de los cristales se trató de obtener las piezas completas (2 cristales de 4 [m] de largo X 0.33 [m] de alto), sin embargo este sufrió diversas fracturas durante el proceso que impidió cumplir dicho objetivo. Con un desarmador de punta fina plano, se quitaron los tornillos que mantienen unida a la plantilla con la sección en L, fueron reunidos y guardados, finalmente se retiró la plantilla y se resguardo (Figura 3.2), al mismo tiempo mientras se quitaba, los resortes de ajuste que se hallan entre esta y la sección en L se fueron almacenando.

Posteriormente con una llave estrias se desmonto la tolva, durante la ejecución de dicha labor uno de los tornillos de sujeción se fragmento provocando que fuera inservible para su reutilización, el resto se resguardo junto a los demás.

Para finalizar utilizando una llave española y la llave inglesa se quitaron las tuercas que

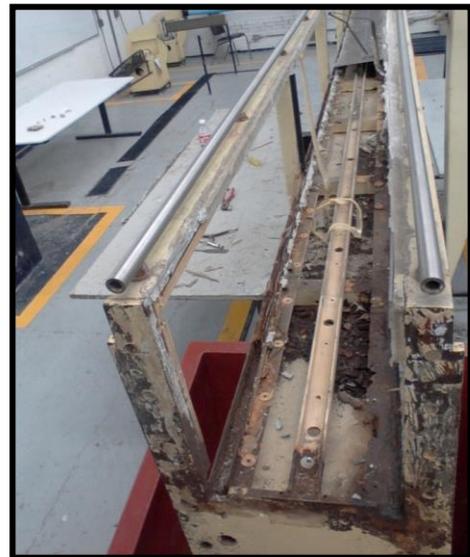


Figura 3.2 Sección L con las paredes laterales retiradas y en proceso de remover la plantilla.



mantienen unido los macizos de acero a la estructura de acero del CFU, y se removieron de su ubicación para su resguardo antes de ser enviados a pulir.

La cinta métrica ubicada en uno de los costados de la Sección I, sobre la superficie superior de metal donde se atornillan los macizos de acero, que mide los 8 metros de la sección se apartó tras sustraer unos pequeños tornillos distribuidos en toda su longitud, estos se pueden quitar con un desarmador de punta de cruz fino.

S e c c i ó n I I

Con la zona de trabajo completamente desarmada, se enfocó en el tanque, la bomba y la tubería. Dentro del tanque, se removió el codo utilizando dos llaves de estrias y con el apoyo de una segunda persona, ya que la unión de esta lo forma un juego de tornillos y tuercas, sin embargo los tornillos se ubican dentro del tanque y la tuercas fuera de este, por ello es necesario que dos personas al mismo tiempo tengan que desmontar este componente. De la bomba únicamente se sustrajo una rejilla que sirve de protección en la zona de las bandas al momento en que esta se encuentra encendida, la rejilla se halla unida a la bomba por medio de dos tornillos y tuercas, estos se liberan con un llave española, lo referente a la tubería, esta no se vio afectada a una tarea de desarme, dado que no presentaba alteración alguna.

S e c c i ó n I I I

La compuerta que regula la cantidad de agua que sale de la sección I previamente fue removida, por lo que se continuo con el desacople del manómetro, este se encuentra ensamblado al equipó por medio de tornillos, los cuales pueden ser removidos utilizando un desarmador punta de cruz fino. La manguera y el mercurio se ubicaron dentro del almacén previniendo que no fueran agitados y se derramara el mercurio. Respecto a la manivela que modifica la pendiente, esta fue removida para poder pintarla, lo cual es posible al quitar un tornillo ubicado en el centro de la misma.

Solicitud de materiales

Para poder continuar y finalizar las labores de mantenimiento, posterior al desarme, en la primera semana de junio se solicitó a la Jefatura de los laboratorios el siguiente material necesario (Tabla 3.1).



Material	Unidad de medida	Cantidad
Gas butano	Lata de 220 G r s	6
Boquillas para lata de gas butano	Pieza	3
Thinner	Cubeta de 20 L	1
Pintura epoxica color azul fuerte	Litro	2
Pintura epoxica color dorado	Litro	1
Pintura a base de thinner color azul fuerte	Cubeta de 19 L	1
Removedor de pintura	Galón	2
Catalizador para pintura epoxica	Litro	2
Laca transparente	Litro	2
Remaches	Pieza	50
Tornillos de acero inoxidable	Pieza	50
Estopa	Kilo	5
Brocas	Pieza	6
Disco laminado para esmeril angular de 3.5"	Pieza	6
Disco de corte para esmeril angular de 3.5"	Pieza	4
Lija de agua #800	Pieza	10
Machuelos	Pieza	4
Cristal templado	Pieza en m^2	4 (4m x 0.33m)
Perfil de acero inoxidable	$[m^2]$	16
Sellador marino 3M	Cartucho de 295 ml	12
Líquido para remover oxido	Litro	1/2
Carda de acero para esmeril angular de 3.5"	Pieza	2

Tabla 3.1 Lista de materiales solicitados a la Jefatura de los laboratorios L1, L2.



Cromado o pulido de piezas

Esa misma semana de junio también se enviaron las diversas piezas anteriormente seleccionadas al servicio de cromado y/o pulido, para esta operación se tomó en cuenta a un proveedor el cual se conocía y del que se tenía referencias previas, las piezas que se enviaron fueron las siguientes:

Tolva con tapa	Pulir
Macizos de acero	Pulir
Plantilla	Pulir
Cuerpo de la compuerta	Cromar
Manivela	Cromar
Engranajes	Cromar
Tornillería	Cromar

Fabricación de piezas no comerciales

Igualmente se mandaron a fabricar las cremalleras correspondientes a la compuerta de la sección III durante la primera semana de junio. El fabricante al cual se contrató para dicha labor, al igual que en el servicio de cromado, se contaba con buenas referencias.

Despintar el equipo

A partir de la segunda semana de junio y hasta finales de la segunda semana de septiembre se dedicó el tiempo exclusivamente a despintar el equipo, tomando en cuenta que en el mes de Julio en la Facultad hubo un periodo vacacional, por lo que en este tiempo no se realizó actividad alguna. El material y equipo de protección que se utilizó es el siguiente:

Herramienta y/o material

- Gas butano con boquilla.
- Espátula.
- Removedor de pintura.
- Brochas.
- Lija de agua del # 800
- Esmeril angular de 3.5"
- Carda para esmeril angular.

