 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

MANTENIMIENTO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA INSTRUMENTACIÓN DEL MÓDULO EXPERIMENTAL DE DINÁMICA DE FLUIDOS DEL ITM

Fabián Cardona Ospina

Programa Académico:

Tecnología en Electromecánica

Director del trabajo de grado

Manuel Alejandro Ospina Alarcón

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Medellín

Octubre de 2017

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Este trabajo de grado se enmarca en el proyecto de investigación "Modelado y control no lineal de dinámica de fluidos a partir del desarrollo de un módulo experimental" con ID P14104, Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales COL0053581, del Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín-Colombia. Con el objeto de dar inicio a este proyecto, el presente trabajo se enfoca en el desarrollo de la primera etapa, correspondiente al diagnóstico y mantenimiento preventivo en el módulo dinámico del laboratorio de fluidos ITM (G-405).

Como consecuencia, del poco uso, de falta de información, y ausencia de la documentación de los equipos de instrumentación que lo componen, el módulo de tanques de llenado en el laboratorio fluidos se encuentra fuera de servicio. Para la realización de este proyecto se procedió hacer una investigación de la documentación e información técnica de los instrumentos, con el fin de hacer un diagnóstico técnico del estado de los componentes del módulo, revisando su correcta instalación y funcionamiento. De esta manera, fue posible hacer mantenimiento técnico correctivo a los instrumentos en cuanto a fallas de conexiones y de instalación. Y, por otra parte, se implementa un plan de mantenimiento preventivo.

Palabras clave: instrumentación industrial, dinámica de fluidos, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Para mi familia en especial a mis padres que siempre se han esforzado para sacar mis estudios adelante y siempre llevar a cabo todas mis metas.

Para Manuel Alejandro Ospina Alarcón, asesor de mi proyecto de grados a el cual le estoy muy agradecido por todo el conocimiento q adquirí formando parte de este semillero "Modelado y control no lineal de dinámica de fluidos a partir del desarrollo de un módulo experimental".

Un agradecimiento para los encargados del laboratorio de fluidos que siempre estaban pendientes del desarrollo y se contaba con su apoyo incondicional.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRONICOS

A Amperios

AP Autómata Programable

ASTM Sociedad Americana para Pruebas y Materiales

EPDM Caucho-etileno-propileno-dieno

Hz Hertz

ITM instituto tecnológico metropolitano

KW kilovatios

mA Mili Amperios

m³/h Metro cubico por hora

Vac Voltaje de corriente alterna

Vcc Voltaje de corriente continúa

°F Grados Fahrenheit

°C Grados centígrados

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INDICE DE CONTENIDO

		Pagina
	Resumen	2
1	Introducción	11
1.2	Objetivos	12
1.2.1	General	12
1.2.2	Específicos	12
1.3	Organización del trabajo	13
2	Marco teórico	14
2.1	Módulo experimental de tanques de llenado	14
2.2	Rotámetro	18
2.3	Switches de nivel	19
2.4	Transmisor de presión	20
2.5	Transmisor de flujo	21
2.6	Sensor de flujo de rotor	22
2.7	Electroválvula2	24
2.8	Variador de velocidad	24
2.9	Bomba centrífuga bifásica y trifásica	25
2.10	Válvula proporcional	27
2.11	P.L.C (control lógico programable)	28
2.12	Sensor de paleta	30
2.13	Mantenimiento	30
2.13.1	Mantenimiento correctivo	30
2.13.2	Mantenimiento preventivo	31
2.13.3	Mantenimiento predictivo	31
3	Metodología y resultados	33
3.1	Definir	33

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2	Medición	34
3.3	Análisis e implementación de soluciones	34
3.3.1	Sensor de rotor	35
3.3.1.1	Análisis	35
3.3.1.1.1	Estado	35
3.3.1.1.2	Corriente	35
3.3.1.1.3	Continuidad	35
3.3.1.2	Implementación de solución	36
3.3.2	Transmisor de flujo	37
3.3.2.1	Análisis	37
3.3.2.1.1	Estado	37
3.3.2.1.2	Corriente y voltaje	37
3.3.2.1.3	Continuidad	37
3.3.2.2	Implementación	38
3.3.3	Sensor de flujo on/off	39
3.3.3.1	Análisis	39
3.3.3.1.1	Estado	39
3.3.3.1.2	Voltaje y continuidad	39
3.3.3.2	Implementación	41
3.3.4	Bomba centrifuga trifásica	41
3.3.4.1	Análisis	41
3.3.4.1.1	Estado	41
3.3.4.1.2	Corriente, voltaje y continuidad	42
3.3.4.2	Implementación	43
3.3.5	Sensores de nivel on/off	44
3.3.5.1	Análisis	45
3.3.5.1.2	Continuidad y voltaje	45
3.3.5.2	Implementación	45

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.6	Bomba centrífuga bifásica	45
3.3.6.1	Análisis	45
3.3.6.2	Implementación	46
3.3.7	Variador de velocidad	46
3.3.7.1	Análisis	46
3.3.8	Cableado eléctrico	47
3.4	Controlar	48
3.4.1	Plan de seguridad	48
3.4.1.1	Precauciones	48
3.4.1.2	Cuidados	49
3.4.2	Guía cronológica de chequeos y mantenimientos	49
4	Conclusiones	52
5	Referencias	54

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Diagrama módulo de tanques	15
Figura 2. Diagrama de Instrumentación y Tubería (P&ID)	15
Figura 3. Rotámetro	18
Figura 4. Switches de nivel	20
Figura 5. Transmisores de nivel	21
Figura 6. Transmisor de flujo	21
Figura 7. Sensor de rotor	23
Figura 8. Electroválvula de agua	24
Figura 9. Variador de velocidad	25
Figura 10. Bomba centrífuga	26
Figura 11. Válvula proporcional	27
Figura 12. Tablero de control y potencia	29
Figura 13. Sensor de paleta graduable (on/off)	30
Figura 14. Sensor de rotor en la base del tubo	35
Figura 15. Sensor de rotor ubicado correctamente en la tubería	36
Figura 16. Sensor de rotor en tubería	37
Figura 17. Borneras del módulo de tanques	38
Figura18. Bornes de conexión del transmisor de flujo	39
Figura 19. Daño en la aleta del sensor por corrosión	40
Figura 20. Sensor de flujo	40
Figura 21. Sensor de flujo, aleta de 1"	41
Figura 22. Bomba trifásica	42
Figura 23. Golpe motor trifásico	42
Figura 24. Tapa posterior de la bomba centrífuga trifásica	43
Figura 25. Caracol bomba centrífuga trifásica	43

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 26. Mantenimiento bomba centrífuga trifásica	44
Figura 27. Tanque de acrílico	45
Figura 28. Conexión eléctrica desde la alimentación hasta el motor trifásico	46
Figura 29. Gabinete eléctrico	47

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1. Datos de instrumentos y equipos del módulo de tanques	16
Tabla 2. Datos generales del rotámetro.	19
Tabla 3. Especificaciones eléctricas	22
Tabla 4. Salida de corriente	22
Tabla 5. Datos generales sensor de rotor	23
Tabla 6. Bomba centrifuga bifásica	26
Tabla 7. Bomba centrifuga trifásica	27
Tabla 8. Características válvula mariposa	28
Tabla 9. Medición cualitativa	34
Tabla 10. Mantenimiento al módulo de dinámica de fluidos	49
Tabla 11. Parámetros de voltaje y corriente	50

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCION

Un fluido es considerado como un conjunto de átomos distribuidos al azar que se mantienen unidas a través de fuerzas cohesivas débiles y las fuerzas ejercidas por las paredes del recipiente que las contienen. La rama de la física que estudia los fluidos, recibe el nombre de mecánica de fluidos.

Los laboratorios de Fluidos estaban equipados con módulos de pruebas experimentales de tipo manual e instrumentos convencionales en los mismos que se realizaban ensayos reales, pero que presentaban deficiencias con respecto a la precisión y al tiempo de procesamiento de datos. En la actualidad el avance tecnológico ha provocado un gran avance en el campo de la simulación lo que ha hecho posible reemplazar los antiguos métodos de enseñanza, por otros que propenden al uso de la informática y la electrónica moderna.

En el Instituto Tecnológico Metropolitano, de Medellín – Antioquia, se cuenta con un laboratorio de fluidos, con el objeto de experimentar y analizar los fenómenos que ocurren cuando un fluido es expuesto a cambios en la presión y caudal

El laboratorio de mecánica de fluidos del ITM Medellín, tiene incorporado un módulo de dinámica de fluidos, constituidos por dos tanques de llenado de fluidos, un PLC (control lógico programable), y un sistema de válvulas, sensores, bombas centrífuga, y equipos de medición eléctrico y electrónico.

Mas, sin embargo, este módulo se encuentra en estado de no uso, y, por tanto, surge la necesidad de potenciarlo o rescatarlo, y se crea un proyecto marco (P14104), conformado por tres grandes etapas: i) Diagnostico y mantenimiento preventivo ii) Implementación del hardware de control convencional y iii) Modelado y control no lineal.

Este proyecto está enfocado a dar cumplimiento con la primera etapa, es decir, lo referente al diagnóstico y mantenimiento preventivo del módulo dinámico de fluidos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para su desarrollo, se realizó una revisión y diagnóstico de la totalidad de los componentes del equipo, para dejarlo correctamente instalado, listo para su funcionamiento, y uso de la comunidad estudiantil del ITM y en general para de la industria especializada de Antioquia. Luego de esta etapa se procedió con la correcta instalación y el mantenimiento correctivo, para así, obtener datos confiables de la medición, buen control de las variables experimentadas, y resultados precisos y confiables.

En este trabajo se intervino equipos como: sensores on/off, sensor de paleta, sensor de rotor, válvula proporcional, bomba centrífuga monofásica y trifásica, entre otros, realizando en cada uno de ellos un mantenimiento correctivo y programando otro preventivo.

1.2 Objetivos.

1.2.1 General

Verificar el correcto funcionamiento tanto mecánico, como eléctrico, y realizar el mantenimiento correctivo y preventivo para la puesta en funcionamiento de la instrumentación del módulo experimental de dinámica de fluidos del ITM.

1.2.2 Específicos

- Reconocer e interpretar planos de instrumentación y tubería
- Verificar la correcta instalación y funcionamiento de cada uno de los instrumentos y realizar mantenimiento correctivo a los instrumentos que lo requieran.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo.
- Realizar un informe escrito proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.3 Organización del trabajo

El trabajo se dividió en 4 etapas donde se dará una explicación general de los instrumentos, funcionamiento y mantenimiento realizados de cada uno de los equipos del módulo de tanques.

