Medición de caudales a través de procesos automatizados llevados a cabo en el Laboratorio de Servicios Públicos de la Universidad Distrital.

Geraldine Guerrero Garzón 20122081030

Cindy Nataly Santacruz Padilla 20122081055

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos

Bogotá D.C.

Medición de caudales a través de procesos automatizados llevados a cabo en el Laboratorio de Servicios Públicos de la Universidad Distrital.

Geraldine Guerrero Garzón 20122081030

Cindy Nataly Santacruz Padilla 20122081055

Docente: Rafael Eduardo Ladino Peralta

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos

Bogotá D.C.

AGRADECIMIENTOS

Para el desarrollo de este proyecto queremos agradecerle a todas las personas que hicieron parte fundamental en el día a día, para que esto fuera posible, mediante su apoyo constante.

A nuestro director, Rafael Eduardo Ladino por sus orientaciones, su paciencia y dedicación durante todo el tiempo que duro el desarrollo de este proyecto.

De igual manera agradecemos a nuestras familias por apoyarnos de manera constante durante el trascurso de nuestra carrera, ya que gracias a ellos fue posible la culminación de este proceso formativo que es el inicio de nuestra carrera en el ámbito profesional.

Además a la Auxiliar del laboratorio de servicios públicos de la Universidad Distrital Sully Ardila y adicionalmente a la Ingeniera Milena Méndez, quien fue la persona que se encargó de la programación del banco de procesos Amatrol T5552 en concordancia con el PLC, a ellas muchas gracias porque en el transcurso del proyecto surgieron muchas dudas, y nos ayudaron a resolver muchas de estas.

A todas las personas anteriormente mencionadas, infinitas gracias por brindarnos apoyo en ese proceso tan importante de nuestras vidas.

Resumen

El proyecto de grado titulado medición de caudales a través de procesos automatizados llevados a cabo en el laboratorio de servicios públicos de la universidad distrital, se realizo tomando como base el equipo denominado banco de procesos Amatrol T 5552 ubicado en el laboratorio de servicios públicos.

Este proyecto se desarrolla de la siguiente forma:

En primer lugar se realiza una identificación de los componentes del banco de procesos Amatrol T 5552, permitiendo la comprensión más detallada del equipo.

Luego se sigue con el diseño del paso a paso de las conexiones del banco de procesos, este paso a paso se realiza a través de procedimientos por cada elemento del equipo.

Por último se recolectan una serie de datos a través de prácticas llevadas a cabo en el banco de procesos, los cuales permiten plasmar curvas de calibración, para adquirir una mayor comprensión de los conceptos que usa el equipo.

Finalmente se logra comprender una vez desarrollado el proyecto, que este equipo tiene una gran importancia y aplicabilidad, por tanto no se debe desaprovechar.

Summary

The project entitled grade flow measurement through automated processes carried out in the laboratory of public services in the university district, is performed based on the computer named bank processes Amatrol T 5552 located in the laboratory of public services.

In this project each of his chapters is developed as follows:

First identification of the components of bank processes Amatrol T 5552 is made, allowing more detailed understanding of the team. Then followed up with the design of stepper bank connections processes, this step is performed through procedures for each piece of equipment.

Finally a series of data are collected through practices carried out in the bank processes, which enable capture calibration curves, to acquire a greater understanding of the concepts using the computer.

Finally manages to understand once developed the project, this team has a great importance and applicability, therefore should not be missed.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

AGRADECIMIENTOS 3
Resumen 4
Summary 5
TABLA DE CONTENIDO 6
TABLA DE ILUSTRACIONES 7
TABLAS 8
ANEXOS 9
INTRODUCCIÓN 10
1. OBJETIVOS 11
1.1. Objetivo General 11
1.2. Objetivos Específicos 11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12
2.1. Descripción del problema 12
2.2. Formulación del problema 12
3. JUSTIFICACIÓN 13
4. METODOLOGÌA DE INVESTIGACIÒN 13
4.1. Marco metodológico documental 13
4.2. Marco metodológico experimental 16
5. MARCOS DE REFERENCIA 22
Con el fin de generar un mayor entendimiento al lector se mencionan a continuación varios conceptos, de igual manera, se abordan otros aspectos referentes al desarrollo de este proyecto. 22
5.1. Marco teórico conceptual 22
5.1.1. Sistemas de unidades 22
5.1.2. Sensores 22
5.1.3. PLC (Control lógico programable) 23
5.1.4. Proceso 23
5.1.5. Sistema 24
5.1.6. Fluido 24

5.1.7. Mecánica de fluidos 24
5.1.8. Caudal 24
5.1.9. Presión 24
5.1.10. Medidores de presión diferencial 24
5.1.11. Peso especifico 25
5.1.12. Gravedad especifica 25
5.1.13. Cables DVI 25
5.1.14. Densidad 25
5.2. Marco legal 25
5.3. Marco institucional 26
5.4. Marco geográfico 28
6. Identificación de los componentes del banco de procesos Amatrol T5552 28
7. Pasó a paso de las conexiones del banco de procesos Amatrol T5552 54
75
..... 93
..... 94
8. Resultados 95
9. Análisis de resultados 104
11. Conclusiones 109
12. Recomendaciones 110
13. Bibliografía 111

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: ubicación de la facultad de recursos Naturales, Universidad Distrital, imagen tomada de Mapas.co 28
Ilustración 2: componentes manuales del banco 29
Ilustración 3: componentes automáticos del banco de procesos 33
Ilustración 4: Esquema general de la válvula de diafragma 35
Ilustración 5: Esquema del proceso automático del trasmisor de flujo inteligente- fuente autores 36
Ilustración 6: Tubo pitot- estructura interna – tomada de Process control system Lap 12,pag 64 Amatrol.2012. 38

Ilustración 7: Estructura interna tubo venturi- tomada de Process control system Lap 12,pag 53 Amatrol.2012. 40
Ilustración 8: Estructura interna de la palca de orificio- tomada de Process control system Lap 12,pag 9 Amatrol.2012. 41
Ilustración 9: Esquema del principio del sensor ultrasonido- fuente autores 46
Ilustración 10: Descripción de los componentes del display del controlador PID 46
Ilustración 11: Descripción de la parte externa del controlador PID 47
Ilustración 12: estructura general del controlador flow trasmiter 48
Ilustración 13: Controlador flow trasmiter 50
Ilustración 14: componentes del banco de procesos que cuenta con siglas para su identificación 53

TABLAS

Tabla 1: Población estimada para aplicar de la guía práctica- Fuente: autores del proyecto 14
Tabla 2: Tabla para el procesamiento de datos. 19
Tabla 3: Rango de error del medidor tubo pitot vrs rotámetro 20
Tabla 4: Rango de error del medidor tubo ventiri vrs rotámetro 21
Tabla 5: Rango de error del medidor placa de orificio vrs rotámetro 21
Tabla 6: Rango de error del medidor rueda de paletas vrs rotámetro 22
Tabla 7: Ventajas y desventajas del tubo pitot 39
Tabla 8: Ventajas y desventajas del tubo Venturi 40
Tabla 9: Ventajas y desventajas de la Placa de Orificio 43
Tabla 10: Componentes con sus respectivas siglas en el panel de control del banco de proceso 54
Tabla 11: Resultados del promedio obtenido de los ensayos 1, 2 y 3 97
Tabla 12: Rango de error del medidor tubo pitot vrs rotámetro 101
Tabla 13: Rango de error del medidor tubo Venturi vrs rotámetro 102
Tabla 14: Rango de error del medidor rueda de paletas vrs rotámetro 102
Tabla 15: Rango de error del medidor placa de orificio vrs rotámetro 103
Tabla 19: Causas que pueden llegar a provocar accidentes eléctricos. 107
Tabla 20: Disposiciones básicas a tener en cuenta a la hora de manejar el banco de procesos Amatrol T5552 108

ANEXOS

Guías prácticas de trabajo:

1. Medición de caudal a través del método gravimétrico desde el banco de procesos Amatrol T5552.
2. Comparación de resultados de caudal registrados por el rotámetro y el flow transmite en el banco de procesos Amatrol T 5552.
3. Medición de caudal a través del medidor placa de orificio desde el banco de procesos Amatrol T 5552.
4. Medición de caudal a través del medidor tubo pitot desde el banco de procesos Amatrol T 5552.
5. Medición de caudal a través del medidor tubo Venturi desde el banco de procesos Amatrol T 5552.
6. Medición de caudal a través del método volumétrico desde el banco de procesos Amatrol T 5552.
7. Control del banco de procesos Amatrol T 5552 a través del PLC.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de grado se enfoca en llevar a cabo diversas prácticas en el banco de procesos Amatrol T5552 del laboratorio de servicios públicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. El cual se caracteriza por estar al servicio la comunidad estudiantil en cuanto a facilidad de instrumentos para análisis en diversos campos, además el laboratorio cuenta con aparatos electrónicos, lo que brinda al estudiante la oportunidad de familiarizarse con nuevas tecnologías que rodean el mundo laboral actualmente.

En el año 2012 el laboratorio de Servicios Públicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, adquirió el banco de procesos Amatrol T5522, el cual es un instrumento que permite medir caudales por medio de un conjunto de elementos especializados, sin embargo este actualmente no cuenta con un manual adecuado en español, situación que genera que el estudiantado pierda el interés por el manejo del instrumento.

Además desarrollar una Medición de caudales a través de diferentes instrumentos y procesos automatizados con los que cuenta el banco de procesos Amatrol T5552 permite la elaboración de guías prácticas y del mismo modo dejar procedimientos del paso a paso de las conexiones y manejo del mismo, para uso de los estudiantes y docentes, las cuales buscan permitir una interacción entre el instrumento y los estudiantes, para que este último se familiarice con los componente del banco de procesos amatrol t5552, los cuales son empleados actualmente a nivel industrial.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

- ✓ Manejar caudales a través del banco de procesos por medio de mandos automatizados en el laboratorio de servicios públicos ubicado en la universidad distrital francisco José de caldas.