Equipo de protección personal

- Bata manga larga.
- Goggles.
- Zapato cerrado.
- Mascarilla para gas y vapores.
- Careta transparente.



En un principio como no se contaba con todos los materiales necesarios, las labores de mantenimiento se realizaron con los recursos que se tenían disponibles en ese momento, por lo que el CFU se comenzó a despintar a base de calor, es decir en las secciones donde este es de acero, se calentaba la pintura que lo recubría mediante el uso de gas butano (en la presentación de lata de 220 grs con boquilla) y con la ayuda de una espátula se removía la pintura, mientras que en las zonas que requerían de un trabajo de mayor cuidado o fino, el despintado se realizaba con lija de agua del número 800.

Posteriormente de haber recibido el material solicitado, el equipo se terminó de despintar con removedor de pintura (Figura 3.3), este se aplicó en su superficie con una brocha y después de unos minutos de espera, la pintura que se desprendió se retiraba con una espátula o con el esmeril y la carda montada. El tanque se despinto únicamente en su exterior (Figura 3.4).



Figura 3.3 CFU en proceso de ser despintado.



Figura 3.4 Exterior del tanque despintado.

Cuando se aplicó el removedor se utilizó como equipo de protección personal una máscara para gas y vapores, ya que este desprende un olor desagradable y puede llegar a dañar los pulmones si se expone demasiado tiempo sin protección y al momento de usar el esmeril se utilizó la careta transparente y los guantes ya que el contacto del removedor con la piel genera un ardor muy incómodo.

En el caso de la bomba hidráulica esta no se despinto simplemente se limpió con un trozo de franela húmeda.



Recibo de materiales para la ejecución del mantenimiento

En los inicios del semestre 2013 – 01 los materiales anteriormente solicitados fueron llegando a las instalaciones de los laboratorios para su uso. Los cristales templados y los perfiles de acero fueron asegurados bajo llave en el cubículo 2 del área de hidráulica para prevenir daño alguno hasta el momento de ser utilizados, el resto de los materiales estuvo al resguardo de la Jefatura, y se solicitaban de acuerdo a las necesidades que se fueran presentando. También es en este periodo de tiempo cuando las cremalleras de nylamid son entregadas, las cuales presentan un excelente acabado, muestra de un trabajo profesional de alta calidad.

Entrega de componentes pulidos o cromados

A lo largo del mes de octubre se fueron recibiendo las piezas del CFU ya que además de los componentes propios, se enviaron otros pertenecientes a diferentes equipos que se hallan en mantenimiento. Las piezas terminadas muestran un excelente acabado en su presentación, evidencia de un trabajo de calidad, estas permanecieron guardadas bajo el respaldo del área de hidráulica.

Rehabilitar componentes

Por causas ajenas a la planeación de las actividades de mantenimiento el material necesario para la reparación del tanque tal cual se había sugerido, no se pudo contar con este, por lo que se dispuso de una solución diferente que cubriera las necesidades que se tenían. Esta fue primeramente eliminar todo el óxido del interior, limpiarlo, después sellar las fugas por medio de un trabajo de soldadura con arco eléctrico, colocar fibra de vidrio solamente donde se genera el parche con la soldadura y finalmente pintar el tanque con pintura anticorrosiva.

Como resultado de lo anterior explicado, la capa de fibra de vidrio que se tenía contemplado colocar fue eliminada y solamente se colocara lo indispensable que asegure la eliminación de las fugas existentes.

Además de reparar el tanque, se restauraron los resortes de ajuste al dejarlos en un estado óptimo para su reutilización. Todo en el periodo de tiempo que abarco desde la segunda semana de septiembre hasta finales de octubre.



Herramienta y/o material	Equipo de protección personal	Maquinaria
<ul style="list-style-type: none">➤ Barra de acero.➤ Esmeril angular.➤ Disco de corte para esmeril angular.➤ Electrodo tipo EXCEL ARC E-6013➤ Lija de agua # 800➤ Vaso precipitado➤ Ácido sulfhídrico.➤ Pintura anticorrosiva color plateado.➤ Fibra de vidrio.➤ Resina➤ Lima triangular	<ul style="list-style-type: none">➤ Bata de manga larga.➤ Careta para soldar.➤ Guantes de carnaza➤ Zapato cerrado.➤ Goggles.➤ Mascara para gas y vapores.	<ul style="list-style-type: none">➤ Planta eléctrica para soldadura de arco eléctrico.

Se comenzó lavando en su interior el tanque con agua y jabón, de esta forma se retiró la suciedad de restos de tierra, después se fue lijando en las áreas donde se visualizara la presencia de corrosión hasta dejar el área libre de impurezas.

Tras haber depurado el interior del tanque, se volvió a limpiar con agua para dejarlo libre de suciedad alguna, hasta este punto el único equipo de protección necesario era el zapato cerrado y la bata, sin embargo a continuación se procedería a colocar los sellos con la soldadura por lo que fue necesario utilizar los guantes de carnaza y la careta para soldar.

Con el esmeril y un disco de corte, se secciono un tramo de barra de acero que cubriera la perforación en el tanque y con la planta eléctrica y un electrodo E-6013 se soldó dicho tramo al tanque, finalmente se le aplicó una capa de fibra de vidrio que cubriera toda la superficie de la barra soldada.

En el caso de los resortes, estos presentaban restos adheridos de sellador y oxidación, para ello fueron limpiados, el proceso consistió en ir limando el sellador de los resortes hasta eliminarlo por completo. Una vez que ya no presentaban impurezas fueron sumergidos en ácido sulfhídrico contenido en un vaso precipitado, para esta operación fue necesario que se realizara en un espacio al aire libre, ya que



se genera una reacción química entre el ácido y el metal oxidado, y como consecuencia se desprende un vapor tóxico, además se utilizó la máscara para gas y vapores como protección personal.

Para extraer los resortes se utilizó pinzas de unión móvil, los resortes se colocaron en un recipiente con agua y finalmente se limpiaron con un trozo de franela. Posteriormente se les aplicó pintura anticorrosiva color plateado y se almacenaron.

El mercurio contenido en la manguera del manómetro se depositó en una bandeja de plástico, y con un trozo de papel higiénico húmedo se fue removiendo los restos de impurezas, tales como tierra o pequeñas basuras. Para dicha labor se tuvo la precaución de no hacer contacto directo con el material y la piel.