La primera parte está el marco teórico, en ella, se encontrarán detalles técnicos generales muy puntuales de los instrumentos más importantes del equipo, además, se darán conceptos técnicos de cómo se debe realizar un mantenimiento correctivo y preventivo.

La segunda parte es la metodología, en esta parte se realizó un diagnostico total del equipo. Inicialmente se realizará una inspección visual (general) de todos los instrumentos, su estado, ubicación en el módulo de tanques y su correcto funcionamiento. En esta segunda parte lo que se busca es encontrar problemas que estén afectando el módulo y no lo estén dejando operar.

La tercera parte son los resultados. Se procede a realizar mantenimiento correctivo y preventivo a cada uno de los instrumentos donde se encuentre problemas de funcionamiento. Se realizará una tabla de plan de mantenimiento preventivo, la cual va ayudar a que el equipo no vuelva a estar fuera de servicio. En la cuarta parte estarán las recomendaciones y conclusiones.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEORICO

2.1 Módulo experimental de tanques de llenado

El módulo de tanque de llenado de líquidos, es un equipo que permite realizar acciones de control sobre las variables de nivel y caudal del líquido de un tanque, a través de un sistema de control cuyo elemento principal es un PLC que comanda la apertura y las variables del sistema desde un tanque de almacenamiento de líquido.

El sistema se compone de dos tanques a los cuales se les suministra fluido para hacer las pruebas, uno de los tanques en lámina de acrílico transparente, de 10 mm de espesor, un diámetro de 79 cm, y una altura de 98cm del nivel del piso. El otro tanque en lámina de acero 1020 de 3/16 pulgadas, un diámetro de 98 cm y una altura de 115 cm sobre la base del piso (ver figura 1), el izquierdo acrílico, el derecho lamina 1020. Los tanques y los instrumentos restantes, se encuentran comunicados por tubería PVC de 2. En general los componentes del sistema son pulgadas (ver figura1 y 2):

- 1 PLC referencia Siemens,
- 1 Pantalla táctil
- 2 Tanques
- 1 Transmisor de presión
- 2 Detectores magnéticos
- 1 variador de velocidad
- 2 Bombas centrífugas
- 1 Transmisor de presión diferencial
- 1 Válvula mariposa.
- 1 Rotámetro visualizador de flujo,
- 2 Transmisores de flujo,
- 1 convertidor de corriente a Presión

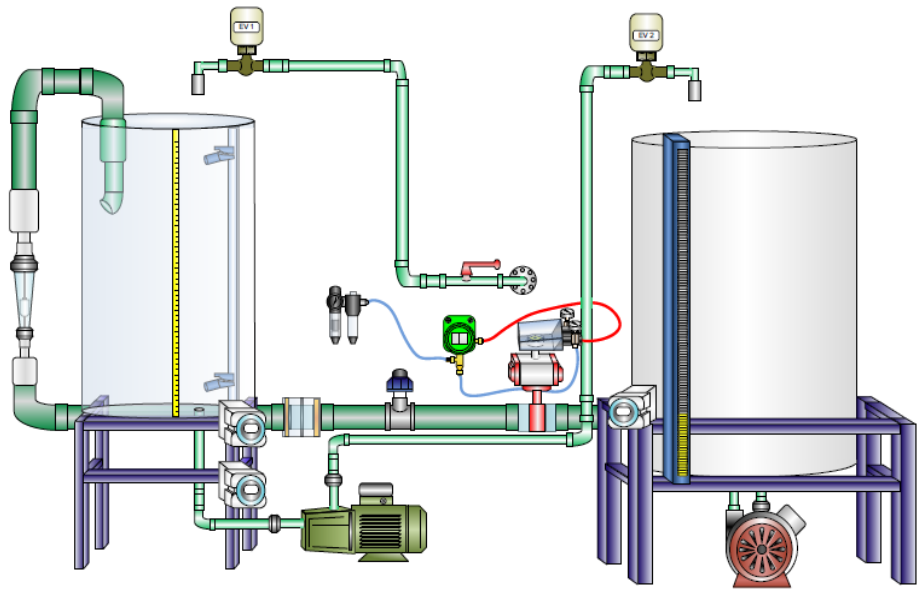


Figura 1. Diagrama módulo de tanques.
Fuente: (Fonseca & Villegas, 2009)

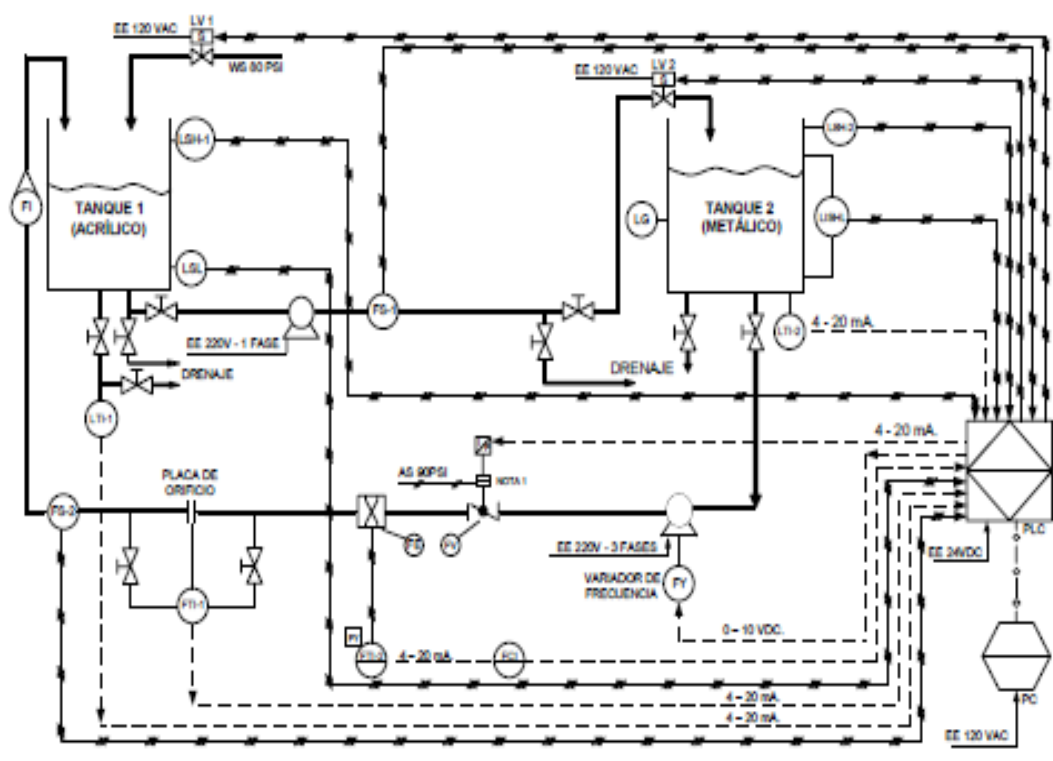


Figura 2. Diagrama de Instrumentación y Tubería (P&ID).
Fuente: (Ramirez & Londoño, 2007)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se debe de conocer las especificaciones técnicas de los instrumentos que componen el equipo (La tabla 1). Este módulo experimental proporciona al laboratorio de fluidos ITM, de una herramienta tecnológica para realizar prácticas experimentales de nivel y caudal, con altos índices de precisión y confiabilidad.

Tabla1. Datos de instrumentos y equipos del módulo de tanques.

ELECTRO VALVULA: LV1	ELECTRO VALVULA 2: LV2	SENSOR DE NIVEL: LSH-1	TRANSMISOR DE NIVEL: LTI-1
Marca: UNI-D Corporation Modelo: US-15 Alimentación: 110 Vac Diámetro tubería: ½” Presión de operación: Mínima: 0.5 Kg/Cm ³ Máxima: 15 Kg/Cm ³ Material: bronce	Marca: UNI-D Corporation Modelo: US-15 Alimentación: 110 Vac Diámetro tubería: ½” Presión de operación: Mínima: 0.5 Kg/Cm ³ Máxima: 15 Kg/Cm ³ Material: bronce	Sensor magnético Flotador tipo Reed NC Montaje: horizontal Material: PVC Montaje: tanque acrílico	Marca: SIEMENS Sitrans P Modelo: 7MF4622-1FY00-1AA3-Z Alimentación: 11 - 45 Vdc Salida: 4 - 20 mA Alcance medida: 25 - 1600 mbar

TRANSMISOR DE NIVEL: LTI-2	TRANSMISOR DE FLUJO: FIT BOMBA	CENTRÍFUGA 1 BOMBA	CENTRÍFUGA 2
Marca: SIEMENS Sitrans P Modelo: 7MF4022-1BA00-1AA3-Z Alimentación: 11 - 45 Vdc Salida: 4 - 20 mA Alcance medida: 0,01 - 1 bar Limite sobrecarga: -1 - 6 bar	Marca: SIEMENS Sitrans P Modelo: 7MF4422-1FA00-1AA3-Z Alimentación: 11 - 45 Vdc Salida: 4 - 20 mA Alcance medida: 16 - 1600 mbar Presión nominal: PN 160 Diámetro salida: 1”	Marca: DAB Voltaje: 230 Vac, Monofásica Amperaje: 5,2 A RPM: 3400 Caudal: 0,4 - 3,3 m ³ /h Diámetro entrada: 1” Diámetro salida: 1” Potencia: 1 P.D./1,04k.o.	Marca: SIEMENS Voltaje: 220 - 440 Vac, trifásica Amperaje: 5,6 A - 2,8 RPM: 3450 Diámetro entrada: 1 1/4” Diámetro salida: 1” Potencia: 1,8 P.D./1,34 Kw

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TANQUE 1 ACRÍLICO	TANQUE 2 METÁLICO	INDICADOR DE NIVEL DE VIDRIO LG	SENSOR DE NIVEL BAJO: LSL
Altura: 98,5 cm Diámetro interno: 78 cm. Volumen: 0,47 m3 Material: acrílico	Altura: 119 cm Diámetro interno: 96,5 cm. Volumen: 0,87 m3 Material: hierro, impermeabilizado	Rango: 1100 mm Material: Vidrio Diámetro: 1/2" Válvulas de cierre inferior y superior	Sensor magnético flotador tipo Reed, NC montaje: horizontal Material: PVC