1.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificar todos los componentes del banco de procesos con sus correspondientes definiciones y funciones.
- ✓ Establecer un paso a paso sobre las conexiones del sistema automatizado del banco de procesos del laboratorio de servicios públicos de la universidad distrital.
- ✓ Realizar las curvas de calibración de los medidores de caudal (tubo pitot, venturi, placa de orificio, rotámetro, de paletas) del banco de procesos Amatrol T5552 del laboratorio de servicios públicos de la universidad Distrital Francisco José de Caldas
- ✓ Elaboración de guías de trabajo del banco de procesos para el laboratorio de servicios públicos de la universidad distrital.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

Actualmente el laboratorio de servicios públicos de la universidad distrital francisco José de caldas, cuenta un banco de procesos el cual consta de diferentes componentes de medición de caudal, este banco de procesos no se está utilizando por la falta de información respecto al funcionamiento del mismo, que impide realizar un complemento entre la teoría y la práctica, por lo cual no se explota al máximo el instrumento dispuesto para el aprendizaje de los estudiantes.

Por ende este proyecto de grado va enfocado hacia la solución de estas falencias existentes actualmente en el laboratorio de servicios públicos.

2.2. Formulación del problema

A través de este proyecto de grado y la elaboración de guías didácticas aplicada hacia el banco de procesos Amatrol T5552, se busca dar solución a los siguientes cuestionamientos.

1. ¿Qué es el Banco de procesos Amatrol T5552?
2. ¿Qué tan difícil es manejar el banco de procesos?
3. ¿Qué estrategias se pueden implementar para hacer más fácil el uso del banco de procesos?

3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se realiza con el propósito de contribuir con el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la tecnología en gestión ambiental y servicios públicos, además para comprender y analizar la aplicabilidad del banco de procesos, con la finalidad de profundizar y llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en la tecnología en gestión ambiental y servicios públicos.

Además de desarrollar el manual del banco de procesos, ya que este se encuentra en idioma ingles por lo cual se deben realizar las traducciones correspondientes al idioma español del manual del banco de procesos del laboratorio de servicios públicos de la universidad distrital Francisco José de Caldas, por lo tanto, el proyecto de grado es desarrollado con la finalidad de redactar un procedimiento detallado del banco de procesos y llevar a cabo las respectivas curvas de calibración.

4. METODOLOGÌA DE INVESTIGACIÒN

4.1. Marco metodológico documental

La metodología documental se aplicó a tres objetivos específicos de este proyecto de grado, los cuales son:

- ✓ Identificar todos los componentes del banco de procesos con sus correspondientes definiciones y funciones.
- ✓ Establecer un paso a paso sobre las conexiones del sistema automatizado del banco de procesos del laboratorio de servicios públicos de la universidad distrital.

- ✓ Elaboración de guías de trabajo del banco de procesos para el laboratorio de servicios públicos de la universidad distrital.

Tipo y diseño de investigación

El diseño de la investigación fue documental ya que se consultó una variedad de documentos para dar solución a los objetivos planteados en este proyecto de grado. Donde se finalizó con la descripción de los procedimientos y elementos del banco de procesos Amatrol T5552.

Población y muestra

En este proyecto de grado se trabajó con el banco de procesos Amatrol T5552 y los estudiantes de la tecnología en gestión ambiental y servicios públicos de la universidad distrital francisco José de caldas.

Para el desarrollo del objetivo se realizaron guías prácticas, se estima aplicar estas guías a una población compuesta por:

Población estimada para aplicar de la guía practica	
Profesor	1
Alumnos	35
Total	36

Tabla 1: Población estimada para aplicar de la guía práctica- Fuente: autores del proyecto

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas de recolección de datos:

Las técnicas utilizadas en la ejecución de este proyecto fueron análisis documental y análisis de contenido, ya que a través de manuales del equipo y libros de biblioteca se recolecto la información necesaria para realizar los procedimientos (paso a paso) y descripción de los elementos del banco de procesos Amatrol T 5552.

b. Instrumentos de recolección de datos:

El almacenamiento de la información se realizó a través del instrumento denominado fichas bibliográficas en un documento de Word, donde se almacena toda la información recolectada en las bibliotecas visitadas con sus correspondientes citas.

Técnicas de procesamiento de datos

La información recolectada se organizó de tal manera que los estudiantes puedan visualizar claramente la descripción de los elementos y procedimientos (paso a paso) del banco de procesos Amatrol T 5552, para que finalmente sea de fácil entendimiento el funcionamiento del equipo.

Para la elaboración de guías de trabajo igualmente se organizó la información y se presentó de una forma fácil de entender, además se dejan a disposición de los estudiantes y docentes un total de **7 guías** de trabajo, denominadas:

1. Medición de caudal a través del método gravimétrico desde el banco de procesos Amatrol T5552.
2. Comparación de resultados de caudal registrados por el rotámetro y el flow transmite en el banco de procesos Amatrol T5552.

3. Medición de caudal a través del medidor placa de orificio desde el banco de procesos Amatrol T5552.
4. Medición de caudal a través del medidor tubo pitot desde el banco de procesos Amatrol T5552.
5. Medición de caudal a través del medidor tubo Venturi desde el banco de procesos Amatrol T5552.
6. Medición de caudal a través del método volumétrico desde el banco de procesos Amatrol T5552.
7. Control del banco de procesos Amatrol t5552 a través del PLC.

4.2. Marco metodológico experimental

La metodología experimental se aplicó a un objetivo específico de este proyecto de grado, el cual es:

- ✓ Realizar las curvas de calibración de los medidores de caudal (tubo pitot, tubo Venturi, placa de orificio, rotámetro, rueda de paletas) del banco de procesos Amatrol T5552 del laboratorio de servicios públicos de la universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Tipo y diseño de investigación

Para el desarrollo del anterior objetivo del proyecto de gado se ejecutó el diseño de investigación experimental, ya que se realizó varios ensayos en el banco de procesos Amatrol T5552 para registrar los datos y analizarlos.

Población y muestra

La muestra objeto de estudio son los cinco medidores de caudal que posee el banco de procesos Amatrol T5552 (tubo pitot, tubo Venturi, placa de orificio, rotámetro, rueda de paletas).

Operacionalización de variables

a. Identificación de variables

Comparación de Caudal

b. Definición conceptual de variable

Comparación de caudales registrados por los cinco medidores de caudal que posee el banco de procesos Amatrol T5552 (tubo pitot, Venturi, placa de orificio, rotámetro, rueda de paletas).

c. Definición operacional de la variable

Diferencias en las mediciones de caudales con los cinco medidores de caudal que posee el banco de procesos Amatrol T5552 (tubo pitot, Venturi, placa de orificio, rotámetro, rueda de paletas).

d. Dimensiones de la variable

La variable guía (línea base) fue el caudal registrado por el medidor denominado rotámetro, ya que para la investigación este se postula como el medidor con mayor precisión para comparar el margen de error entre todos los medidores.

e. Señalización de Indicadores de la variable

- Rango de error del medidor tubo pitot vrs rotámetro
- Rango de error del medidor tubo Venturi vrs rotámetro
- Rango de error del medidor placa de orificio vrs rotámetro
- Rango de error del medidor rueda de paletas vrs rotámetro

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos que se aplico en este objetivo del proyecto es la observación directa, ya que es a través de los diversos ensayos realizados en el banco de procesos Amatrol T5552 se recogieron los datos para finalmente realizar las curvas de calibración.

b. Instrumentos de recolección de datos

Los datos recolectados se almacenaron en un documento Excel para luego analizarlos.

Técnicas de procesamientos y análisis de datos

a. Técnicas de Procesamiento de datos:

Para el procesamiento de datos se hizo necesario registrarlos como se muestra en la tabla 1.

Ensayo 1

Intentos	**Rotámetro caudal GPM**	**Placa de orificio (transmisor de flujo inteligente)**		**Tubo pitot (transmisor de flujo inteligente)**		**Tubo Venturi (transmisor de flujo inteligente)**		Rueda de paleta (flow transmiter)
		diferencia presión	Cauda GPM	diferencia presión	Caudal GPM	diferencia presión	Caudal GPM	
1	0.2							
2	0.3							
3	0.4							
4	0.5							
5	0.6							
6	0.7							
7	0.8							
8	0.9							
9	1.00							
10	1.1							
11	1.2							

Tabla 2: Tabla para el procesamiento de datos.

Para la recolección de datos fue necesario realizar un total de 3 ensayos para poder realizar una comparación más profunda, cada ensayo con un total de 11 intentos como se muestra en la tabla 1.

Primero se aforo el caudal con el rotámetro ya que esta es la línea base (los caudales que se aforaro son 0.2-0.3-0.4-0.5-0.6-0.7-0.8-0.9-1.0-1.1-1.2 en GPM), luego se registraron los

datos obtenidos con los demás medidores (placa de orificio, tubo Venturi, tubo pitot y rueda de paletas)

b. Técnica de análisis de datos

Para la técnica de análisis de datos se promediaron todos los datos de los 3 ensayos, para obtener una única tabla de datos para su posterior análisis.

Luego con los datos promediados se ejecutó las curvas de calibración de los 5 medidores de caudal.