Una vez limpio el mercurio, se depositó en un vaso precipitado libre de suciedades, y se tapó para evitar la contaminación con polvo y se resguardó en el almacén de hidráulica.

Adaptación e instalación del nuevo perfil en L

Durante el mes de noviembre y las dos primeras semanas de enero, dejando de laborar el mes de diciembre, se estuvo llevando a cabo labores para reemplazar en su totalidad dicha zona, para ello fue necesario:

Herramienta y/o material	Equipo de protección personal	Maquinaria
➤ Perfil de acero en L	➤ Bata	➤ Torno.
➤ Broca	➤ Goggles	➤ Fresadora
➤ Machuelo	➤ Zapato cerrado	➤ Remachadora hidráulica
➤ Porta machuelo	➤ Careta para soldar	➤ Planta eléctrica para soldar con arco eléctrico.
➤ Taladro		
➤ Esmeril angular		
➤ Remaches		
➤ Disco desbaste para esmeril		
➤ Solera de acero inoxidable		
➤ Electrodo E318-16		

Se inició con el retiro del perfil que se encontraba colocado, este permanecía soldado en diferentes puntos a lo largo de los 8 metros (Figura 3.5), por ello con el esmeril y el disco de desbaste se fueron eliminando los puntos de soldadura que lo

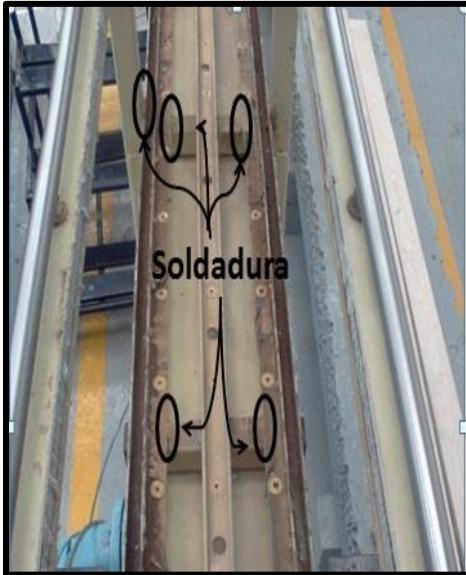


Figura 3.5 Perfil en L soldado en diversos puntos a lo largo de la sección de trabajo.

mantenían fijo a la estructura del Canal, y además para facilitar su retiro se fue seccionado el perfil en piezas de 1 metro de longitud, como protección personal se utilizo guantes y goggles.

Posteriormente para tener un mejor manejo del nuevo perfil, se secciono en cuatro cortes de dos metros de longitud cada uno, se decidió que para la sujeción de los mismos no era necesario soldar los perfiles a la estructura como en el caso de los anteriores, si no que estos fueran remachados a una distancia de un metro de separación, en donde se encontraban las soldaduras anteriores.

Para generar los barrenos correspondientes al paso de los tornillos, los cuales son insertados desde la superficie de las placas base hasta hacer juego con la sección en L (Figura 2.5 y Figura 3.5), se colocaron las placas en su posición correspondiente, y con un punto de golpe hecho la medida (Figura 3.6) generado en el torno y una base fija también manufacturada en las instalaciones se pudo conocer la posición correcta de los barrenos.

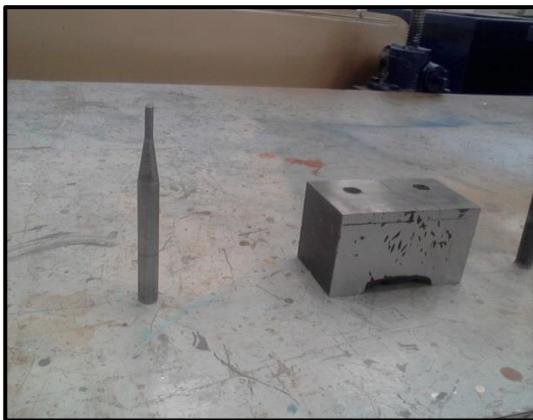


Figura 3.6 Punto de golpe a la izquierda y base a la derecha.



Figura 3.7 Punto de golpe montado en la base.

Posteriormente se colocaron los perfiles en su posición y se atornillaron las placas en el carril central de la estructura (Figura 3.5), después se ubicaba en la superficie de las placas el punto de golpe haciendo coincidir la punta con los orificios existentes, una vez logrado, se daba un golpe en la parte superior del punto para



Figura 3.8 Fresadora gris.

que marcara el lugar exacto del barreno a generar, el proceso se repitió en todos los orificios laterales de la plantilla.

Para concluir, tras volver a quitar las placas y tener que eliminar los remaches, los perfil fueron marcados para saber cuál era el sitio que le correspondía a cada uno, y llevados al laboratorio L1 en el área de máquinas y herramientas donde se halla ubicada la fresadora gris. Por las características del equipo, este fue la mejor opción para generar las perforaciones necesarias.

Una vez que se tenían los barrenos hechos, los perfiles se llevaron de vuelta a laboratorio L2 para seguir con la reparación.

Como aún faltaba pintar el equipó, los perfiles permanecieron guardados hasta después de completar dicha tarea.

Pintar el equipo

Herramienta y/o material	Equipo de protección personal	Maquinaria
<ul style="list-style-type: none">➤ Pintura epoxica azul fuerte y dorado➤ Pintura roja a base de thinner➤ Catalizador para pintura epoxica➤ Puntura azul fuerte a base de thinner➤ Thinner➤ Periódico➤ Cinta adhesiva➤ Brocha➤ Líquido para remover oxido➤ Franela➤ Primer➤ Laca	<ul style="list-style-type: none">➤ Goggles➤ Mascarilla para vapores y gases➤ Bata➤ Zapato cerrado	<ul style="list-style-type: none">➤ Sistemas de aire comprimido



El diseño final de cómo debía ser pintado el equipo fue el siguiente:

Una combinación de colores azul fuerte y dorado emblemáticos de la Universidad en el área de trabajo y en los soportes laterales.

En el exterior del tanque azul fuerte, el interior azul claro. La bomba color rojo.

En el caso de la tubería esta se pulió y solo se pintó las uniones de los tubos que la conforman de color azul claro. Para llevar a cabo dicha labor, con el esmeril y el disco laminado se pulió en su totalidad la tubería, después se envolvió con papel periódico toda la tubería dejando solo al descubierto las uniones.