SENSOR DE NIVEL LSH-2	CONTROLADOR DE FCIA. : FC	CONTROLADOR DE NIVEL: LC	PLC S7 – 300
Sensor por conductividad Referencia: LA9RM201 Nivel máximo Material: Metálico Montaje: Suspendido por cable Temperatura: 100 °C Peso: 0,22 lb Longitud Máx. Cable: 100m	Marca: Siemens Referencia: 6SE9216-8CB40 Micro máster Entrada: 230 Vac Salida: 0 - 230 V Corriente entrada: 14,4 A Corriente salida: 7,40 A Frecuencia entrada: 47 - 63 Hz Frecuencia de salida: 0 - 400 Hz Motor. 200 Hp/1500 W Peso: 1,75 Kg Temperatura de rango: 0 - 50 °C	Unid. De control para sensor de conductividad Marca: Telemecanique Referencia: R3M - LG2 Salida: Contacto seco SPDT Alimentación: 110 Vac Temporización: 250 ms, fija Indicación: Energización: led verde Conmutación: led rojo	Fuente de modelo S5 Alimentación Entrada: 120 - 230 Vac Alimentación salida: 24 Vdc Corriente: 2 A CPU: 314 IFM

PC (control lógico programable)
Alimentación de entrada: 110 Vac CPU Marca: Compel Ltda. Disco duro: 40 GB CD-ROM: LG Monitor marca: Samsung 14" Teclado Genius Mouse Genius

Fuente: (Ramirez & Londoño, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2 Rotámetro

Los rotámetros (Ver figura 3), operan bajo el principio de cambio del área de flujo requerida para producir una caída de presión constante proporcional a la tasa de flujo. La corriente de flujo entra al medidor por la parte inferior, pasa hacia arriba a través del tubo de medición alrededor del flotador, y sale por la parte superior. La tasa de flujo se mide de acuerdo a la posición del flotador en una escala calibrada y gravada en el vidrio del tubo de medición.

Los rotámetros pueden ser correlacionados y de lectura directa. Un rotámetro de lectura directa indica en su escala la tasa de flujo en unidades de ingeniería específicas (por ejemplo. gpm, m³/h o lt/min). Son más usados que los rotámetros correlacionados pero menos exactos, esto debido, a que en el rotámetro correlacionado la lectura se toma desde su escala registrada a lo largo de sus 65 mm o 150 mm de su cuerpo, y luego la lectura debe compararse con una tabla de correlación para el gas o el líquido específico. Lo que dará la lectura actual en unidades de ingeniería más exacta.

Generalmente, los rotámetros deben ser montados verticalmente, porque el flotador debe localizarse en el centro de la corriente del flujo. Con una tasa grande de flujo, el flotador asume una posición hacia la punta del tubo de medición y a tasas de flujo pequeñas el flotador estará en la parte baja del tubo. Algunos rotámetros poseen flotadores con resortes lo que permite que puedan ser montados en cualquier orientación (Ramirez & Londoño, 2007).

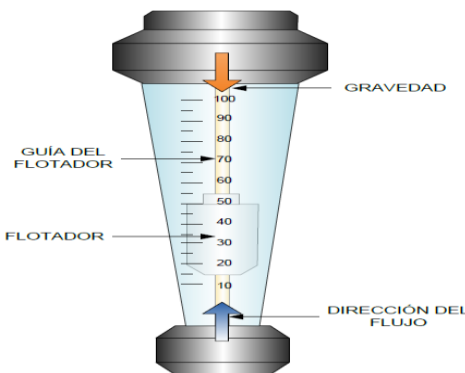


Figura 3. Rotámetro.

Fuente: (Ramirez & Londoño, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Los datos generales rotámetro (ver tabla 2) son necesarios para una correcta instalación y selección.

Tabla 2. Datos generales del rotámetro.

Marca	DWYER
Referencia	UV – 5115
Presión Máxima	150 psi. (10.34 bar.)
Constitución y Material	Cuerpo policromado con flotador interno
Exactitud	± 2% a máxima escala @ 70 °F +/-2 F (21.1 °C) y 14.7psi.
Repetitividad	+/- 1% a máxima escala @ 70 °F +/-2 F(21.1 °C) y 14.7psi.
Peso	1. lb. (457 g.)

Fuente: (Ramirez & Londoño, 2007)

2.3 switches de nivel:

Los swiches de nivel, también conocidos como "sensor de nivel" o "flotador de nivel" trabajan con un contacto Reed swiche y un flotador magnético. Con el movimiento de este flotador, se abre o se cierra el contacto. Los swiches detectan el nivel del líquido de depósitos en el punto donde son instalados, devolviendo un contacto ON/OFF en la salida.

Estos equipos electromagnéticos son utilizados en la industria para controlar el nivel máximo o el mínimo de los fluidos, dependiendo de la función que se necesite. Cuando el flotador del equipo está completamente horizontal con respecto a su base fija pasa de estar normalmente cerrado (NC) y cuando no está horizontalmente con su base se llama normalmente abierto (NA) (ver figura 4), cuando el instrumento está normalmente abierto impide el paso del fluido que está ingresando al tanque y cuando esta normalmente cerrado el sistema deja ingresar nuevamente fluido al tanque. El ejemplo más sencillo de swiche de nivel es el flotador de un retrete, que interrumpe el flujo de agua al alcanzar el tanque un nivel determinado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Debido a que estos swiches de nivel trabajan a una potencia aproximada de 20W, que es corriente necesaria para activar una lámpara o señales acústicas, son también utilizados en sistemas de control digital (micro controladores y convertidores de frecuencia) o para accionar relés, plc y contactares (Fonseca & Villegas, 2009) .



Figura 4. Switches de nivel.
Fuente: (ROTH, 2006)

El swiche se monta en posición horizontal utilizando las bases de montaje. Este tipo de sensores son muy útiles para sitios donde no se tiene una visibilidad notable del flujo y se desea conocer cuando el fluido esta en cierto nivel.

2.4 Transmisor de presión

Un transmisor de presión es un equipo de medición que transforma la presión de la línea de fluido en un valor eléctrico. Este valor es de 4 a 20 mA. Una vez conectado el transmisor en la línea de fluido, enviará una señal con el valor indicado, a un sistema de control. El trasmisor SITRAS P (ver figura 5) mide la presión en gases, vapores y líquidos agresivos y no agresivos.

En el módulo de tanques encontramos instalado un transmisor de Presión Diferencial (figura 1) entre el tanque de acrílico y el de lámina, el cual estará enviando una señal de 4 a 20 mA al PLC. Teniendo en cuenta que la medida a controlar en el tanque de acrílico es caudal, se hace una relación entre la señal de salida del transmisor de presión y la variable de caudal que está llegando al tanque de acrílico (Fonseca & Villegas, 2009).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 5. Transmisores de nivel.
Fuente: (siemens, 1996-2017)

2.5 Transmisor de flujo

Los transmisores son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor, indicador, registrador, controlador o combinación de estos.

El transmisor de flujo GF Signet 8550 (figura 6) es una solución avanzada que convierte la señal de cualquiera de los sensores a una salida de 4 a 20 mA (ver tablas 2 y 4). Entre las características de este modelo más significativas son, la de poder contar con entradas y salidas de información, además, de traer dos relevadores para control de procesos, dos opciones de empaque para montaje integral o para montaje en tubería o panel, y es escalable a casi cualquier flujo y unidad ingenieril. En el módulo, el transmisor de flujo cumple la función de recibir la señal de flujo que proviene del sensor de rotor, para enviar al controlador plc (signet 8550-1, 2012).



Figura 6. Transmisor de flujo.
Fuente: (signet 8550-1, 2012)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 3. Especificaciones eléctricas.

Alimentación	12 a 24 VCC $\pm 10\%$ regulado
Entrada del sensor	Corriente de 90 mA máx.
Gama	0.5 a 1500 Hz
Alimentación del sensor	Sistema bifilar: 1,5 mA a 5 VCC $\pm 1\%$, Trifilar: 20 mA a 5 VCC $\pm 1\%$ Aislado ópticamente del circuito de corriente

Fuente: (signet 8550-1, 2012)

Tabla 4. Salida de corriente.

4 a 20 mA, aislada, totalmente ajustable y reversible	
-Máxima impedancia del circuito:	50 Ω máx. a 12 V 325 Ω máx. a 18 V 600 Ω máx. a 24 V
-Índice de actualización:	100 ms
-Exactitud:	$\pm 0,03$ mA

Fuente: (signet 8550-1, 2012)

2.6 Sensor de flujo de rotor

Se utiliza cuando los datos sobre el caudal deben transmitirse como salida de impulsos. Este sensor contiene un transductor que transmite una señal de 0-100Hz. La señal de la salida es linealmente proporcional al caudal. Funciona en medios como: el agua y líquidos de baja viscosidad.

El módulo de tanques cuenta con un sensor de rueda de paletas (ver figura 7), el cual por medio de pulsaciones (señales análogas) llegan a un transmisor de flujo digital (ver figura 6), en donde se registra el caudal de un tanque a otro. (signet 515/2536, 2013).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 7. Sensor de rotor.
Fuente: (signet 515/2536, 2013)

La selección del sensor se debe de tener en cuenta para que tipo de trabajo se va utilizar y su ficha técnica (ver tabla 5).

Tabla 5. Datos generales sensor de rotor.

Margen de velocidad de flujo	0,1 a 6 m/s (0,3 a 20 pies/s)
Longitud de cable	305 m (1000 pies) máximo
Tipo de cable	Cable blindado trenzado de dos Conductores (22 AWG)
Cuerpo del sensor	Polipropileno relleno de vidrio o PVDF
Juntas tóricas	FPM (estándar) o EPDM o FFKM
Pasador	Titanio o Hastelloy-C o PVDF; (Otros materiales opcionales)
Rotor	PVDF negro o PVDF natural; opcional: con o sin manguito de PTFE. Reforzados con fibra de carbono
Frecuencia	49 Hz por m/s nominal (15 Hz por pie/s nominal)
Voltaje de alimentación	3,3 a 24 VCC regulada
Corriente de voltaje	<1,5 mA @ 3,3 - 6 VCC, <20 mA @ 6 - 24 VCC
Tipo de salida	Transistor de colector abierto, hundimiento
Corriente de salida	10 mA máx.

Fuente: (signet 515/2536, 2013)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.7 Electroválvula

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula (ver figura 8). El solenoide convierte energía eléctrica, mediante magnetismo, en energía mecánica, para actuar directamente sobre la válvula dando la energía necesaria para su movimiento.

Las electroválvulas pueden ser bi-estables, que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar; de tipo directo de un solenoide pueden, normalmente cerradas, o bien pueden ser del tipo normalmente abiertas.