Finalmente en la tabla obtenida, también se realizó las comparaciones de los indicadores de variables, con ayuda de graficas por medio del archivo excel, estos indicadores de variable son:

- Rango de error del medidor tubo pitot vrs rotámetro
- Rango de error del medidor tubo Venturi vrs rotámetro
- Rango de error del medidor placa de orificio vrs rotámetro
- Rango de error del medidor rueda de paletas vrs rotámetro

Intentos	Rotámetro Caudal GPM	Tubo pitot Caudal GPM	Rango de error
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Tabla 3: Rango de error del medidor tubo pitot vrs rotámetro

10			
11			

Se tabulan los resultados como se muestra en la tabla 2,3,4 y 5

Intentos	Rotámetro Caudal GPM	Tubo Venturi Caudal GPM	Rango de error
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Tabla 4: Rango de error del medidor tubo ventiri vrs rotámetro

Intentos	Rotámetro Caudal GPM	Placa de orificio Caudal GPM	Rango de error
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Tabla 5: Rango de error del medidor placa de orificio vrs rotámetro

Intentos	Rotámetro Caudal GPM	Rueda de paletas Caudal GPM	Rango de error
1			
2			
3			
4			

5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
TOTAL PROMEDIO			

Tabla 6: Rango de error del medidor rueda de paletas vrs rotámetro

5. MARCOS DE REFERENCIA

Con el fin de generar un mayor entendimiento al lector se mencionan a continuación varios conceptos, de igual manera, se abordan otros aspectos referentes al desarrollo de este proyecto.

5.1. Marco teórico conceptual

Para entender adecuadamente el funcionamiento del Banco de procesos Amatrol T5552, se hace necesario conocer algunos conceptos que aplican en este.

5.1.1. Sistemas de unidades

5.1.2. Sensores

Según Bolton en el libro titulado Mecatrónica

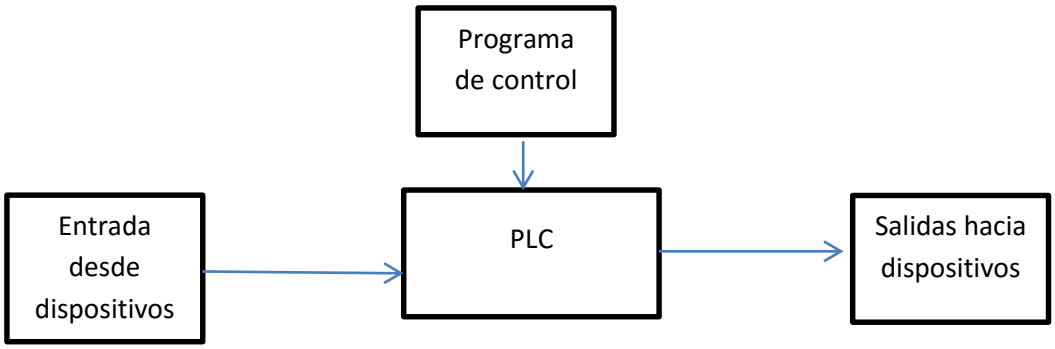
> *Un sensor es un elemento que produce una señal relacionada con la cantidad que se está midiendo.*

De esta manera un sensor es un instrumento que detecta movimientos físicos para generar una señal y así mostrar una medición.

5.1.3. PLC (Control lógico programable)

Sus siglas significa controlador lógico programable y su función es controlar entradas y salidas, lo que permiten enviar señales para manejar gran variedad de instrumentos automáticos.

Su principal ventaja es que pueden ser programados remotamente, desde un computador utilizando un programa específico brindado por los fabricantes.



Esquema 1: Proceso lógico del PLC 1

En el esquema 1 se muestra el proceso lógico del PLC, donde las entradas, pueden ser variables como temperatura y presión. En cuanto al programa de control este es el encargado de procesar las señales de salida hacia los dispositivos para que estos las ejecuten. Como ejemplo de señales de salidas se encuentra la apertura y cierre de válvulas automáticas.

5.1.4. Proceso

El diccionario merriam webster define un proceso como una operación o un desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden unos a otros de una forma relativamente fija y que conduce a un resultado o propósito determinado.

5.1.5. Sistema

Es una combinación de elementos que no necesariamente deben ser meramente físicos, formando un conjunto, que tiene como objetivo un resultado contiguo.

5.1.6. Fluido

Según Carlos Duarte Un fluido es cualquier sustancia que, cuando está sujeta a un esfuerzo de corte, por pequeño que este sea, provoca el movimiento de la misma.

5.1.7. Mecánica de fluidos

Es la disciplina encargada de estudiar el comportamiento de los fluidos, sean líquidos o gases, ya que son deformables fácilmente según la fuerza aplicada sobre estos. La mecánica de fluidos también estudia diversos parámetros y propiedades de los fluidos.

5.1.8. Caudal

Es la variable que indica la cantidad de flujo que pasa por un lugar en determinado momento.

5.1.9. Presión

El Corporativo consejo superior de investigaciones científicas, en el libro introducción a los sensores, definen presión como un concepto físico y este es la fuerza ejercida por un cuerpo (un fluido) por unidad de superficie. Por tanto, de acuerdo con la definición, sus unidades serán las de fuerza por unidad de superficie

5.1.10. Medidores de presión diferencial

Actualmente para la medición de caudales uno de los métodos más utilizados son los medidores de presión diferencial.

Según José Acevedo en el libro medidor de área variable, los medidores de presión diferencial generan una restricción al paso de fluido, la cual hace aumentar la velocidad disminuyendo al mismo tiempo la presión de tal forma que la suma de energía potencial, energía cinética y energía interna permanece constante.

5.1.11. Peso especifico

Esta es una magnitud, que según Robert Mott en su libro mecánica de fluidos aplicada, es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia.

5.1.12. Gravedad especifica

Es una comparación que indica la relación que hay entre la densidad de un fluido con la de otra sustancia o líquido que es tomada como referencia, generalmente se toma como referencia el agua a 4º C.

5.1.13. Cables DVI

Sus siglas significan Digital Visual Interface, estos permiten realizar conexiones de video, para poder visualizar información en pantallas o monitores.

5.1.14. Densidad

Es una medida que establece la cantidad de masa contenida en determinado volumen.

5.2. Marco legal

NORMA	FECHA	TITULO DE LA NORMA	Objeto de la norma	ENTIDAD QUE LA EMITE
NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 5523	2007-09-26	MEDICIÓN DEL CAUDAL DE FLUIDOS EN CONDUCTOS	Esta norma define los términos utilizados en el campo de la	Icontec internacional

		CERRADOS. VOCABULARIO Y SÍMBOLOS	medida de caudal de fluidos en conductos cerrados e incluye los símbolos correspondientes.	
RESOLUCIÓN No. 90708	AGOSTO 30 DE 2013	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE	El objeto fundamental de este reglamento es establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, Minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Sin perjuicio del cumplimiento de las Reglamentaciones civiles, mecánicas y fabricación de equipos.	MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

5.3. Marco institucional

El desarrollo de este proyecto se apoya en el laboratorio de servicios público de la universidad distrital ya que este presta sus servicios a los estudiantes para la interacción con el banco de procesos.

El laboratorio de servicios públicos de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de caldas, nace en el año 2008, como una fuerte necesidad de investigación en el ámbito de servicios públicos domiciliarios y no

domiciliarios, el cual se caracteriza por presta diversos medios a los estudiantes, con el fin de promover la investigación a nivel académico.

En cuanto a la Universidad Distrital esta tiene sus inicios en el año 1948, y se constituye como una institución pública, autónoma y de carácter superior, la cual brinda espacios apropiados para desarrollar y llevar a cabo la investigación, docencia y extensión, con lo que se busca consolidar tenuemente el saber, mediante la calidad de sus estudiantes, profesores y egresados.

"Además de estas Amatrol, que es una compañía líder en el mercado, Amatrol, abreviatura de controles automatizados de máquinas, fue fundada en 1978 como una división y fue incorporado oficialmente como una empresa independiente en 1981. Desde entonces Amatrol ha crecido significativamente, convirtiéndose en la empresa líder en sus segmentos de mercado primario".[1]

Amatrol ofrece distintos sistemas de aprendizajes innovadores e interactivos de gamma educativos como: colegios técnicos, universidades, de tal manera que pueda haber una interacción entre los equipos y los estudiantes

Entre los instrumentos que ofrece amatrol poder y la energía, controles, procesos de fabricación, diseño, fluidos de transmisión hidráulica, motores térmicos, eléctricos, eléctricos, mecánicos, comunicaciones, robótica, fabricación integrada por ordenador, Mecatrónica y automatización.

[1] (Amatrol)

5.4. Marco geográfico

El desarrollo de este proyecto se llevo a cabo en la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de caldas, la cual se ubica en el departamento de Cundinamarca, en la ciudad de Bogotá y específicamente en la localidad de la Candelaria, por la avenida circunvalar, en los cerros orientales, en el barrio la concordia-santa fe, que limita al norte con el barrio las aguas, al sur con el barrio Egipto y al occidente con el centro administrativo.

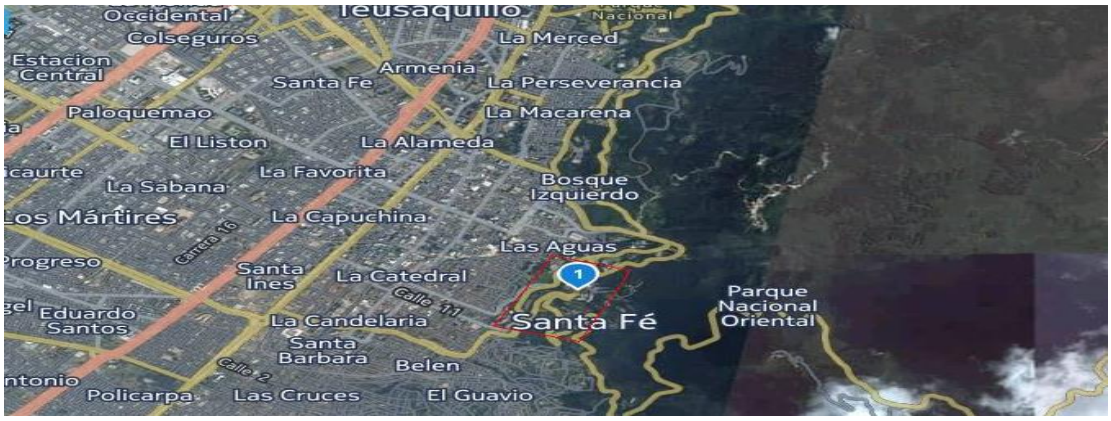


Ilustración 1: ubicación de la facultad de recursos Naturales, Universidad Distrital, imagen tomada de Mapas.co

6. Identificación de los componentes del banco de procesos Amatrol T5552

El banco de procesos Amatrol T5552 cuenta con una serie de elementos, los cuales se hacen necesarios para su adecuado funcionamiento, por lo cual se hace necesario que el estudiante antes de entrar a manejarlo, conozca cada uno de sus elementos.