Después para poder dejar el equipo libre de polvo con una franela y un balde con agua, se fue limpiando toda la superficie hasta remover el 100% de la suciedad. Posteriormente en un balde con agua se agregó $\frac{1}{4}$ de removedor de óxido, y se le aplico directamente a toda la superficie metálica, cuando se terminó de aplicar la solución se dejó reposar durante 30 minutos, esto para provocar que impurezas del propio metal se limpiaran, finalmente una vez más con la franela y un balde con agua se limpió el equipo de la suciedad que se generó hasta dejarlo libre de impurezas.

Con el equipo limpio, se procedió a aplicar una capa de primer en toda la superficie del equipo: zona de trabajo, exterior e interior del tanque, bomba hidráulica y uniones de la tubería de recirculación, durante esta operación fue necesario utilizar la mascarilla para gas y vapores como protección personal. Para dicha actividad se utilizó el sistema de aire comprimido que se halla en el laboratorio y la pistola neumática para pintar.

Ya que se tenía el CFU con primer, se aplicaron los colores correspondientes en cada área, primero se colocó el azul fuerte, después el dorado, rojo y finalmente el azul claro.

El procedimiento que se llevó a cabo fue el siguiente:

Se cubrió con papel periódico todas las áreas en las que no debía de colocarse el color azul fuerte, al finalizar, se aplicaba la pintura previamente depositada en el área de contención de la pistola junto con el catalizador.

Terminado de pintar, se dejó secar la pintura para después poder envolver con papel periódico estas áreas y poder colocar el siguiente color que fue el dorado.



Con los colores azul y dorado aplicados se procedió a pintar la bomba de color rojo y después finalmente se pintó el azul claro en las uniones de la tubería. Para preservar el acabado pulido, en el resto de la tubería se aplicó una capa de laca transparente que protegiera de la oxidación al acero.

En el caso del interior del tanque de contención debido a que es un espacio cerrado, y el uso de la pistola genera una alta concentración de pintura en el ambiente, se decidió pintar con brocha de forma manual.

Armado del equipo

Herramienta y/o material	Equipo de protección personal	Maquinaria
<ul style="list-style-type: none">➤ Espátula.➤ Desarmador punta de cruz y plano (diferentes tamaños).➤ Llave inglesa.➤ Juego de llaves españolas, estrias y Allen.➤ Matraca con juego de dados.➤ Calafateadora➤ Sellador marino 3m➤ Cinta métrica➤ Cristal templado➤ Remachadora neumática➤ Mercurio➤ Manguera de plástico➤ Fibra de carbono➤ Remaches➤ Tornillos➤ Electrodo E 308-16➤ Solera de acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none">➤ Bata.➤ Goggles.➤ Zapato cerrado.➤ Careta para soldar	<ul style="list-style-type: none">➤ Sistema de aire comprimido➤ Planta para soldar de arco eléctrico➤ Fresadora gris

La tercera etapa se llevó a cabo durante los meses de marzo y abril y consistió en volver a rearmar el CFU, colocar todos sus componentes ya en condiciones



perfectas para su utilización. Antes de comenzar, se retiró todo el papel periódico utilizado que recubría al equipo.

S e c c i ó n I

En esta área primero se colocó en su ubicación los perfiles en L de acero inoxidable y se remacharon al equipo, originalmente existe una división que está integrada a los perfiles (Figura 3.2 y 3.5), que funciona como guía para la ubicación de los cristales, en el caso del nuevo material que se colocó, este no lo trae, por lo que fue necesario adaptarlo. Para dicha labor se soldó una solera de acero inoxidable a lo largo de los dos carriles de 8 metros de la zona de trabajo, a la misma distancia que el modelo original, de esta forma se respetó el patrón original de esta zona. Como protección personal se utilizó careta para soldar y guantes de carnaza, aparte de la bata y el zapato cerrado. Los materiales fueron principalmente el electrodo E 308-16 para acero inoxidable. Teniendo los perfiles en su lugar se generaron las cuerdas interiores de los barrenos, esto utilizando un machuelo y el porta machuelo.

Antes de poder instalar las cuatro placas metálicas que comprenden la plantilla de trabajo de forma permanente, tuvieron que ser modificadas debido a que los tornillos que mantiene unida las placas fueron reemplazados, sin embargo los nuevos tornillos presentan una diferencia de tamaño en el del avellanado de la cabeza (Figura 3.9).



Figura 3.9 Esquema de la cabeza avellanada de un tornillo.

Por ello en la fresadora gris se modificó el diámetro del avellanado en todos los barrenos laterales, una vez rectificadas las cuatro placas, se alistaron para ser ensambladas., la preparación de las plantillas fue de la siguiente forma:

Terminado la modificación en el avellanado, las placas fueron sometidas a un proceso de restauración en su linealidad y uniformidad en su longitud, para dicha



acción se fueron corrigiendo las ondulaciones que estaban presentes, a través de la aplicación de pequeñas cantidades de fuerza transmitidas en un polín de madera.

Posteriormente en la cara superior de la plantilla se introdujeron todos los tornillos, en la superficie inferior se colocaron todos los resortes de ajuste, de esta forma al momento de instalar las plantillas en su posición fueron embonando los tornillos con los barrenos y el resorte de ajuste permaneció situado entre la plantilla y el perfil en L, de esta forma se fueron atornillando una por una las cuatro.

Con la plantilla ubicada en su posición se procedió a colocar los cuatro cristales que forman las paredes laterales de la zona de trabajo. Para dicha tarea se necesitó de tres personas que cargaran los cristales y de esta forma evitar que se rompieran, recordando que la medida de los cristales son 4 [m] de largo X 0.33 [m] de alto X $\frac{3}{16}$ " de grosor. Para colocar los cristales se procedió de la siguiente manera:

Primero con la calafateadora y un cartucho puesto, se vertió una gran cantidad de sellador marino en la superficie del cristal en una de sus caras laterales, en un área de 4 [m] de largo X 3 [cm] de alto, que corresponde a la altura que permanece el cristal por debajo de la plantilla de la zona de trabajo.

Posteriormente con tres personas que utilizaban guantes de carnaza se levantó el cristal y fue llevado hasta su ubicación en la parte trasera del CFU (donde se encuentra la unión de la tolva a la sección I), colocado este se calzo en la parte superior e inferior para generar un ángulo de 90° entre el cristal y la plantilla.