Otro tipo de electroválvula llamadas asistidas, el solenoide no controla la válvula directamente, sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal será dependiente de la secundaria.

La electroválvula, es del tipo asistido, y, en el caso del módulo tanques trabajan en serie con los interruptores de nivel, cuando el interruptor de nivel esta normalmente abierto deja pasar corriente a la electroválvula y esta deja pasar el fluido y cuando el interruptor pasa a estar normalmente cerrada la electroválvula también lo hace. (Fonseca & Villegas, 2009).

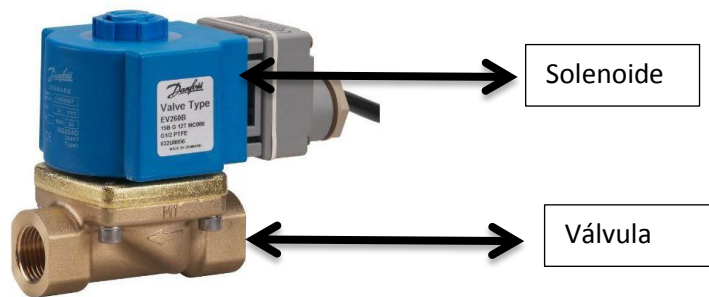


Figura 8. Electroválvula de agua.

Fuente: (danfoss, 2008)

2.8 Variador de velocidad

El principio básico de funcionamiento de un variador de velocidad es transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable. Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie. Una etapa rectificadora

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

que transforma la corriente alterna en continua, con toda la potencia en el llamado circuito intermedio y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con una frecuencia y una tensión regulables, llamada onduladora.

La función principal del variador de velocidad (ver figura 9) en el laboratorio es la de arrancar y controlar la velocidad del motor trifásico de la de una bomba centrífuga desde el PLC, y darle un arranque suave que permita salvaguardar la integridad del motor y prevenir los aumentos de consumo de corrientes altos. (siemens micromaster 440 edicionB1, 2001)



Figura 9. Variador de velocidad.

Fuente: (siemens micromaster 440 edicionB1, 2001)

2.9 Bomba centrífuga bifásica y trifásica

La bomba es el medio mecánico para transportar líquidos y semilíquidos de un punto a otro, más usados en todos los procesos. Existen muchos tipos pero indudablemente las bombas centrífugas son las líderes dentro de ellas. Básicamente, el principio de funcionamiento consiste en imprimir energía cinética y potencial a un líquido para moverlo de un punto a otro, a través de energía mecánica obtenida del rotor de un motor.

En el montaje se instalan dos bombas, una para impulsar el agua desde el tanque de lámina al de acrílico, y otra para retornar el fluido al punto inicial.

Una bomba centrífuga (ver figura 10) normalmente es controlada por un plc y un variador de velocidad (ver figura 9), donde se regulan las rpm del motor para generar un arranque más controlado. Dependiendo de las características de la bomba bifásica (ver tabla 6) o bomba trifásica (ver tabla 7), del diámetro de entrada y salida del fluido, se determina la fuerza o impulso y caudal del fluido a través de la bomba. (Ramirez & Londoño, 2007)

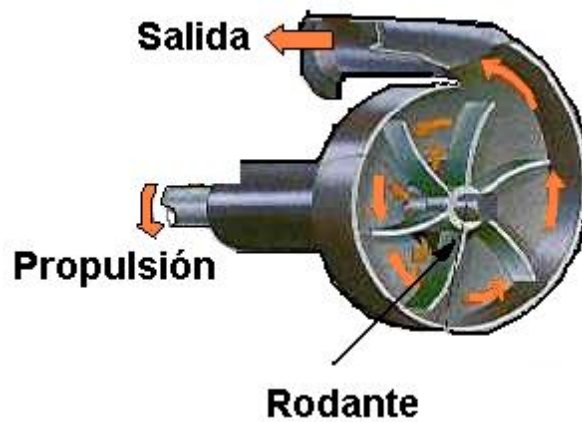


Figura 10. Bomba centrífuga.
Fuente: (Ramirez & Londoño, 2007)

Tabla 6. Bomba centrífuga bifásica.

MARCA	DAB WATER-TECHNOLOGY
VOTAJE	230 Vac
AMPERAJES	5.2 A
RPM	3.400
CAUDAL	0.4-3.3 m3/h
DIAMETRO DE ENTRADA	1"
DIAMETRO DE SALIDA	1"
POTENCIA	1P.D/1.04 KW

Fuente: (Ramirez & Londoño, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 7. Bomba centrífuga trifásica.

MARCA	SIEMENS
VOLTIOS	220-440 Vac
AMPERAJES	5.5ª-2.8
RPM	3.450
DIAMETRO DE ENTRADA	1 ¼"
DIAMETRO DE SALIDA	1"
POTENCIA	1.8 P.D/1.34 KW

Fuente: (Ramirez & Londoño, 2007)

2.10 Válvula proporcional

Una válvula de mariposa servo piloteada de control de flujo (ver figura 11), funciona a través de un convertidor de señal I/P con entrada de 4 a 20 mA y realiza una salida proporcional al actuador neumático de doble efecto de 3 – 15 psi (ver tabla 7). La señal I/P viene directamente controlada desde el tablero (plc) quien a través de pulsos de corriente se encarga de regular la posición del actuador de la válvula y la dirección del flujo de agua. (Ramirez & Londoño, 2007)

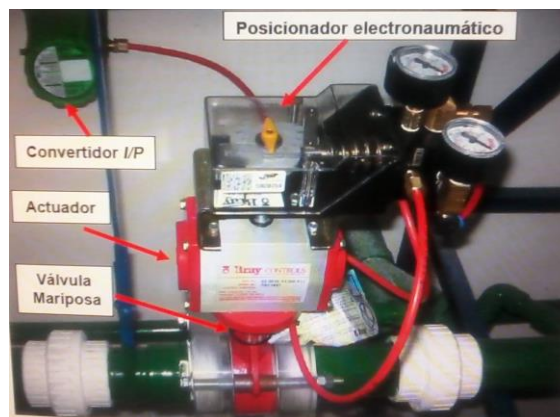


Figura 11. Válvula proporcional.

Fuente: elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 8. Características válvula mariposa.

Marca	BRAY
Referencia	Serie 30
Cuerpo	Diámetro: 2 “, Material: Hierro dúctil Norma: ASTM A536 Asiento: EPDM Cubierta: Acero inoxidable 316 ASTM A276 tipo 316. Disco: Acero inoxidable 316 ASTM A351 CF8M.
Rango de temperatura	-40 °C (-40 °F) a +121 °C (+250 °F)
Peso	5.5 lbs.

Fuente: (Fonseca & Villegas, 2009)

2.11 P.L.C (control logico programable)

Comercialmente hay 2 tipos de máquinas que realizan el automatismo mediante lógica programada.

- Los computadores
- Los PLC.

La diferencia es que el computador emplea lenguajes informáticos y el PLC (ver figura 12) lenguajes específicos. El lenguaje utilizado en el PLC depende del problema considerado y puede ser: Booleano, de contactos (ladder o escalera), grafcet, literal, etc. (Ramirez & Londoño, 2007).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

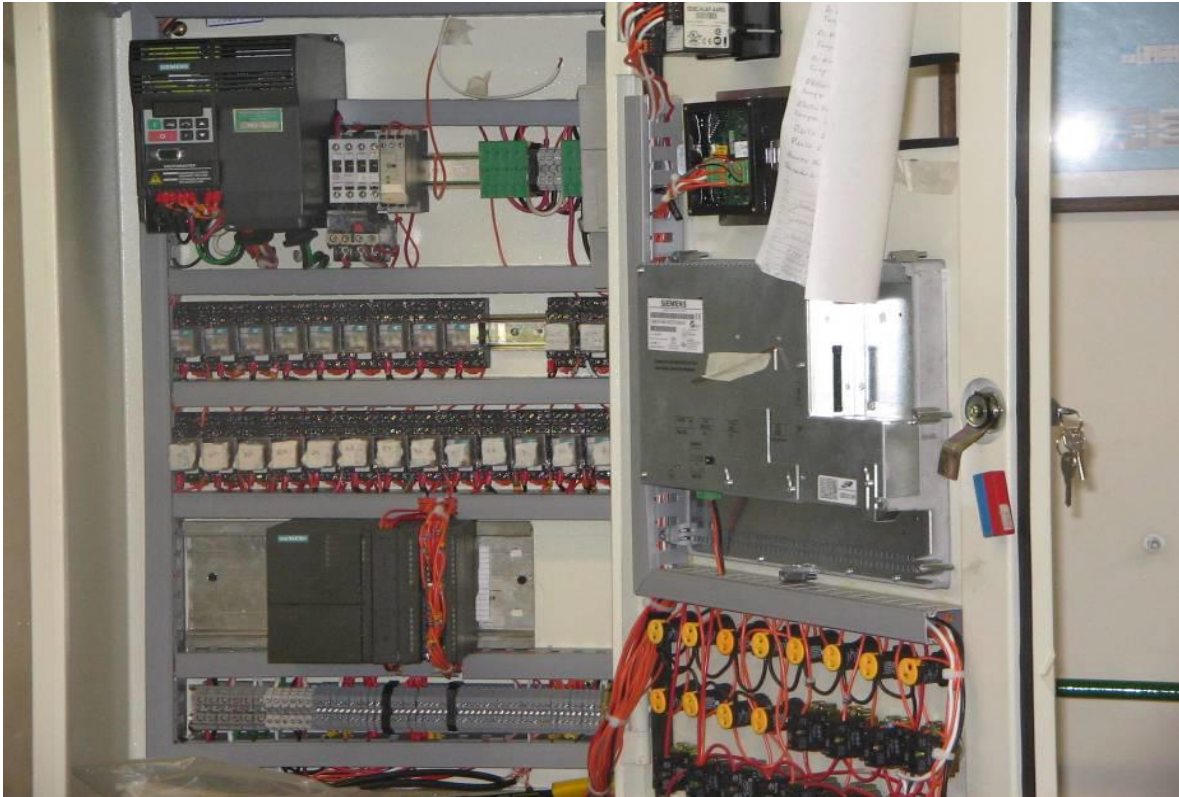


Figura 12. Tablero de control y potencia.
Fuente: elaboración propia

Las ventajas son:

- Permite cambios según el desarrollo de la máquina
- Emplea menor tiempo de realización y mano de obra
- Facilita el empleo de sistemas de control distribuidos
- Los costos, pesos, tamaño, volumen y mano de obra son menores
- Hay más confiabilidad
- Simula procesos, alarmas y fallas sin influir en la máquina

Las desventajas son:

- Se requiere de personal calificado para el manejo de estos dispositivos, lo que con lleva a un relativo aumento de los costos y una mayor dificultad para seleccionarlo.
- Debido a lo delicado de la operación tanto en la producción, como en el código de programación, se deben tener en cuenta múltiples detalles para operar con éxito.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.12 Sensor de paleta

Este modelo es recomendado para medir grandes caudales, de más de 20 LPM (ver figura 13). Su principio de funcionamiento es detectar el paso de flujo a través de un led luminoso que está conectado en serie con el sensor de paleta. Si al activar la bomba se enciende el led significa que hay flujo, pero, si pasado un minuto luego de activada la bomba y el led no enciende se debe de apagar el sistema y revisar la anomalía, con el fin de que los equipo como la bomba centrífuga (ver figura 8) no trabajen en seco y puedan sufrir daños.