Por tanto a continuación se describirán los componentes manuales y automáticos con los que cuenta el banco de procesos.

Componentes Manuales del banco de procesos Amatrol T5552

En la identificación de cada componente del banco de Procesos Amatrol T5552, se hace necesario reconocer aquellas partes cuyo funcionamiento es manual o su funcionamiento está ligado a llevar a cabo una medición lo más exacta posible y a la vez sencilla.

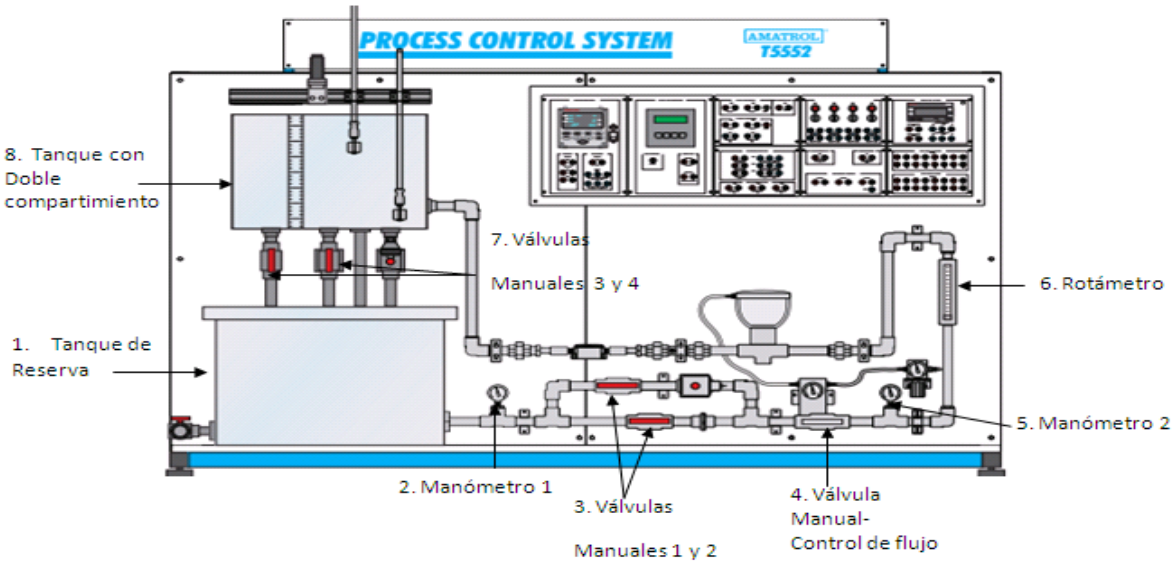
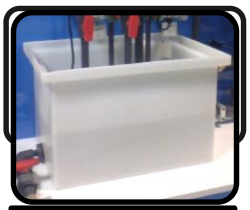


Ilustración 2: componentes manuales del banco

1. **Tanque de reserva**

Este es el tanque donde se almacena el agua con el que trabaja el banco de procesos, además es el tanque donde reside la bomba que hace circular el agua por el sistema.



Tanque de reserva

2. **Manómetro 1**

   Este instrumento indica la presión en determinado punto del sistema, mide la presión de 0 a 400 Kpa o de o a 60 PSI .



Manometro

3. **Válvulas Manuales 1 y 2**

Estas son las encargadas de permitir o no el flujo del sistema



Valvulas manuales

4. **Válvula manual control de flujo**

   Esta válvula permite o no el paso del flujo, ya que esta válvula es gradual a determinados grados, con lo que se puede ajustar el caudal que se desea que fluya por el sistema.



Valvulas manuales

5. **Manómetro 2**

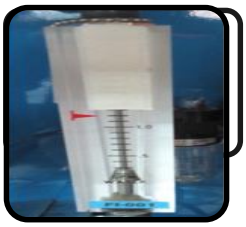
   Este instrumento indica la presión en determinado punto del sistema, mide la presión de 0 a 400 Kpa o de o a 60 PSI ..



Manometro

6. **Rotámetro**

Este otorga una indicación visual de la cantidad de flujo que pasa a través del sistema.



Rotametro

7. **Válvulas Manuales 3 y 4**

Estas son las encargadas de permitir o no el flujo del sistema



Valvulas manuales

8. **Tanque con doble compartimiento**

En este tanque se almacena el flujo luego de haber recorrido todo el sistema, es un tanque con doble compartimiento, ya que se encuentra divido en dos para medir la cantidad de flujo, en el tanque 1 se mide la cantidad de flujo en Centímetros y en el tanque 2 se mide la cantidad de flujo en Pulgadas.



tanque con doble compartimiento

Componentes Automáticos del banco de procesos Amatrol T5552

Adicionalmente en la la identificación de cada componente del banco de Procesos Amatrol T5552, es importante reconocer aquellas partes cuyo funcionamiento es automático, donde algunos funcionan por medio de señales eléctricas, para ejecutar su función y otros por medio de la emisión de señales para el control de elementos del banco de procesos.

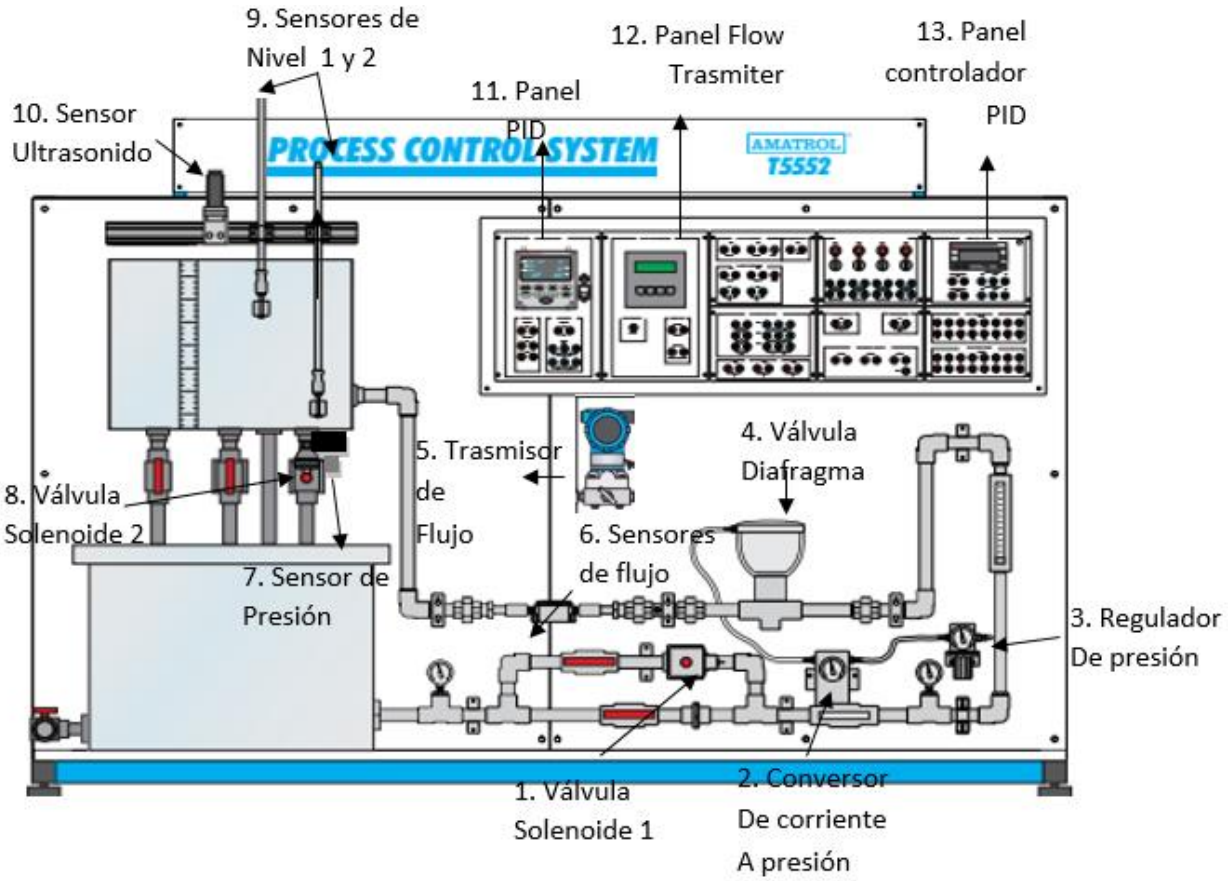


Ilustración 3: componentes automáticos del banco de procesos

1. **Válvula solenoide 1**

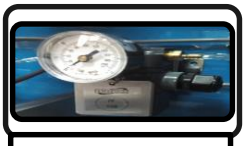
Esta permite o bloquea el paso del agua mediante señales eléctricas. Sirven para evitar el paso del líquido hacia el tanque en caso de que este lleno y para proteger la bomba en caso de que este vacío.



Valvulas Solenoides

2. **Conversor de corriente a presión (I/P)**

El funcionamiento de este consiste en que convierte una señal eléctrica en neumática desde un controlador.



Conversor de corriente a presión (I/P)

3. **Regulador de presión**

Este controla la cantidad de aire que se envía al controlador I/P.