Se continuó con la misma preparación para el vidrio que se ubica al paralelo del anterior y se siguió el mismo proceso para su colocación.

Una vez instaladas y calzadas ambas paredes, se situaron tres separadores de 20 [cm] de longitud X 30 [cm] de alto ubicados al inicio, en medio y al final de los cristales de 4 [m] para que se generara una uniformidad en el espacio que los distancia. Para los dos cristales que faltaban se siguió el mismo proceso de los anteriores.

El espacio generado por las calzas entre el cristal y la estructura metálica de la sección I se fue rellenando con el sellador marino con la ayuda de la calafateadora, y finalmente se dejó secar el material para poder continuar con la reconstrucción.



Cuando los cristales y el sellador estaban completamente fijados, se retiraron los reparadores.

Con una llave de estrias se atornillo la tolva en su ubicación, tomando en cuenta que en la unión de la misma con el equipo se encuentra una junta de polímero, la cual fue fabricada con las mismas medidas y colocada en su sitio.

La tolva se une por medio de 8 tornillos en la parte inferior que conecta con la tubería, y en la parte superior se hallan seis tornillos en cada uno sus laterales.

La malla que iba en su interior a pesar de que se trató de reparar, el daño que presentaba era de alto grado en las esquinas donde se atornillaba, por lo que ya no se volvió a integrar. En la parte superior con dos llaves españolas se colocaron los macizos de acero, los cuales están atornillados a una distancia de separación de un metro. Finalmente la cinta métrica se colocó, la cual se atornilla al equipo.

S e c c i ó n 11

En esta sección las labores de armado fueron menos que en el anterior dado que es una zona con menores componentes.

Para no ensuciar la pintura del interior del tanque, se colocó un trozo de plástico que cubriera la base del tanque. Lo anterior se debió a que se colocó el codo por donde el agua es succionada y que había sido retirado con anterioridad.

El codo se une por medio de ocho tornillos los cuales se introducen del lado del interior del tanque y se aprietan fuera del mismo, por ello es necesario utilizar dos llaves de estrias y a dos personas para que ambos generen el apriete de los tornillos.

Aparte del codo, también se volvió a ensamblar la malla de la bomba que fue removida para pintarla (Figura 3.10), esta se halla atornillada y fue necesario utilizar una llave española para dicho fin.



Figura 3.10 Bomba pinta con reja de seguridad instalada.



Sección III



Figura 3.11 Compuerta con manivela montados en el CFU.

Dado que la compuerta está formada de tres piezas, se inició armándola de forma independiente al CFU, una vez terminada se colocó en su ubicación, esto con la ayuda de dos llaves españolas, la compuerta se atornilla con ocho tornillos ubicado a sus laterales y cuatro a en la parte inferior, finalmente se instaló la manivela que la controla (Figura 3.11).

Después se inició con el armado de la válvula que regula el área de paso del agua que regresa a la sección I, en este dispositivo fue necesario cambiar el empaque que lleva en su interior. Como el empaque es un cordón de carbono y se halla incrustado en el interior de la campana, se utilizó un desarmador delgado de punta fina para ir retirando el mismo, al terminar se colocó material nuevo, el cual ya se contaba con anterioridad, por lo que no fue necesario generar la compra.

Antes de montar la válvula en su ubicación, se colocó una junta, generada con polímero con el propósito de evitar la fuga del agua en esta área. Para colocar el dispositivo, se utilizó una llave española y la matraca con un dado, permitiendo así un buen apriete. Para concluir con el armado del CFU se colocó el manómetro ubicado a un lado de la válvula de control (Figura 3.12), para lo cual se realizó lo siguiente:

Primero se atornillo la escala graduada a un costado del equipo, en la manguera nueva se depositó el mercurio limpio con la ayuda de una jeringa en la cual se introducía el material y se vaciaba en uno de sus orificios, se colocó su protector metálico y sus tornillos superiores, finalmente se atornillo sobre la escala, como



Figura 3.12 Válvula y manómetro.

el mercurio era insuficiente, se ocupó un poco del que se tiene en el almacén para que estuviera bien calibrado. Para terminar por completo se unieron las mangueras que conectan la tubería al manómetro en uno de sus costados.



Pruebas iniciales de funcionamiento

Después de armar el CFU, se realizó la primera prueba de puesta en marcha del equipo, en la cual se examinó todos los componentes que integran cada una de las secciones para observar su funcionamiento, además de conocer la presencia de alguna anomalía que se pudiera hallar presente.

Dicho análisis se presenta en las tablas 3.2 a 3.7 donde se detalla las condiciones particulares que se distinguieron en cada elemento, y las acciones que se tomaron para la reparación de los desperfectos encontrados.

 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón 					
Sección	Componente	Funciona			Observaciones
		Correctamente	Con irregularidad	No	
I	Cristales	X			Ver tabla 3.3
	Plantilla		X		
	Resortes	X			
	Tornillos	X			Ver tabla 3.4
	Perfil en L	X			
	Viga de acero			X	
	Macizos de acero	X			
II	Tanque	X			
	Bomba	X			
	Tubería	X			
III	Compuerta			X	Ver tabla 3.5
	Válvula		X		Ver tabla 3.6
	Manómetro			X	Ver tabla 3.7

Tabla 3.2 Análisis del funcionamiento en los componentes del Canal.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores
Aragón



Sección: I

Dispositivo: Plantilla.

Falla encontrada: Fuga de agua en diversos puntos.

Descripción:

Al circular el agua a través de la Sección I se observó la presencia de numerosas fugas a lo largo de los ocho metros.

Causa:

Acoplamiento defectuoso de los tornillos en su ubicación y mal apriete de los mismos.

Medida correctiva:

Para remediar este hecho, primero se identificó los puntos precisos en donde se presentaban las fugas, para confirmar que el diámetro de los tornillos fuera el correcto, cuando resulto favorable solo se le proporciono más torque y para el caso contrario se retiro el tornillo y se introdujo una porción de sellador dentro del orificio, al instante se colocó nuevamente el tornillos con el torque indicado.

Resultado esperado:

Eliminar en su totalidad las fugas presentes.

Tabla 3.3 Medida de corrección para la plantilla.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores
Aragón



Sección: I

Dispositivo: Viga de acero.

Falla encontrada: Filtración de agua al interior de la viga.