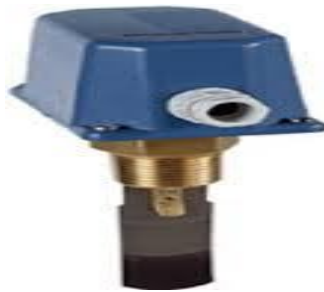


Figura 13. Sensor de paleta graduable (on/off).
Fuente: (KOBOLD, 2006)

2.13 Mantenimiento

Se define como mantenimiento a la conservación de un equipo para que durante su ciclo de vida este en óptimas condiciones de trabajo.

En el entorno académico e industrial se trabaja con 3 tipos de mantenimientos:

1. Mantenimiento correctivo.
2. Mantenimiento preventivo.
3. Mantenimiento predictivo.

2.13.1 Mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento es uno de los más trabajados en la industria y en el ámbito académico, ya que se trabaja llevando al equipo a falla natural o forzada.

Ejemplo: ¿Cómo realizar el mantenimiento correctivo en un equipo?

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Dialogar con el cliente u operario, ¿qué paso? En el momento de la falla del equipo.
- Realizar una inspección visual sin encender el equipo.
- Realizar una inspección con el equipo encendido con el operario al lado.
- Realizar los chequeos respectivos (electricos, electrónicos, servicio de agua, puntos críticos del equipo, presión, caudal de flujo, humedad y temperatura).
- Luego de realizar los chequeos y hallar el problema se debe dar solución a este.
- Con la falla ya resuelta, se debe detectar a que se debió el problema. Para que este no sea repetitivo.

2.13.2 Mantenimiento preventivo. Este mantenimiento busca prevenir las anomalías o fallas que pueda presentar un equipo para preservar su confiabilidad en el trabajo.

Ejemplo: ¿Cómo realizar un mantenimiento preventivo a un equipo?

- Se debe de conocer el equipo y modo de operación (Revisar manual del equipo).
- Se debe realizar una inspección del estado actual del equipo.
- Se debe de llevar un registro de sus parámetros antes y después del mantenimiento.
- Se deben realizar chequeos eléctricos, limpieza general, lubricación, ajustes mecánicos, ajuste de parámetros, ajuste de presiones, pintura, mejoras de diseño y de operación.

En el mantenimiento preventivo se debe de crear una hoja de vida con el fin de registrar todas las anomalías que se evidencien en cada revisión para adelantarnos a posibles averías.

2.13.3 Mantenimiento predictivo. Este tipo de mantenimiento es uno de los más recomendados actualmente en la industria, ya que trabaja con equipos de última

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tecnología que ayudan a prevenir fallas o averías antes de que ocurran con el fin de que no haya paros de producción.

Algunas de las metodologías que se aplican son:

- Vibraciones.
- Cámaras térmicas.
- Ultrasonidos.
- Análisis de lubricantes.

Hasta ahora se ha descrito de manera general, el módulo de tanques experimental y sus instrumentos; además, se ha conceptualizado cómo realizar un mantenimiento preventivo o correctivo adecuado a un equipo. En el capítulo siguiente se describe el estado actual del módulo de tanques, haciendo reconocimiento de su estado superficial, verificando los parámetros, con el objetivo de obtener los datos suficientes para generar un análisis, que nos lleve a una hipótesis del problema encontrado y a su vez una implementación de las soluciones; es decir se describirá el mantenimiento correctivo y preventivo del equipo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGIA Y RESULTADOS

La metodología implementada es la metodología DMAIC, basada en un ciclo que facilita la planeación, análisis y desarrollo de las soluciones a un problema.

3.1 Definir

El proyecto incluye la activación y puesta a punto en funcionamiento del sistema experimental de llenado tanques existente del laboratorio de fluidos ITM, con el objeto de ponerlo a disposición de los programas curriculares de las tecnologías, tales como, electromecánica, electrónica y producción en el ITM.

El laboratorio es un escenario de investigación y desarrollo, que no solo genera aportes y avances intelectuales a la comunidad de docentes, estudiantil, y de profesionales egresados, si no, que su importancia se verá reflejada en la comunidad industrial cuando estos conocimientos se han aplicados en sus procesos; disminuyendo sus costos y aumentado sus rentabilidades.

Con el objeto de dar inicio al proyecto se procedió de la siguiente forma:

- Reconocimiento y localización del equipo y sus instrumentos.
- Entender el funcionamiento del módulo de llenado.
- Verificar la correcta instalación, estado, y funcionalidad de los componentes.
- Correlacionar las mediciones en campo con las fichas técnicas de los manuales.
- Se procedió hacer mantenimiento correctivo a los instrumentos que lo requerían, y, posteriormente se realizan verificaciones de voltaje, amperaje y continuidad.
- Se llena el tanque de acrílico con agua, se energiza para hacer un primer barrido prueba. Se verifican fugas de líquido en general y funcionamiento eléctrico y electrónico.
- Se realiza una tabla de mantenimiento preventivo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2 Medición

Se evalúa y realizan mediciones de los siguientes parámetros: Estado, corriente, voltaje, y continuidad para evaluar la funcionalidad (ver tabla 9).

Tabla 9. Medición cualitativa.

Descripción del equipo	Estado	Corriente	Voltaje	continuidad	Funcionalidad
Sensor de rotor	C	IC	NA	C	NF
Transmisor de flujo	C	IC	IC	IC	NF
Sensor de flujo on/off	IC	NA	IC	IC	NF
Bomba centrífuga trifásica	IC	C	C	C	F
Sensor de nivel on/off	IC	NA	IC	IC	NF
Variador de velocidad	C	C	C	C	F
Bomba bifásica	C	C	C	C	F

Fuente: Elaboración propia

Simbología de la tabla de medición cualitativa:

C (correcto): el instrumentó está bajo parámetros de buen funcionamiento.

IC (incorrecto): el instrumento no está bajo parámetros y mal funcionamiento.

F (funcional): El instrumento está en funcionamiento.

NF (no funciona): el instrumento no está en funcionamiento.

NA (no aplica): no se requiere la medición.

3.3 Análisis e implementación de soluciones

Teniendo como referencia (ver tabla 9), se procede a verificar la correcta instalación y funcionamiento de cada uno de los instrumentos y analizar cuál de ellos requiere mantenimiento correctivo.

3.3.1 Sensor de rotor

3.3.1.1 Análisis

3.3.1.1.1 Estado: Se verifica inicialmente el estado superficial del equipo y no se ve desgaste ni corrosión (estos equipos sufren mucho de corrosión ya que su función es siempre estar en contacto con el agua).

3.3.1.1.2 Corriente: Se procede a encender el equipo para verificar el funcionamiento del sensor (figura 7) se evidencia inmediatamente un problema, el sensor no está mandando la señal de 4-20mA (ver tabla 5) al transmisor de flujo (figura 6).

Se desmonta el sensor y se verifica su funcionamiento mecánico girando su rotor manualmente, con el amperímetro se mide la corriente y su variación, determinándose su correcta medición (4 – 20 mA) lo que certifica que el sensor está en buen estado.

3.3.1.1.3 Continuidad: por otra parte su cableado eléctrico se ve en buen estado y no presenta sulfatación en sus terminales ni sobrecalentamiento en la integridad del cable.

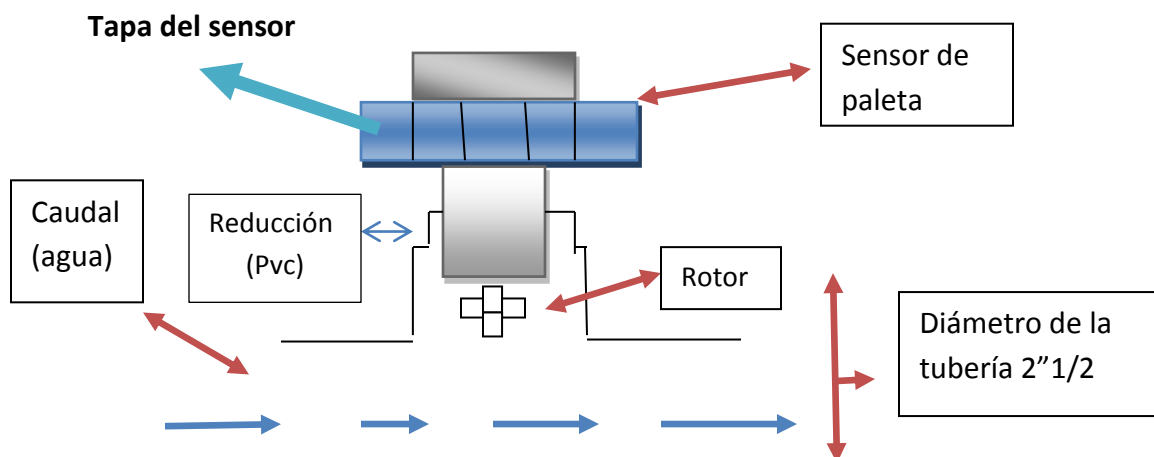


Figura 14. Sensor de rotor en la base del tubo.

Fuente: elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.1.2 Implementación de solución

Como el instrumento se encuentra en buen estado pero no es funcional (ver tabla 9), se presume que el daño está en su instalación y se procede a revisar su ubicación e instalación en la línea de tubería. Se pudo entonces determinar que la altura de la base del sensor no le permitía alcanzar el flujo de agua en la tubería, por lo cual, el rotor no giraba, y desde luego no mandaba señal al transmisor de flujo (ver figura 14).

Se procede a ajustar la base del sensor, bajándola aproximadamente 8 mm, de tal manera que el caudal del agua haga girar el rotor, para lograrlo se retira la reducción que estaba en la base del sensor y se conecta directamente al acople de la tubería de agua (ver figura 15).