Regulador de presión

4. **Válvula neumática de diafragma**

Esta tiene como finalidad permitir o no el paso de flujo, por medio de una estrangulación del flujo, esto lo hace mediante el aire que se inyecta del compresor, el cual estrangula

el diafragma y cuando este se encuentra de forma cóncava obstruye el paso del fluido y de forma convexa permite el paso del fluido.

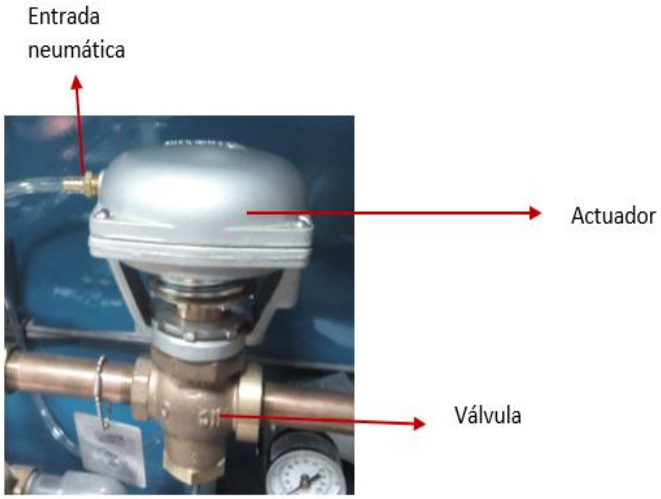


Ilustración 4: Esquema general de la válvula de diafragma

Esta válvula es accionada por medio del conversor I/P.



5. Trasmisor de flujo inteligente

El trasmisor de flujo inteligente, registra la diferencia de presiones mediante tres sensores diferentes (placa orificio, tubo Venturi, tubo pitot). Cada medidor de presión diferencial, crea una restricción en el paso del flujo, antes de la restricción se encuentra la alta presión y

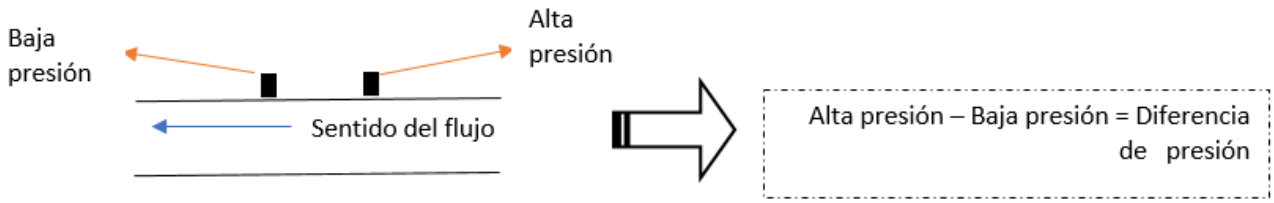


Ilustración 5: Esquema del proceso automático del trasmisor de flujo inteligente- fuente autores

Después de la restricción se encuentra la baja presión, con estas dos presiones se obtiene la presión diferencial leída por el trasmisor de flujo inteligente.



Trasmisor de flujo inteligente

6. Sensores de flujo

Son utilizados para determinar la diferencia de presión en determinado punto del sistema, el banco de procesos Amatrol T5552 cuenta con 4 sensores, los cuales son: tubo pitot, placa orificio y tubo Venturi y además cuenta con el sensor de paletas.

Estos son utilizados para generar una caída de presión a un fluido en una tubería cerrada, con el fin de determinar velocidades, caudales y de minimizar diversos efectos generados en la circulación de fluidos como es: Perdidas de presión en el sistema, turbulencia debido a los sólidos presentes en los fluidos, esto mediante restricciones características de cada medidor con el fin de optimizar diferentes procesos a nivel industrial.

Cabe mencionar que el principio de funcionamiento de estos medidores tiene como referencia el principio de Bernoulli, el cual describe el comportamiento de un fluido en un conducto cerrado, donde estable que si la velocidad del fluido aumenta, su presión disminuye, es decir la presión es inversamente proporcional a la velocidad del fluido.

Además otro referente en el funcionamiento de los medidores es el principio de continuidad, el cual establece que para fluidos incompresibles en una sección de tubería mayor la velocidad del fluido disminuye y en caso contrario en una sección de tubería menor la velocidad aumenta.

6.1. Tubo pitot



tubo pitot

Este es un instrumento utilizado para determinar la velocidad de un fluido y la presión diferencial de los mismo, por medio dos tubos concéntricos, el tubo de apertura interno que

se encuentra paralelo a la dirección del flujo y el tubo apertura exterior que se encuentra abierto perpendicular al flujo.

Donde

- La presión de impacto o dinámica es la alta presión y esta percibida por la apertura de tubo interno
- La presión estática es la baja presión y es percibida por apertura de tubo exterior.

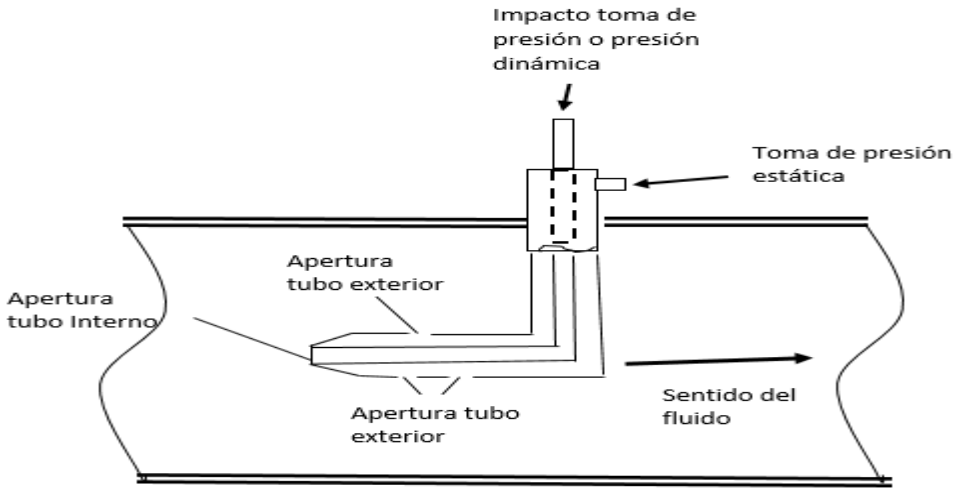


Ilustración 6: Tubo pitot- estructura interna – tomada de Process control system Lap 12,pag 64 Amatrol.2012.

A continuación en la tabla N° 7 se describirán as ventajas y desventajas del medidor de presión diferencial tubo pitot.

Ventajas	Desventajas
• Método económico de medición	• La exactitud no es tan buena como la de las placas orificio
• El método ha sido utilizado durante muchos años	• No son aptos para aplicaciones higiénicas
• Las pérdidas de carga son bajas en comparación con las placas orificio	• Un alineamiento correcto es fundamental

Tabla 7: Ventajas y desventajas del tubo pitot

6.2.Tubo venturi



Tubo venturi

Este es un instrumento utilizado para disminuir las pérdidas de carga que se pueden generar en una tubería o un sistema controlado, además también es utilizado para medir la presión diferencial, por medio de caídas generadas por el diseño del instrumento.

Este cuenta con una entrada y salida cónica respectivamente que es donde se encuentra la alta presión y una tubería estrecha en el medio que genera una restricción y en esta se encuentra la baja presión.

Es aquí donde se puede observar se cumple la ley de continuidad, la cual indica que en un conducto cerrado un fluido en movimiento aumenta su velocidad y disminuye su presión

luego de pasar por una sección trasversal menor, lo cual permite tener una lectura más precisa.

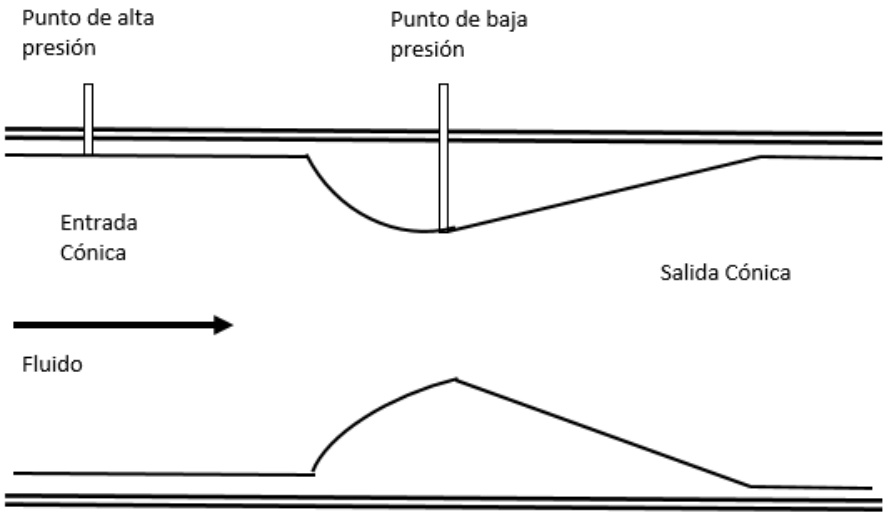


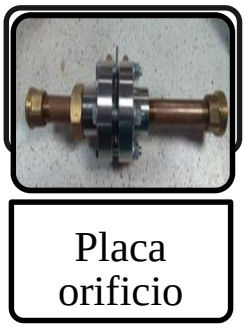
Ilustración 7: Estructura interna tubo venturi- tomada de Process control system Lap 12,pag 53 Amatrol.2012.

Acontinuación en la tabla N° 8 se describirán as ventajas y desventajas del medidor de presión diferencial tubo Venturi.

Ventajas	**Desventajas**
• Alta exactitud	• Los costos de instalación y mantenimiento son muy altos
• Su mantenimiento es muy bajo	• Hay ciertas restricciones en su instalación
• Se puede usar en la medición de grandes flujos.	