Descripción:

Se presentó un goteo constante en los laterales de la viga, específicamente en la cavidad donde los vástagos se conectan a esta.

Causa:

Debido a la falta de sello de un orificio en uno de los extremos de la viga, comenzó a introducirse el agua almacenándose y busco salida en la abertura de la viga, iniciando un proceso de goteo constante.

Medida correctiva:

Para poder controlar la presencia de agua en dicha área, primero se identificó la zona probable por donde el agua se podía introducir, por ello se desmonto la tolva para inspeccionar ese extremo, desafortunadamente en esta ubicación no se hallaba, y tras confirmar que el área estaba libre de perforaciones, se colocó nuevamente el dispositivo. Posteriormente se retiró la compuerta, en donde se halló un agujero que no fue obstruido, causante de dicho problema, después con la ubicación conocida se aplicó sellador marino en orificio, dejando el área totalmente sellada.

Resultado esperado:

Restringir el acceso del agua al interior de la viga que genera la fuga.

Tabla 3.4 Medidas de corrección para la viga.



 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón 	
Sección: III	Dispositivo: Compuerta
Falla encontrada: La compuerta sube con dificultad.	
Descripción: Al momento de hacer girar la manivela para mover la compuerta, se presentaba una rigidez que impedía desplazarla en su totalidad.	
Causa: Este inconveniente fue generado por un exceso de apriete en los tornillos que la ensamblan al equipo.	
Medida correctiva: Desmontar la compuerta y volver a habilitarla proporcionando a los tornillos el torque adecuado.	
Resultado esperado: Generar la correcta movilidad de la compuerta.	

Tabla 3.5 Medidas de corrección para la compuerta.

 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón 	
Sección: III	Dispositivo: Válvula.
Falla encontrada: Fuga de agua.	
Descripción: Se presentaba un goteo constante y abundante.	
Causa: Al circular agua en la tubería de recirculación y esta llegar al punto donde se encuentra colocado el componente, debido a la falta de una junta que anteriormente no era necesaria, se generó la fuga.	
Medida correctiva: Después de analizar el dispositivo, se percató que el desperfecto se generaba en la unión del vástago con la superficie del cuerpo, concretamente donde el vástago es introducido desde la parte exterior para su unión con la parte interna. Para ello que se le colocó un empaque tipo o-ring o junta tórica.	
Resultado esperado: Desaparecer la fuga de agua.	

Tabla 3.6 Medidas de corrección para la válvula.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores
Aragón



Sección: III	Dispositivo: Manómetro.
Falla encontrada: Desprendimiento del manómetro.	
Descripción: El manómetro se desmontó de su ubicación, esparciendo el mercurio en el piso.	
Causa: Al circular agua a través de la tubería se genera una presión, lo cual provoca que el aire dentro se comprima y sea expulsado de forma violenta, al momento de circular por las mangueras que conectan con el manómetro, este no soportó la compresión generada y terminó desmontándose repentinamente y bruscamente, derramando el mercurio en el suelo del área, debido a un ajuste inadecuado del manómetro en los tornillos que los sostienen unidos al equipo.	
Medida correctiva: Se recogió el mercurio que se hallaba dispersado en el suelo y se almacenó en un vaso precipitado en el almacén de hidráulica, sin embargo existió una cantidad mínima de mercurio que se perdió, ese faltante se repositó. Finalmente se colocó el manómetro nuevamente en su posición, esta vez con un apriete mayor.	
Resultado esperado: Asegurar que el manómetro no vuelva a caerse y evitar la pérdida de más mercurio.	

Tabla 3.7 Medidas de corrección para el manómetro.

3.3 Ajuste final

Con las correcciones realizadas en el CFU, se volvió a ejecutar una vez más su puesta en marcha, en el cual esta vez se observó, el correcto funcionamiento de todos los elementos que integran las diferentes secciones tal como se muestra en la tabla 3.8.

Por otra parte como ajuste final, dado que se perdió la nivelación de la pendiente de la plantilla, debido a tres situaciones trascendentales que alteraron su calibración, dos como consecuencia de la reparación del equipo y una ajena a la restauración, las cuales fueron:

Primero.- Por el desarme del equipo.

Segundo.- La poca deformación presente en la plantilla.

Tercero.- El hundimiento natural del suelo donde se encuentra situado el equipo.



 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón 				
Componente	Funcionamiento			Observaciones
	Eficiente	Irregular	Deficiente	
Plantilla	X		.	Se eliminó al 100% las fugas de agua.
Viga de acero	X			El agua dejó de introducirse en el interior de la viga, el goteo persistió hasta que el agua en el interior terminó de salir en su totalidad y finalmente se eliminó la fuga.
Compuerta	X			La movilidad de la compuerta es buena.
Válvula	X			La fuga se eliminó en su totalidad.
Manómetro	X			El manómetro no volvió a caerse y funciona a la perfección.

Tabla 3.8 Estado de funcionamiento de los componentes sometidos a los ajustes de reparación.

Por tal motivo, se generaba una perturbación en el recorrido del agua mientras circulaba en la zona de trabajo, para solucionar lo mencionado anteriormente, se realizó un trabajo de topografía, de tal manera que se consiguieron los datos presentes actualmente en el Canal.

Para conocer los nuevos valores de la pendiente, se utilizó un *equipo topográfico de alta precisión con medición electrónica de distancia y ángulo*, bajo la coordinación y apoyo del Ingeniero Axel Velázquez Vargas, experto topógrafo y profesor de la Fes Aragón.



A continuación en la tabla 3.9 se presenta los nuevos valores de la pendiente que obtuvieron de acuerdo al trabajo realizado.

Escala	Pendiente
999052	0.000
998994	0.001
998932	0.002
998874	0.003
998809	0.004
998740	0.005
998679	0.006
998618	0.007
998557	0.008
998496	0.009
998435	0.01

Tabla 3.9 Valores de la pendiente del CFU.

Otro resultado que se obtuvo, este en el tanque de contención fue nuevamente la presencia de oxidación, dado que no se recubrió en el interior con la fibra de vidrio y la pintura no evito que volviera a surgir oxidación.

Finalmente en las figuras 3.13 a 3.16 se muestra el estado físico en el que se dejó el Canal de Flujo Universal.



Figura 3.13 Vista frontal del lateral izquierdo del Canal de Flujo Universal terminado.



Figura 3.14 Vista frontal del lateral derecho del Canal de Flujo Terminado.