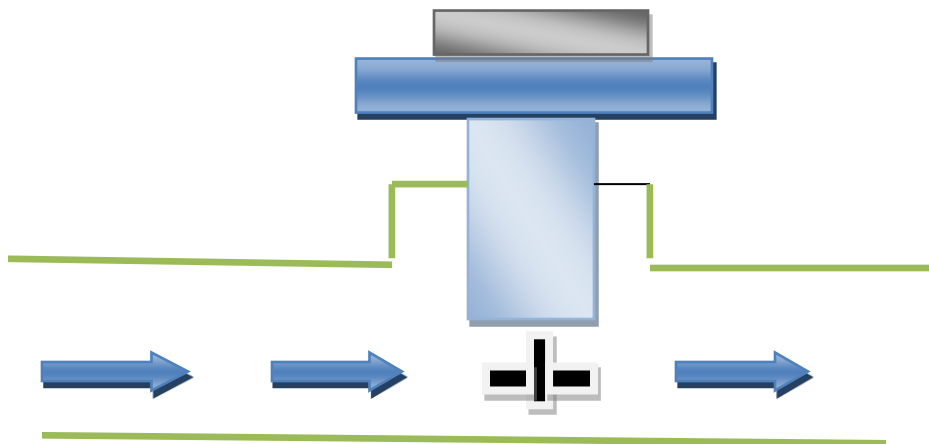


Figura 15. Sensor de rotor ubicado correctamente en la tubería.
Fuente elaboración propia

Luego de instalar el sensor correctamente en la base de la tubería de agua (ver figura 16) se procede a encender el equipo y a realizar pruebas de funcionamiento del sensor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 16. Sensor de rotor en tubería.
Fuente: elaboración propia

3.3.2 Transmisor de flujo

3.3.2.1 Análisis

Se enciende el equipo para verificar su funcionamiento y no se observa ningún registro en el transmisor debido al problema antes dicho en el sensor de rotor.

3.3.2.1.1 Estado: El transmisor de flujo nos permite registrar los datos en tiempo real que envía el sensor de rotor (ver figura 7); se revisa su estado superficial y no se ve ninguna anomalía en su estructura ni en su pantalla digital.

3.3.2.1.2 Corriente y voltaje: Al realizar la medición con el amperímetro y voltímetro, no se registraron datos. El instrumento no encendía.

3.3.2.1.3 Continuidad: Sabiendo que el sensor de rotor esta bueno, se realiza una prueba, haciendo girar manualmente el rotor del sensor, pero, no presentó ninguna señal de corriente y continuidad. Se toma la decisión entonces de iniciar con chequeos de continuidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.2.2 Implementación

Debido a que el instrumento no enciende se procedió a revisar su manual (SIGNET 8550-1) con el objetivo de confirmar su correcta instalación eléctrica. Al mismo tiempo se realizaron unos chequeos de continuidad que confirmaron que el transmisor tenía dos problemas, uno de conexión y otro de cables sueltos (ver figura 17 Y 18).

El problema de continuidad, se encontró en la bornera 34 (ver figura 17) un cable suelto, el cual interrumpía la señal eléctrica del sensor de rotor.

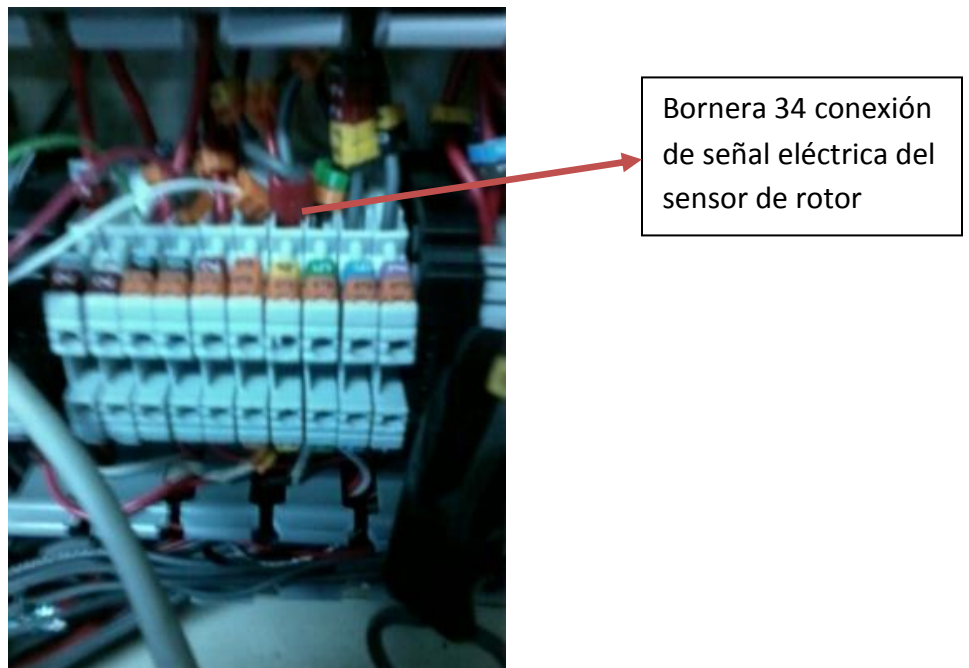


Figura 17. Borneras del módulo de tanques.
Fuente: elaboración propia

El siguiente problema se trata de una incorrecta conexión en los bornes del transmisor, no estaba conectado el puente entre los bornes 4 y 2 y la fuente de alimentación estaba conectada en bornes diferentes. Se conectan los cables correctamente como lo dice el manual del equipo en el transmisor de flujo (ver figura 18).

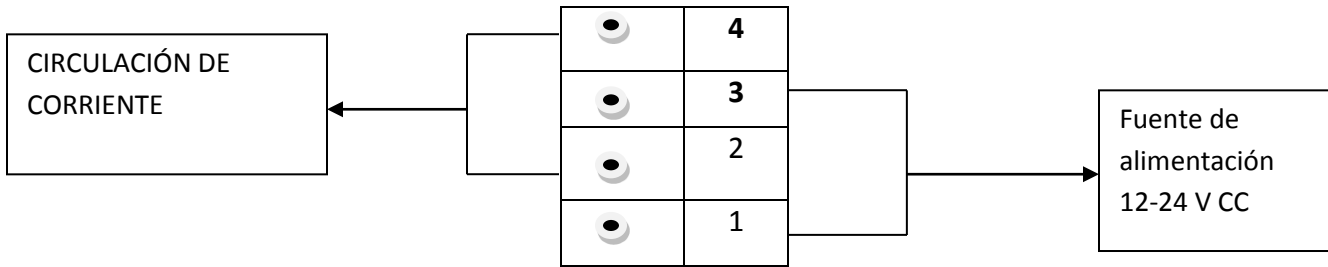


Figura18. Bornes de conexión del transmisor de flujo.
 Fuente: elaboración propia

Una vez corregidos estos problemas se enciende el equipo para realizar pruebas de funcionamiento en paralelo con el sensor de rotor para comprobar que el transmisor este recibiendo la señal análoga de 4 – 20 Ma y mostrando el registro de caudal en el display digital.

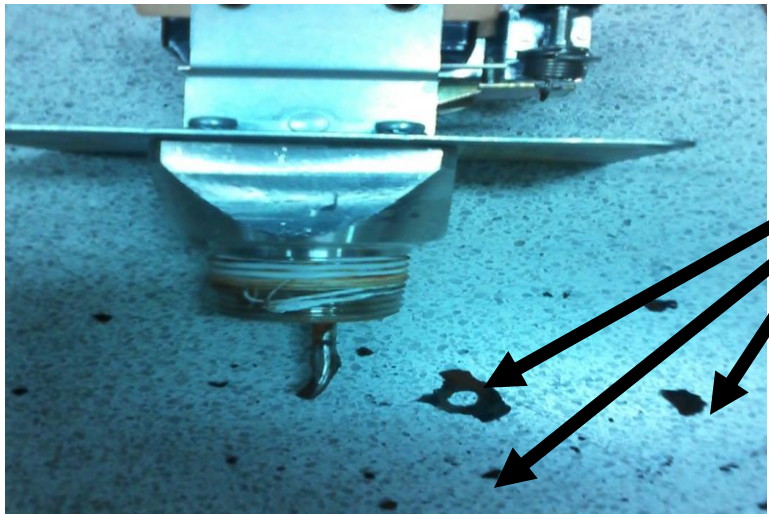
3.3.3 Sensor de flujo on/off

3.3.3.1 Análisis

3.3.3.1.1 Estado: Se revisa el sensor sin desmontar ni encender el equipo y se ve su carcasa exterior en buen estado y las terminales de conexión que van al led no presentan ninguna novedad. Al encender el equipo y hacer pasar flujo por la tubería, el led de aviso de flujo no enciende, se cheque la continuidad en el sensor y no se registra ninguna tensión de voltaje en el led.

Se apaga el equipo y se desmonta el sensor de la base, inmediatamente se detecta el problema (ver figura 19), ya no tiene la aleta que censa el flujo, debido al deterioro causado por la corrosión del metal en el agua.