Tabla 8: Ventajas y desventajas del tubo Venturi

6.3.Placa Orificio



Placa orificio

Esta contiene en su interior un plato perforado, con el fin de evitar la presencia de sólidos que puede contener el fluido, de esta manera se realizan dos tomas de presión uno antes (alta presión) y otro después (baja presión) de la placa interna del instrumento que es la restricción, para determinar así la diferencia de presión que se puede generar.

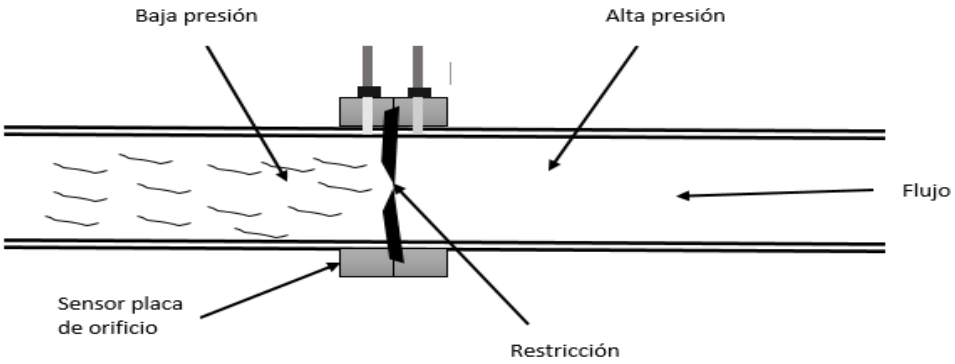


Ilustración 8: Estructura interna de la palca de orificio- tomada de Process control system Lap 12,pag 9 Amatrol.2012.

Los orificios que puede tener este instrumento son

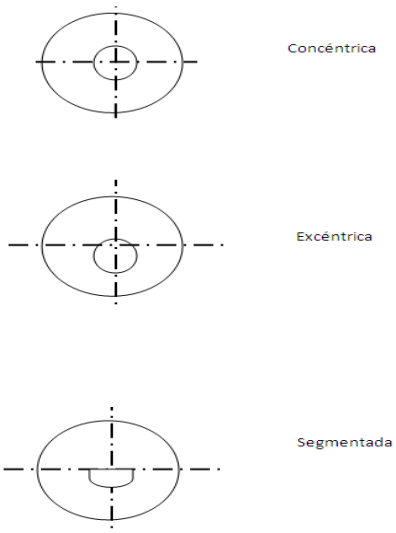


Ilustración 1: *Placa de orificio, concéntrica, excéntrica y segmentada.*

La forma concéntrica generalmente tiene un agujero que va alineado con la tubería, este diseño es usado mayormente en industrias para procesos que deben contener fluidos limpios.

La forma excéntrica aunque es muy parecida a la concéntrica posee el agujero fuera del centro, esta son utilizadas para reducir el riesgo de taponamiento o atasque en los procesos.

Respecto a la segmentada esta se usa en procesos similares como los de la excéntrica, multiprocesos sin embargo, esta es más utilizada debido a que tiene mayor capacidad de drenaje, con lo cual impide la acumulación de partículas y permite una medición mas exacta.

A continuación en la tabla N° 9 se describirán as ventajas y desventajas del medidor de presión diferencial placa orificio.

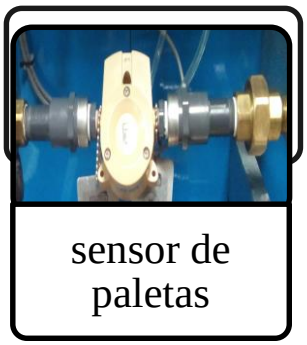
Ventajas	Desventajas
• El método ha sido utilizado durante muchos años y está bien aceptado.	• Son sensibles a las variaciones en el perfil de velocidades y a las turbulencias
• Son métodos estándar de ámbito mundial.	• No son aptos para aplicaciones higiénicas
• Admiten la gama más grande de diámetros nominales.	

Tabla 9: Ventajas y desventajas de la Placa de Orificio

Sensores de flujo de velocidad

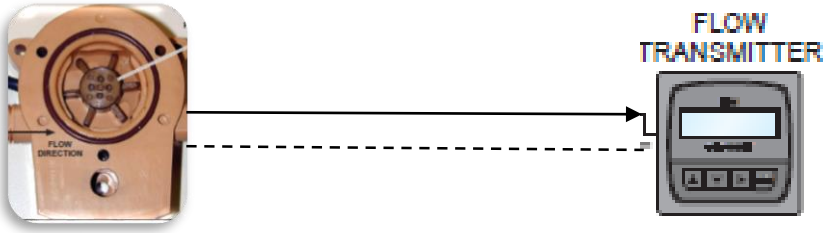
Esto determinan la tasa de flujo volumétrico (caudal), basados en la velocidad del paso del fluido, estos incluyen: sensores magnéticos, sensores de turbinas, etc.

6.4.Sensor de turbina (de paletas)



sensor de paletas

Este sensor mide el flujo por medio de la rapidez de rotación de las paletas. Cada que una paleta rota, una pastilla magnética junto con el sensor crean unas pulsaciones, estas son producidas por el paso del flujo y la frecuencia de las pulsaciones es proporcional al paso del flujo, dato que es leído por el instrumento Flow trasmiter, quien convierte el índice de frecuencia en medición de caudal.



7. Sensor de presión

Este sensor se encuentra ubicado en la parte inferior del tanque de compartimento N° 1, este mediante la presión de salida de la tubería del sistema mide el nivel del agua.



8. Válvula solenoide 2

Esta permite o bloquea el paso del agua mediante señales eléctricas. Sirven para evitar el paso del líquido hacia el tanque en caso de que este lleno y para proteger la bomba en caso de que este vacío.



Valvulas Solenoides

9. Sensores de nivel 1 y 2

Estos miden el nivel del líquido luego de recorrer todo el sistema, esto lo hacen por medio del envió de una señal, luego que el líquido llega a la altura en que se encuentra el sensor. ya que cuando el sensor tiene contacto con el líquido, este envía una señal al sistema y se detiene el paso del flujo, este determina el nivel del líquido presente en el tanque 1.



Sensores de nivel

10. Sensor ultrasonido

Este mide el nivel del flujo del tanque por medio de una señal de 4-20mA, la cual consiste en él envió de ondas, que al contacto con el líquido remiten una señal al sensor y de esta manera determinar el nivel presente en el tanque 2.

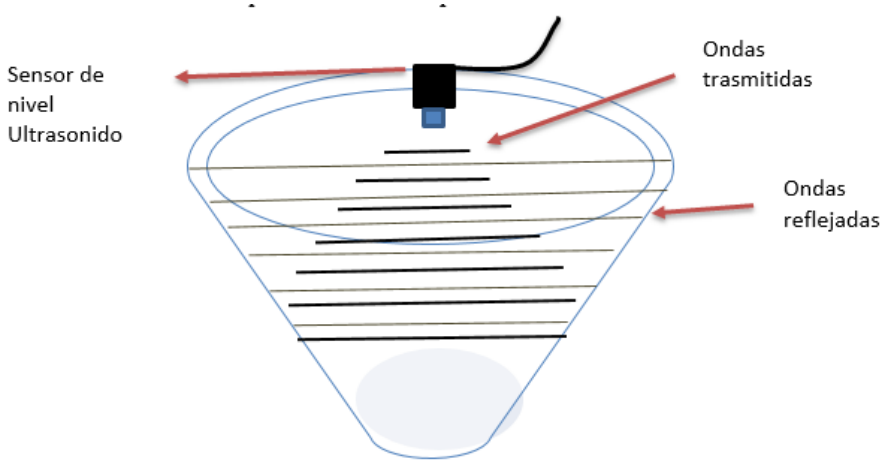


Ilustración 9: Esquema del principio del sensor ultrasonido- fuente autores



11. Panel PID

Este es un controlador para la regulación de diversas variables en procesos, su interfaz con el usuario es muy sencilla lo cual la convierte en un controlador sencillo y fácil de leer.

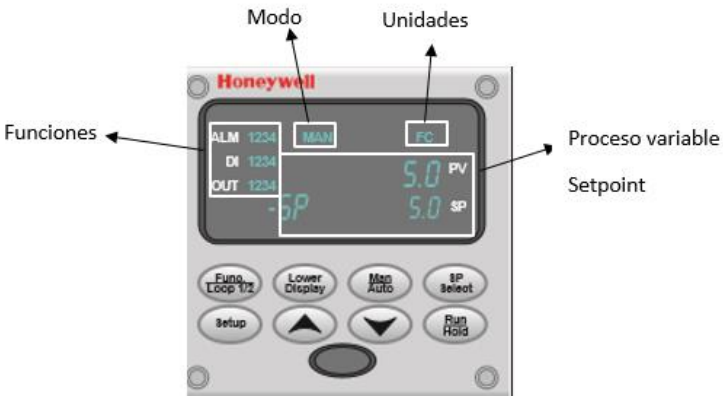


Ilustración 10: Descripción de los componentes del display del controlador PID

Funciones: esta indica el estado actual de las funciones de los controladores como alarmas, entradas y salidas digitales activas.

Modo: este indica si el funcionamiento esta de modo Manual o Automática

Unidades: esta parámetro muestra las unidades de medida manejadas (F: Fahrenheit, C: centígrados)

Proceso variable / Setpoint: este arroja el valor de los procesos variables y el setpoint para el controlador



Ilustración 11: Descripción de la parte externa del controlador PID

Setup (configurar): permite la navegación a través de la programación dentro de la configuración del sistema.

Fun Loop ½: permite la navegación de diferentes parámetros dentro de un seleccionado grupo de programas.

Lower display (pantalla inferior): permite la operación de retornar el controlador a modo normal de programación. Este también permite la operación de cambiar el valor en la pantalla inferior.