Figura 3.15 Vista trasera lateral derecho del Canal de Flujo Universal terminado.



Figura 3.16 Vista trasera del lateral izquierdo del Canal de Flujo Universal terminado.



CAPITULO IV

PROPUESTA DE MODELO DE MANTENIMIENTO PARA EL CANAL DE FLUJO UNIVERSAL

CAPITULO IV



4.1 **Sugerencias, recomendaciones y acciones para la prevención de deterioro en el equipo**

Para preservar las condiciones físicas del CFU recomiendo y sugiero una serie de acciones, las cuales ayudaran a que su tiempo de utilidad sea el mayor posible así como también su correcto funcionamiento.

Mantener el área de trabajo limpia y despejada. Comprende el conservar libre de objetos el espacio donde los alumnos realizan sus prácticas, primeramente con la intención de que puedan moverse libremente, segunda evitar que ocurra un accidente como puede ser una caída y finalmente para que ningún objeto golpee los cristales.

Tener cubierto el Canal. Tal como se ha venido haciendo, cuando el equipo se encuentre apagado o fuera de uso. Se debe de tapar para evitar que impurezas como el polvo se mezclen con el agua. Esta idea abarca también cubrir el tanque, ya que es aquí como hemos visto, en donde el agua permanece estancada hasta el momento de ser utilizada lo cual produce la aparición de microorganismos, así mismo evitamos la presencia de objetos extraños que obstruyan el paso del agua a través de la bomba y la tubería.

Limpiar la Sección de escurrimiento. Antes de iniciar con la ejecución de cualquier práctica que requiera utilizar el Canal, se tendrá que limpiar dicha zona con una franela para eliminar cualquier resto de agente externo. Y al finalizar la práctica también se deberá de limpiar esta área para evitar que los restos de agua se sequen sobre la plantilla y los cristales y estos comiencen a opacarse. De preferencia sugiero que se limpie con papel periódico, pero de no ser posible bastara con una franela.

Vaciar el agua del Equipo. Cuando el Canal deje de ser utilizado por largos periodos de tiempo por ejemplo durante las vacaciones, se deberá de extraer el agua contenida en el tanque y posteriormente se lavara con agua y jabón, igualmente la tolva deberá de ser desaguada.



Desconectar la bomba. Para evitar cualquier fallo que pudiera o no presentarse, cuando el equipo no se encuentre encendido o deje de ser utilizado sugiero sea desconectado o apagar la pastilla que permite el paso de corriente hasta la terminar donde se conecta.

Limpiar el equipo. Cuando el CFU se deje de utilizar por periodos de tiempo extenso, recomiendo que sea limpiado en su totalidad, es decir, con una franela húmeda limpiar todas sus áreas, los cristales lavarlos con agua y jabón, así como secarlo después de haber terminado.

Al finalizar el limpiado del equipo, sugiero que también se le aplique limpia vidrios en el caso de los cristales y que en el cuerpo la estructura se le aplique una ligera capa de thinner con una franela, solo para que prevalezca el brillo de la pintura.

Informar a los alumnos. Esta actividad es para hacerle saber a los alumnos que el equipo debe ser utilizado con cuidado y que cualquier falla que se llegase a presentar deberá de ser inmediatamente reportada al profesor en turno o al área de hidráulica.

A continuación en el subtema 4.2 presento un diagrama de flujo para la ejecución de una rápida inspección que se puede llevar a cabo, y más importante que garantice que el equipo se encuentre en óptimas condiciones de uso.