3.3.3.1.2 Voltaje y continuidad: No se registró, en relación al problema detectado anterior.



Pedazos de la paleta dañada por la corrosión

Figura 19. Daño en la aleta del sensor por corrosión.
Fuente: elaboración propia

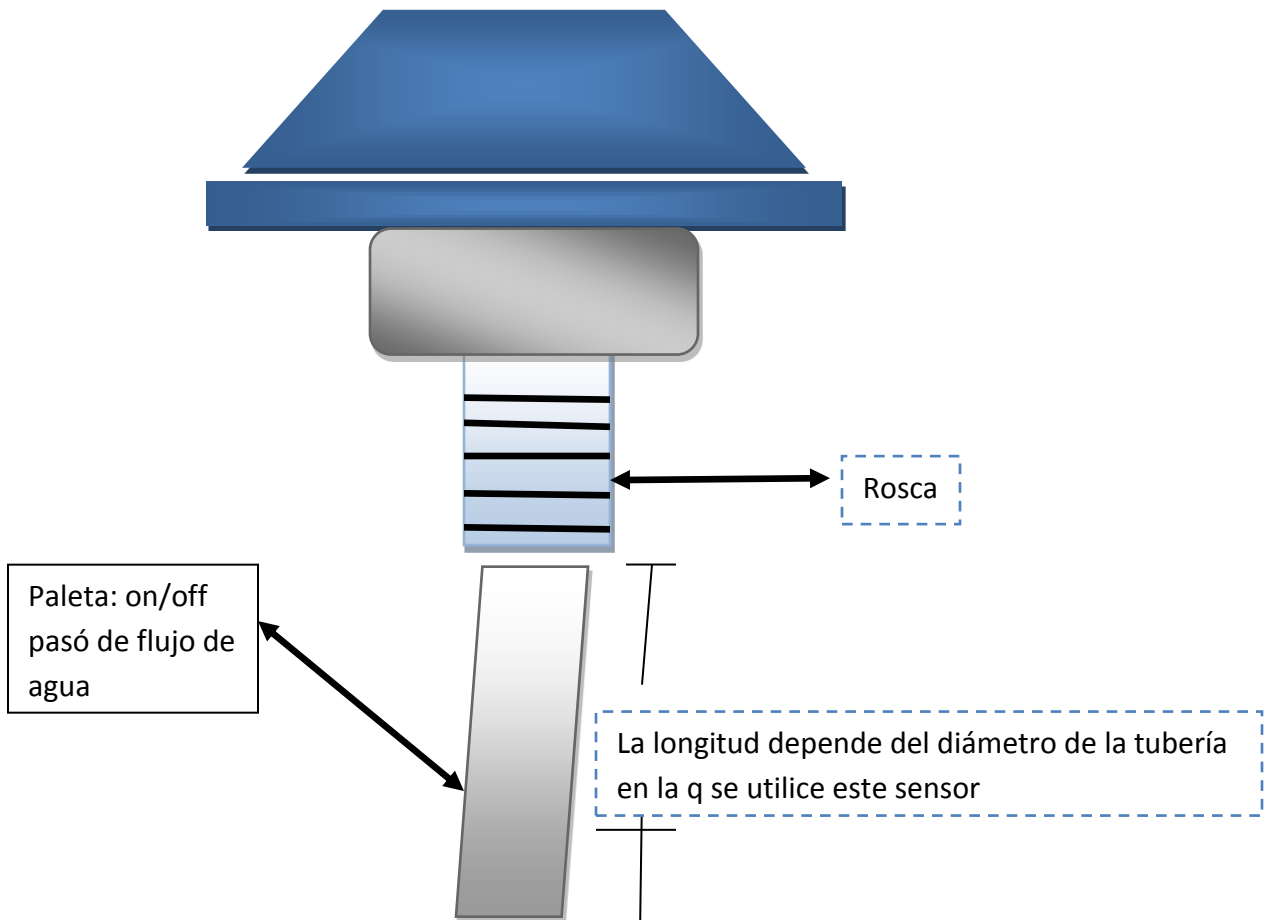


Figura 20. Sensor de flujo.
Fuente elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.3.2 Implementación

Se instaló una aleta de una pulgada (1") de longitud de material en acero inoxidable (ver figura 20 y 21) que permite mayor resistencia a la corrosión por exposición al agua.



Figura 21. Sensor de flujo, aleta de 1".

Fuente: elaboración propia

Después de realizar la correcta instalación de la aleta en el sensor de flujo, se procede a realizar ajustes de sensibilidad como lo indica el manual KOBOLD modelo FPS, 2006, para que la aleta detecte correctamente el flujo de agua, se hacen verificaciones eléctricas de funcionamiento y el sensor deja trabajando perfectamente.

3.3.4 Bomba centrífuga trifásica

La bomba trifásica es la encargada de impulsar el agua desde el tanque de metal hasta el tanque de acrílico (ver figura 2).

3.3.4.1 Análisis

3.3.4.1.1 Estado: Se realiza inspección visual del equipo sin encender (ver figura 22) no se encuentra nada relevante en su estructura.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 22. Bomba trifásica. Fuente: elaboración propia

Se enciende el equipo y se escucha un ruido en la tapa trasera (ver figura 23) debido a un golpe.



Figura 23. Golpe motor trifásico. Fuente: elaboración propia

3.3.4.1.2 Corriente, voltaje y continuidad: Se realizaron las respectivas mediciones y se comparan con la ficha técnica (ver tabla 7), no se encontraron contradicciones, por lo tanto, se certifica a que el equipo está trabajando bajo parámetros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.4.2 Implementación.

Como se indicó el motor presenta deterioro en su estado físico que se refleja en un golpe a la tapa trasera, además, debido al contacto constante del rotor de la bomba con el agua se debe realizar un mantenimiento general.

Se procede inicialmente a desmontar la tapa trasera del motor, para realizar un ajuste al golpe, la cual genera ruidos cuando la hélice posterior roza con la tapa. Se hace el ajuste correcto de la tapa montándola a una prensa hidráulica (ver figura 24).



Figura 24. Tapa posterior de la bomba centrifuga trifásica.

Fuente: elaboración propia

Se desmonta el caracol de la bomba centrifuga para revisar su estado interno (ver figura 25) como se puede apreciar en la imagen, no ha sufrido desgastes mayores o corrosiones en su interior.



Figura 25. Caracol bomba centrifuga trifásica.

Fuente: elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Por último se realiza una limpieza y lubricación de todo el equipo (ver figura 26) para garantizar un mejor desempeño de trabajo en el módulo de tanques. Y, se realizan pruebas de funcionamiento y se deja trabajando perfectamente bajo los parámetros adecuados (ver tabla 7).



Figura 26. Mantenimiento bomba centrifuga trifásica.
Fuente: elaboración propia

3.3.5 Sensores de nivel on/off

Los sensores de nivel (ver figura 2) son los encargados de limitar el ingreso de agua en los tanques, están ubicados en el tanque de acrílico (ver figura 27), el sensor superior (nivel máximo) limita el llenado del tanque de acrílico y el sensor inferior (nivel mínimo) limita el llenado del tanque metálico.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

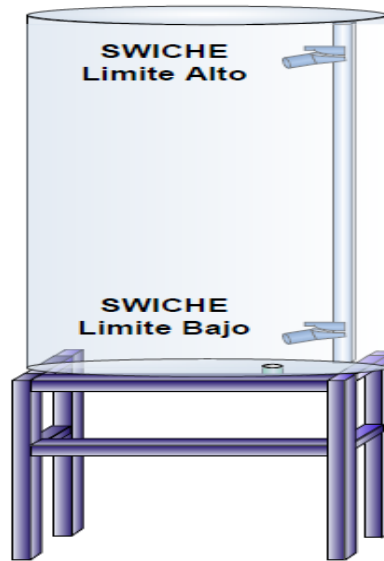


Figura 27. Tanque de acrílico.
Fuente: (Fonseca & Villegas, 2009)

3.3.5.1 Análisis

3.3.5.1.1 Estado: Se verifica el estado superficial y se encuentra sedimentación que restringe la actuación electromecánica de los swiches de nivel.

3.3.5.1.2 Continuidad y voltaje: No presento registros debido a la sedimentación.

3.3.5.2 Implementación

Se procedió a realizar mantenimiento y limpieza. Se ejecutan pruebas de funcionamiento con agua y los swiches de nivel cumplen la función de limitar el llenado de los 2 tanques del módulo.

3.3.6 Bomba centrífuga bifásica:

La bomba bifásica impulsa el agua desde el tanque de acrílico hasta el tanque metálico (ver figuras 1 y 2).

3.3.6.1 Análisis

Se revisa el estado superficial de la bomba y de los bornes eléctricos. En general, no presenta deterioros, desgastes y tampoco sulfatación en sus cables y bornes eléctricos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.6.2 Implementación

Se realiza un ajuste, lubricación y limpieza con el fin de preservar la vida útil del equipo.

Se enciende el equipo y se verifican sus especificaciones de trabajo (ver tabla 6), no se encuentran anomalías de funcionamiento ni ruidos extraños, el equipo está trabajando bien en su función y bajo los parámetros adecuados.

3.3.7 Variador de velocidad:

El variador de velocidad (ver figura 9) su principal función en el módulo de tanques es controlar la velocidad de trabajo de la bomba trifásica 220v (ver figura 22)

3.3.7.1 Análisis

Se revisa el equipo sin encenderlo para garantizar su estado superficial y que las conexiones eléctricas estén de acuerdo al manual (ver figura 28).

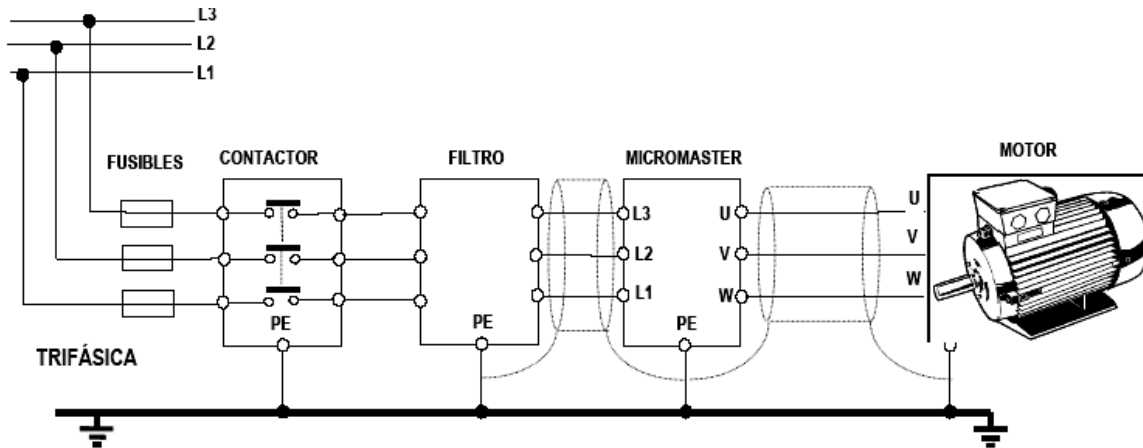


Figura 28. Conexión eléctrica desde la alimentación hasta el motor trifásico.

Fuente: (siemens edicion 10/03, 2003)

Después de constatar que todo está conectado de acuerdo al manual de operación, se enciende el equipo y se realizan pruebas de funcionamiento en paralelo con el motor trifásico.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.8 Cableado eléctrico:

En el gabinete eléctrico (ver figura 29) se encuentra todo el cableado eléctrico del equipo (potencia y control), toda la acometida está identificada para saber desde que punto parte un cable y donde termina.