Man auto: este permite la operación para cambiar el controlador entre modo manual y automático.

SP select: permite elegir al usuario entre la diferencia de los puntos de ajuste que ha estado programado en el controlador.

Run Hold: permite al operador iniciar o mantener programas de punto de ajuste.

Abajo/ Arriba: permiten seleccionar y cambiar valores de parámetros y desplazarse a través  del menú.

12. Flow trasmiter

El trasmisor de flujo digital, convierte los pulsos registrados por el sensor en una señal analógica, y arroja el resultado mediante una lectura y programación digital, lo que permite la navegación por los menús y el ajuste de parámetros, que se desee que el sensor registre, el cual registra la velocidad del flujo.

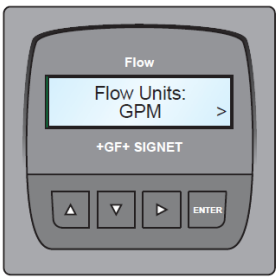


Ilustración 12: estructura general del controlador flow trasmiter

Al calibrar el trasmisor, mediante parámetros de ajuste, este deberá mostrar correctamente el caudal.

Cabe aclarar que la calibración de parámetros depende netamente de fabricante, en este caso el trasmisor digital de flujo cuenta con los siguientes parámetros estándar:

- **flow units:** esta establece las unidades de medición de caudal en el display del trasmisor de flujo digital (GPM- PPS).
- **flow k-factor:** representa el número de pulsos por unidades volumétricas generadas en el sensor (Galones o Litros).

  Cada marca y modelo del sensor digital tiene un único flow k-factor.
- **Loop ranger:** este parámetro muestra unos mínimos y máximos caudales. El caudal mínimo resulta en una salida de 4mA y el caudal máximo resulta de una salida de 20mA
- **Low loop adjust:** este muestra la corriente de salida deseada que corresponde al minmo caudal, esta será de 4mA (similar al Zero).
- **high loop adjust:** este muestra la corriente de salida deseada que corresponde al máximo caudal, esta será de 20mA (similar al span).
- **Total k-factor:** este proporciona al procesador el factor de conversión necesario para convertir él puso de frecuencia en volumen total.

  Este muestra el volumen total que fluye a través del sistema en un determinado lapso o tiempo.

  El trasmisor de flujo digital cuenta con 3 menús:
- **Vista:** este muestra la tasa de flujo de corriente y el volumen tota medido
- **Calibración y Opciones:** contienen la configuración de parámetros para el trasmisor.

13. Process meter

Este es un instrumento de medición que es usado en aplicación de control de procesos y provee indicaciones de valores de procesos variables (nivel, flujo, presión).



Ilustración 13: Controlador flow trasmiter

Los componentes del Process meter son:

- Display
- Los programadores

14. Válvula solenoide 2

Esta permite o bloquea el paso del agua mediante señales eléctricas. Sirven para evitar el paso del líquido hacia el tanque en caso de que este lleno y para proteger la bomba en caso de que este vacío.

Componentes adicionales con los que cuenta el banco de procesos.

1. **Bomba sumergible**

Esta se encuentra en el tanque de reserva y es la encargada de impulsar el flujo a través de las tuberías por todo el sistema, esta es de 1/20 HP.



bomba sumergible

1. **Compresor**

La función principal de este en el banco de procesos es suministrar aire a la válvula neumática, el cual va conectado al filtro de aire que limpia de cualquier impureza el aire que se dirige al conversor I/P, que es el encargado de convertir la señal eléctrica en neumática y de esta manera alimentar por medio de señal mecánica a la válvula neumática o también llamada proporcional.



compresor

2. **Cables de conexión**

Los cables de conexión se usan en el banco de procesos para poner en funcionamiento los elementos de este mediante el panel de conexiones.



cable de conexion dual rojo 12"	cable de conexion dual rojo 24"	cable de conexion dual negro 12"	cable de conexion dual negro 24"

3. Cables de alimentación

Estos son los encargados de trasmitir la corriente desde la fuente de alimentación al sistema, para el adecuado funcionamiento de este.



Cable de alimetación

4. Resistencia de precisión

La resistencia con que cuenta el banco de procesos Amatrol T5552 es de 250Ω, esta se debe enchufar en el process meter.



Resistencia

2. Identificación de componentes automáticos del banco de procesos Amatrol T5552, con sus respectivas señalizaciones en siglas para realizar conexiones.

Debido a las conexiones que se realizan en el banco de procesos para tener un control sobre los instrumentos automatizados con el que este cuenta, Milena, ingeniera de control de la universidad Distrital, realizo una señalización de cada componente en el panel de control del banco para facilitar dichas conexiones en el banco de procesos.

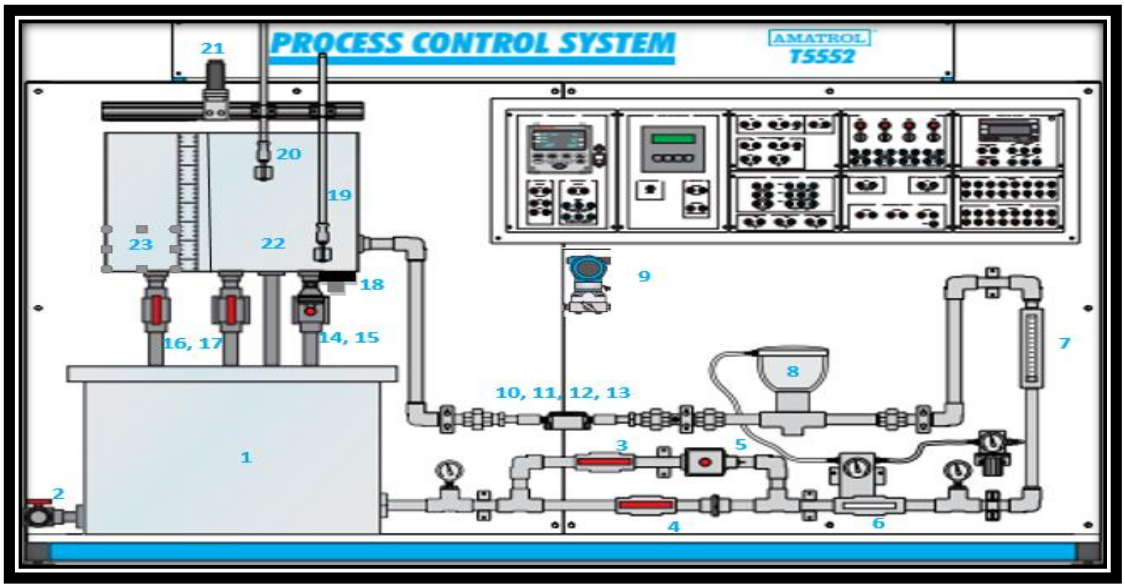


Ilustración 14: componentes del banco de procesos que cuenta con siglas para su identificación

A continuación se lista los componentes con sus respectivas siglas.

1	Tanque de reserva	TAN- R
2	Válvula manual 1	HV-001
3	Válvula manual 2	HV-002
4	Válvula manual 3	HV-003
5	Válvula solenoide 1	SV-001
6	Válvula manual- control flujo	HV-004
7	Rotámetro	FI-001
8	Válvula Neumática	PV-001
9	Trasmisor de flujo inteligente	PDIT-001
10	Placa orificio	FE-001
11	Tubo pitot	FE-002
12	Tubo Venturi	FE-003
13	Sensor de paletas	FE-004
14	Válvula solenoide 2	SV-002
15	Válvula solenoide 3	SV-003
16	Válvula manual	HV-006
17	Válvula manual	HV-007
18	Sensor de presión	PT-001
19	Flotador 1	LSL-001
20	Flotador 2	LSH-001
21	Sensor ultrasonido	LET-001
22	Tanque 1	TAN 001
23	Tanque 2	TAN 002

Tabla 10: Componentes con sus respectivas siglas en el panel de control del banco de proceso

7. Pasó a paso de las conexiones del banco de procesos Amatrol T5552

Procedimientos iniciales y verificación del correcto funcionamiento del sistema.

Es importante al trabajar con el banco de procesos, verificar ciertas medidas de prevención que se hacen indispensables a la hora del arranque o prueba de este, es por eso que en el siguiente paso a paso se muestran las consideraciones esenciales para iniciar el banco de procesos.

Verificar que la bomba este sumergida en agua.

1

Verificar que el nivel de los tanques este en el cero.

2

Alistar una extensión eléctrica

3

Alistar un estabilizador

4

Conectar el estabilizar a una toma corriente

5

Conectar la extensión al estabilizador.

6

Conectar la extensión al Amatrol T5552.



7

Encender el estabilizador.



8

Realizar las conexiones para cada elemento del banco, en el tablero de control.



9

Cuando la válvula este perpendicular a la tuberia se encuentra cerrada.Como se muestra a continuación.



10

Cuando la válvula este paralela a la tuberia se encuentra abierta. Como se muestra a continuación.

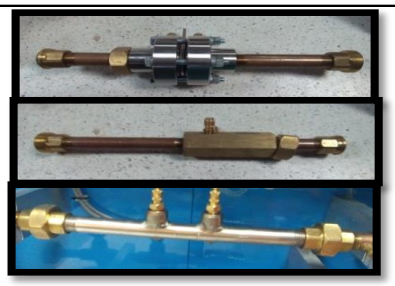


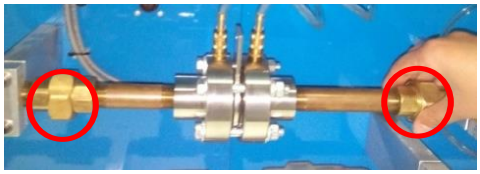
11

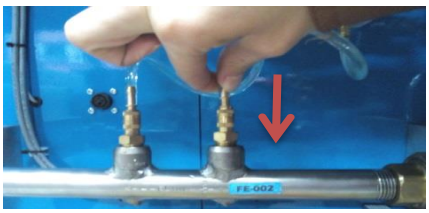
Procedimiento instalación y calibración de transmisor inteligente de diferencia de presiones

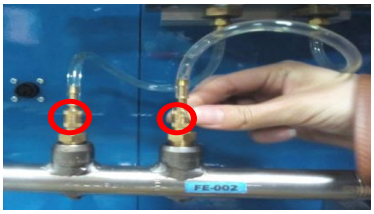
Para la toma de diferencia de presiones, es indispensable previamente realizar las adecuadas conexiones y la respectiva calibración del instrumento (trasmisor de flujo inteligente), por esto a continuación se detalla la manera correcta como se debe llevar a cabo estos procedimientos.