4.2 Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo

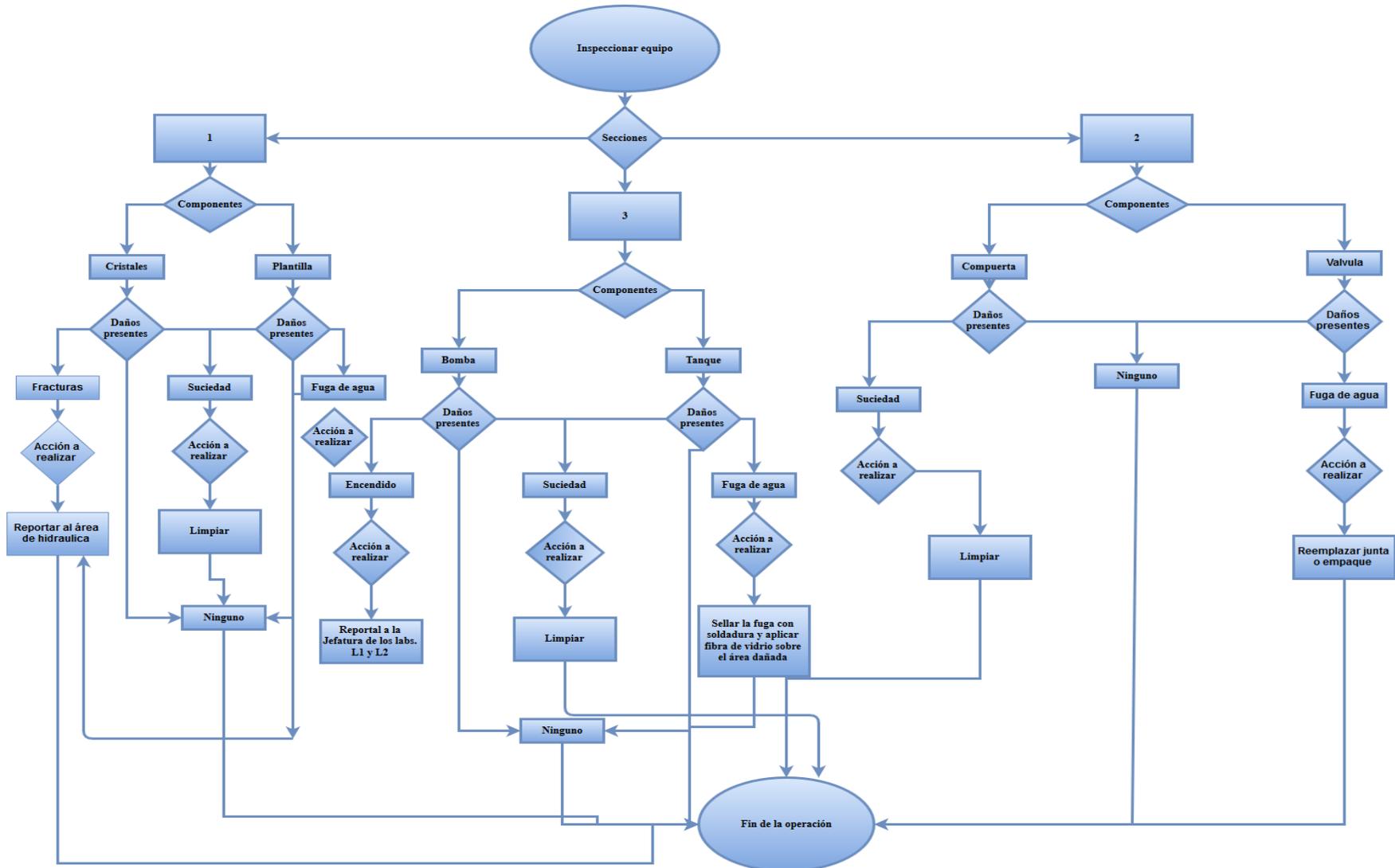


Diagrama 4.1 Proceso de inspección del CFU.



4.3 Plan de mantenimiento

Para el CFU se eligió un modelo de mantenimiento sistemático, debido a los siguientes aspectos:

- 1) Es un equipo que se utiliza con frecuencia.
- 2) El costo de reparación es alto.
- 3) Por los puntos anteriores, no resulta conveniente que el equipo presente daño alguno que comprometa su funcionamiento.

A continuación en la tabla 4.1 se presenta el plan de mantenimiento preventivo que se sugiere realizar.

Tiempo	Inicio de cada semestre	Semanal o en su defecto quincenalmente	Inicio de práctica	Termino de practica	Fin de cada semestre
Actividad	Informar a los alumnos.	Inspección del equipo (como se muestra en el diagrama 4.1).	Mantener el área de trabajo limpia y despejada. Limpiar la Sección de escurrimiento.	Limpiar la Sección de escurrimiento. Desconectar la bomba. Cubrir el Canal.	Desconectar la bomba. Vaciar el agua del Equipo. Limpiar el equipo. Cubrir el Canal.

Tabla 4.1 Plan de mantenimiento.

En caso de generarse algún desperfecto se propone el siguiente formato el cual ayudara a tener un historial de las fallas que se vayan presentando, así como de las acciones correctivas tomadas.

Con estas acciones se pretende que el CFU tenga un tiempo de utilidad y un funcionamiento a largo plazo.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores
Aragón



Fecha:			Laboratorio de Hidráulica			
Sección	Componente	Fractura	Fuga	Encendido	Manejo	Otro (especificar)
I	Cristales	()				() _____
	Plantilla		()			() _____
	Otro	()	()	()	()	() _____
II	Tanque	()	()			() _____
	Bomba		()	()		() _____
	Otro	()	()	()	()	() _____
III	Compuerta		()		()	() _____
	Válvula		()		()	() _____
	Otro	()	()	()	()	() _____
Descripción:						
Acción tomada:						
Numero de reporte:			Nombre de quien reporta:			
			Nombre a quien se reporta:			

Formato para el reporte de averías en el CFU.



CONCLUSIONES

En el desarrollo de un proyecto de este tipo es conveniente tomar en cuenta varios aspectos de suma importancia ya que de ellos depende en mucho los procedimientos que se pueden o no realizar:

- 1. La infraestructura con que se cuenta.** Es de suma trascendencia debido a que es con los equipos máquinas, las instalaciones (como por ejemplo agua, luz, gas, etcétera) con los que se trabajara y sin los cuales, podemos tener un gran atraso en nuestras actividades y además pudiera llegar a ser necesario la contratación de un servicio particular para culminar dicho proceso.
- 2. Presupuesto.** Este juega un papel muy trascendental ya que de él depende lo mucho o poco que podamos invertir para la restauración de un equipo, además de brindar la capacidad de comprar materiales de mejor o menor calidad.
- 3. Control del proceso.** Este obedece mucho de quien(es) lo ejecute(n), ya que dependiendo del grado de eficiencia que se aplique, existirá una menor tendencia al surgimiento de imprevistos.

Un buen control del proceso da continuidad en las actividades iniciadas en tiempo y forma, teniendo siempre a disposición todos los elementos que sean necesarios en el momento adecuado (tales como herramientas, componentes, piezas, tiempos, actividades, etcétera), además de tener en claro el objetivo que se pretende alcanzar y cuál es la mejor manera para lograrlo.

Considero que mi trabajo da un aporte y es una base sólida como guía en un proceso a este grado de reparación, así como también se puede aplicar como referencia en otro proyecto de igual o similar índole, y a su vez que se pueda mejorar para alcanzar un objetivo establecido. Considero que a pesar del tiempo total que se demoró la conclusión de la reparación del Canal, los objetivos establecidos inicialmente fueron alcanzados, los resultados que se han obtenidos son buenos y



no quedo nada pendiente o inconcluso de lo que en un principio se quería conseguir para este proyecto.

Pienso que la labor de mantener en las mejores condiciones los equipos que se utilizan en las instalaciones de la FES no depende únicamente de los responsables de los diferentes laboratorios, es una labor conjunta de toda la comunidad universitaria que los utiliza, es necesario que tanto alumnos, profesores y las autoridades pertinentes se apoyen unos a otros y de esta manera preservar la infraestructura con que cuenta la Universidad.

Me quedo con la satisfacción de haber podido contribuir aunque sea poco en un proyecto que beneficie a la Universidad, creo que todos los que formamos esta gran comunidad debemos de retribuir algo en beneficio a nuestra casa de estudios, que tanto nos da y tan poco nos pide a cambio.

Como universitarios debemos de valorar más todos los servicios que nos presta la Universidad y cuidar de ello, para que las nuevas generaciones que vienen puedan también beneficiarse. Finalmente tengo que decir que dicha labor no fue fácil, llevo su tiempo y esfuerzo pero me siento muy satisfecho con los resultados, espero que mi trabajo no sea en vano y todos aquellos que necesiten del uso del Canal de Flujo Universal se vean favorecidos con los conocimientos que vayan desarrollando y adquiriendo.



BIBLIOGRAFIA

Duffa, Raouf, Dixon, *“Sistemas de mantenimiento planeación y control”*, Editorial Limusa, México 2007, Segunda edición.

García Garrido Miguel, *“Organización y gestión integral de mantenimiento”*, Editorial Díaz de Santos, España 2003, Primera edición.