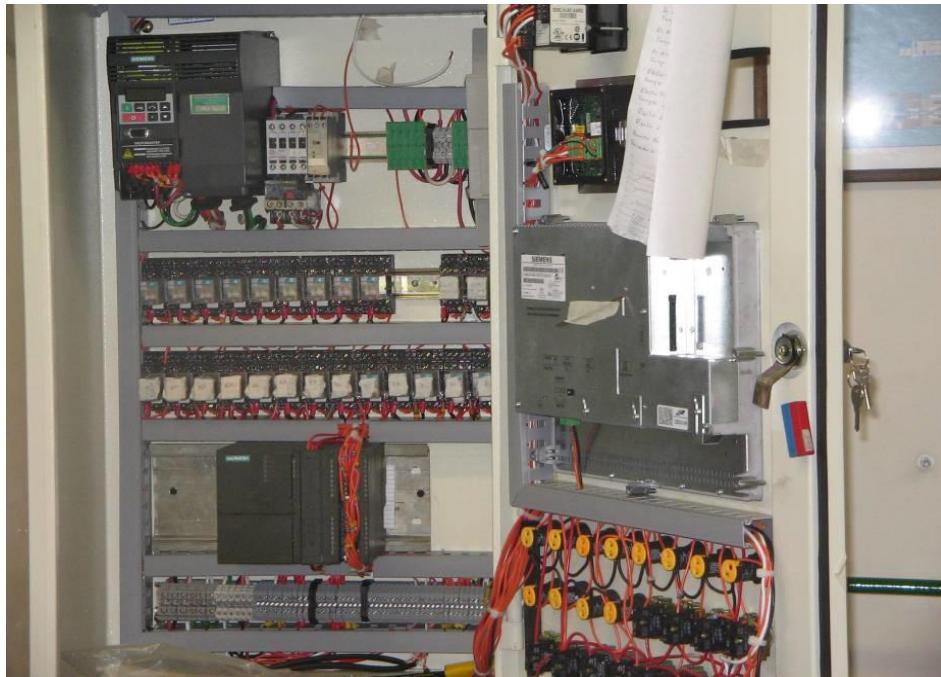


Figura 29. Gabinete eléctrico.
Fuente: elaboración propia.

Se verifica todo y cada uno de los cables del gabinete:

- que no estén sueltos.
- que no estén reventados.
- que estén marcados adecuadamente (se verifica la continuidad con el multímetro).
- que no estén sulfatados.
- que no estén con evidencia de sobrecalentamiento.
- que esté cumpliendo su función.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con el equipo apagado se realizan varias de las pruebas que garantizan que los cables estén en buenas condiciones. Luego, se enciende el equipo y se realizan pruebas de funcionamiento (voltaje y corriente) de los cables de acuerdo a la función de trabajo.

3.4 Controlar

Para hacer control en el módulo de llenado se debe hacer un diseño de mantenimiento preventivo, el cual incluya un plan de seguridad y de uso, y una guía cronológica de chequeos y mantenimientos.

3.4.1 Plan de seguridad

3.4.1.1 Precauciones:

- Antes de energizar el tablero central al suministro eléctrico, verificar que sea el voltaje correspondiente (220 Vac).
- Desenergizar antes de realizar trabajos de mantenimiento.
- Los estudiantes antes de iniciar prácticas en el módulo de llenado, debe solicitar la presencia del jefe de laboratorio o el encargado.
- Revisar el funcionamiento de los dos sensores de nivel, el superior para evitar derrames y el inferior para evitar que la bomba bifásica trabaje en vacío.
- Ceban las bombas trifásica y bifásica periódicamente en especial después de un largo tiempo de inactividad.
- No dejar caer líquidos al interior de partes eléctricas.
- En partes pintadas, de acrílico o PVC no usar solventes fuertes para realizar limpieza.
- Revisar las conexiones en la línea de tubería para evitar fugas que dañen los elementos electrónicos y de control.
- No iniciar el funcionamiento del módulo sin llenar previamente el tanque de acrílico con agua.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.4.1.2 Cuidados:

- Secar todas las partes sometidas a humedad para evitar deterioro.
- Vaciar y secar debidamente el tanque metálico para evitar corrosión y partículas de hierro producto del deterioro, que interrumpan el correcto funcionamiento de los instrumentos.
- Durante el llenado del tanque de acrílico revisar que el sensor de nivel superior este en posición horizontal.
- No abrir el tablero de potencia y control mientras el equipo este energizado, en caso de emergencia llamar al encargado del laboratorio.

3.4.2 Guía cronológica de chequeos y mantenimientos.

Todos los equipos en el laboratorio deben de tener una guía de tiempo e importancia para realizar mantenimiento a cada uno de los instrumentos que lo componen (ver tabla 10).

Tabla 10. Mantenimiento al módulo de dinámica de fluidos

Equipo	Diario	Semanal	mensual	Anual
Bomba trifásica y monofásica	A Y C		L	Mg
Electroválvula	C			
PLC	C	A		
Sensor caudal	C		L Y Mg	
Sensor de nivel	C		Mg	
Sensor rotor	C		L Y Mg	
Transmisor de nivel	C	A Y L		
Válvula proporcional	C	A		
Variador de velocidad	C	A		

Fuente: elaboración propia

A: Ajustar eléctricamente (bornes, y cables) y mecánicamente (tuercas y tornillos superficiales)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

C: Chequeo de continuidad, corriente y voltaje de los parámetros (ver tabla 11).

L: limpieza general.

Mg: Mantenimiento general, se deben realizar chequeos eléctricos, limpieza general, lubricación, ajustes mecánicos, ajuste de parámetros, ajuste de presiones, pintura, mejoras de diseño y de operación.

Tabla 11. Parámetros de voltaje y corriente.

Equipo	Corriente (A)	Voltaje (V)
Bomba trifásica y monofásica	5.6 y 5.2 respectivamente	220
Electroválvula	No aplica	110
PLC	2	110
Sensor caudal	No aplica	110
Sensor de nivel	No aplica	110
Sensor rotor	4 – 20 mA	110
Transmisor de nivel	4 – 20 mA	110
Válvula proporcional	4 – 20 mA	110
Variador de velocidad	5.6 a la salida	220

Fuente: Elaboración propia

Todos los instrumentos deben de tener una hoja de vida y de acciones de mantenimiento preventivo (ver tabla 10), y correctivo. Un ejemplo de una hoja de vida es la siguiente:

INSTITUCION: _____

LABORATORIO: _____

EQUIPO: _____

INSTRUMENTO: _____

MODELO: _____ SERIAL: _____

MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Fecha de realización: _____

Técnico asignado: _____

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Descripción:

Fecha del próximo mantenimiento: _____

Firma del técnico asignado: _____

Firma del responsable del laboratorio: _____

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Fecha de realización: _____

Técnico asignado: _____

Descripción:

Firma del técnico asignado: _____

Firma del responsable del laboratorio: _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. CONCLUSIONES

Este proyecto se realizó como un prerrequisito de trabajo de grado, en tecnología de electromecánica del ITM. Su principal objetivo era activar y poner en funcionamiento el módulo experimental de dinámica de fluidos del ITM.

Para su realización se aplicó los conocimientos académicos adquiridos durante el ciclo estudiantil y se logró nuevos conocimientos aplicados, en el área de potencia y control eléctrico.

Durante el desarrollo del proyecto se hizo, investigación del historial del equipo, correcta instalación, estado general, y chequeos de parámetros, con el objeto de implementar soluciones y mantenimientos correctivos y preventivos. Se realiza una demostración experimental y se logran obtener datos de caudal y nivel. Se entrega el equipo funcionando y puesto a punto, listo para el desarrollo de la segunda parte del proyecto marco "Modelado y control no lineal de dinámica de fluidos a partir del desarrollo de un módulo experimental" con ID P14104, Grupo de Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales COL0053581.

Este proyecto cuenta con el acompañamiento y conocimiento del personal del laboratorio de fluidos, solo encontramos un obstáculo en el hecho de no contar con ningún tipo de presupuesto económico para su realización.

Durante la investigación del historial de este módulo se pudo determinar que el equipo se encontraba en estado inactivo por largo tiempo, debido a falta de recursos económicos. Mas sin embargo, el real motivo es la falta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo. En este trabajo se deja un plan de mantenimiento preventivo que incluye un plan de seguridad y una guía cronológica de chequeos y mantenimientos.

La calidad de los instrumentos que componen este módulo son de alta precisión y costo, y además, si se tiene en cuenta la ayuda pedagógica que significa para la comunidad universitaria y sus repercusiones sociales en la industria de la región, no se comprende,


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

porque se deja en estado de inactividad este equipo. La recomendación es aplicar un plan de repotenciación y un sistema aplicativo del mantenimiento preventivo para actualizar y alargar la vida útil del equipo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. REFERENCIA

- Ramírez, J. L. y Londoño, C. M. (2007). Rediseño e implementación de un prototipo para la medición de nivel y caudal en el laboratorio de control de fluidos del I.T.M (tesis de especialización). UPB (universidad pontificia bolivariana), medellin-colombia.
- Fonseca, S. I. y Villegas, A. D. (2009). Comparación de desempeño de estrategias de control pid y lógica difusa sobre un control de nivel y flujo mediante un sistema scada (trabajo de grados). I.T.M (instituto tecnológico metropolitano), medellin-Colombia.
- Siemens (2001). Micro master 440, edición10/03. Recuperado:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/362/11887362/att_30316/v1/MM440_PList_Span_B1.pdf.
- Siemens (1996-2017). Sitrans tipo: tf. Recuperado:
<http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/es/instrumentacion-de-procesos/medicion-de-temperatura/transmisores-de-campo/pages/sitrans-tf.aspx>.
- Signet 515/2536. (2013). Sensor de rotor de paleta. Recuperado:
<https://www.icenta.co.uk/.../515-2536-paddlewheel-flow-sensor>.
- Signet 8550-1. (2012). Transmisor de flujo digital. Recuperado:
www.gfps.com/appgate/ecat/common_flow/.../document.htm.
- Danfoss. (2008). Electroválvula de agua con solenoide y roscas de 1/4. Recuperado:
<http://www.directindustry.es/prod/danfoss-industrial-automation/product-40815-1306957.html>.
- Roth. (2006). Sensor de nivel on/off. Recuperado:
http://www.rothspain.com/files/Ficha_Tecnica_Interruptor_de_nivel_horizontal.pdf.
- Kobold. (2006). Manual sensor de flujo on/off tipo: FPS. Recuperado:
<http://www.kobold.com>.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES *[Signature]* CC. 7.037.609.645
Fabian Cordona Ospina

FIRMA ASESOR Manuel A. Ospina A.

Se envia para primera evaluación
 por parte del Jurado Evaluador
 Octubre 11 de 2017 8:50 am FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON
 MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO__ ACEPTADO____ ACEPTADO CON
MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FECHA ENTREGA: _____