La finalidad de este procedimiento radica en la determinación de diferencia de presiones de cada sensor del banco de procesos, mediante la lectura acertada del trasmisor de flujo inteligente.

Instalar el correspondiente instrumento tubo pitot, placa orificio o tubo Venturi, en el banco de procesos.

1

Para instalar el tubo pitot, la placa orificio o el tubo Venturi, primero se debe girar las ruedas para asegurarlos.

2

Tener en cuenta que: para la conexión de mangueras, estas se deben oprimir hacia abajo.

3

Tener en cuenta que: para desconectar las mangueras, se deben oprimir hacia abajo las partes moviles del mini acoplamiento.

4

Conectar las mangueras al tubo venturi, placa orificio o tubo pitot.

5

Conectar las mangueras al transmisor de diferencia de presiones.

6

Conectar el el transmisor inteligente de diferencia de presiones al process meter, como se muestra en la imagen.

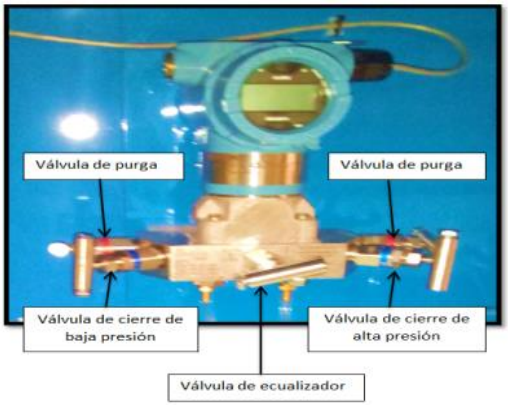
7

Conectar en el process meter 2 alarmas, con PL3 y PL4, como se muestra en la imagen.

8

Conectar la bomba como se muestra en la imagen.

9

Configurar el transmisor de flujo de diferencia de presión para cada sensor, Se deben identificar las valvulas del transmisor.

10

Abrir completamente la válvula del ecualizador (girar la válvula hacia la izquierda)

11

Cerrar completamente las válvulas de cierre de alta y baja presión. (girar la válvula hacia la derecha)

12

Encienda el interruptor principal.

13

Gire el interruptor SS1 y encienda el sistema para que el flujo pase a través del sistema.

14

Abrir completamente las válvulas de cierre de alta y baja presión. (girar la válvula hacia la izquierda)

15

Abrir completamente las válvulas de purga (girar la válvula hacia la izquierda y coloque un recipiente debajo de las valvulas para evitar derrames de agua) para liberar el aire del tubo, luego cerrar las valvulas de purga

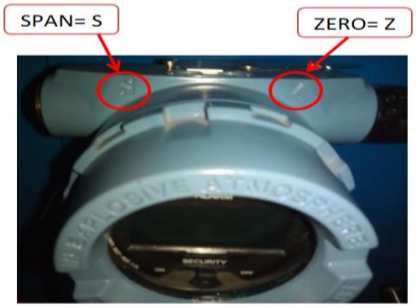
16

Cerrar completamente la válvula del ecualizador. (girar la válvula hacia la derecha)

17

Gire el interruptor SS1 y apague el sistema para que el flujo deje de pasar a través del sistema.

18

Para calibrar el transmisor de diferencia de presiones, se debe localizar los botones ZERO y SPAN.

19

Conseguir una llave con cabeza angular.

20

Oprimir el Zero con la llave de cabeza angular, sostenidamente hasta que muestre la lectura de ZERO PASS y luego dejar de oprimir el botón.

21

Gire el interruptor SS1 y encienda el sistema para que el flujo pase a través del sistema.

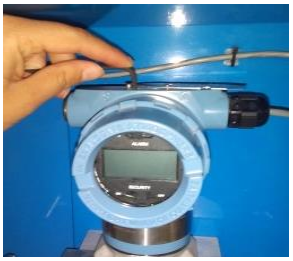
22

Ajuste el rotámetro indicando 1.2 GPM. Este se ajusta con la valvula manual de control de flujo (HV-004)



23

Oprimir el SPAN con la llave de cabeza angular, sostenidamente hasta que muestre la lectura de SPAN PASS y luego deje de oprimir el botón.



24

Gire el interruptor SS1 y apague el sistema para que el flujo deje de pasar a través del sistema.



25

Calibrar el process meter y las alarmas. Se deben ingresar los siguientes datos.

MENÚ	PARÁMETRO	VALOR
	inPt	4_20
	Rul	1.2
	Rll	0.0
	ALA 1	P_Lo
	PLA1	0.3
Conf	AHY 1	0.1
	ALA 2	P_Hi
	PhA 2	0.8
	AHY 2	0.1
	USE 1	A1nd
	USE 2	A2nd

26

Para ingresar los datos anteriores, Mantenga pulsada la tecla de configuración SETUP y luego presione la tecla de flecha hacia arriba y soltar.



27

usar las teclas de ▲ y ▼ para seleccionar en el menú la opción de configuración mostrando en la pantalla conf



28

Presionar SETUP para abrir la configuración del menú.



29

Con la tecla hacia arriba, Seleccionar el valor 20 que aparece en la codificación como código.



30

Cuando se visualiza 20, pulse la tecla SETUP para introducir el código de desbloqueo.



31

Debe aparecer en la pantalla 4-20 ma



32

Cuando se muestre la entrada correcta, se deberá pulsar SETUP. Luego aparecerá YES



33

Presionar la flecha hacia arriba ▲ para seleccionar el nuevo valor.



34

Presionar SETUP hasta que aparezca RUL en la pantalla, Con el rango límite superior e ingrese el valor que se indica en el paso 24 y repita pasos 31 y 32.



35

Para configurar los demas parametros que se muestran en el paso 24, se debe seleccionar el parametro que se va a configurar con SETUP seleccione el valor correspondiente, luego repita los pasos 31 y 32



36

Luego de ingresar todos los valores,Presionar y sostener la tecla SETUP, luego presionar la flecha ▲ para salir del menú de configuración.



37

Desplazar hasta que aparezca OPTR en la pantalla y pulsar la tecla SETUP para salir del modo de selección.



38

Luego de programar el process meter, seguir con la sección para medir caudal.



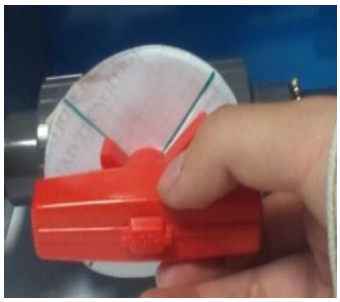
39

Gire el interruptor SS1 y encienda el sistema para que el flujo pase a través del sistema.



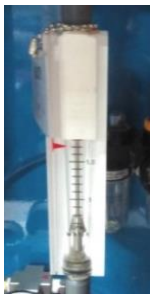
40

Controlar el caudal con la válvula manual HV004



41

Verificar la lectura de caudal en el rotámetro en Galones por minuto.



42

Verificar la lectura de caudal en el Process meter en Galones por minuto.



43

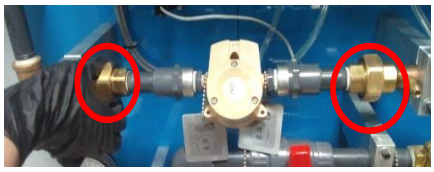
Procedimiento instalación y calibración de flow transmite y rueda de paletas con el banco de procesos

En el banco de procesos, se puede determinar el caudal por medio de distintas maneras, una de estas es por medio del sensor de paletas o rotatorio, quien toma los valores y el Flow trasmiter es el instrumento encargado de leer y trasmitir estos valores al que lo opera.

A continuación se presentan las conexiones que se deben realizar para obtener una adecuada lectura del caudal en el Flow trasmiter.

Instalar el medidor rueda de paletas en el banco de procesos.

1

Para instalar el medidor rueda de paletas, primero se debe girar las ruedas para asegurarlo.

2

conectar el medidor rueda de paletas al banco de procesos.(la conexión se encuentra en la parte izquierda del transmisor inteligente de diferencia de presiones.

3

Conectar el flow transmite como se muestra en la foto.

4

Conectar la bomba con el circuito que se muestra en la foto.

5

Abrir las válvulas manuales HV007 y HV006

6

Encienda el interruptor principal.

7

Encender la bomba en el panel discrete, mover el switch SSI hacia la derecha.

8

Abrir a 1.2 GPM el control de flujo manual (HV004) girándolo hacia la izquierda. Como se muestra en la imagen.

9

Verificar que la lectura del rotámetro sea aproximadamente igual a la lectura en el transmisor de fluido.

10

Verificar la lectura de caudal en unidad de medida GPM en el Transmisor de flujo.

11

Con el switch SS1 apagar la bomba.

12

Apagar el circuito principal y desconectar todos los cables.

13

Procedimiento instalación válvulas solenoides

El banco de procesos cuenta con actuadores que permiten u obstruyen el paso del flujo por la tubería del sistema, uno de ellos son las válvula Solenoides con que cuenta el banco, las cuales funcionan por medio de señales eléctricas, que se energizan por medio de una serie de conexiones para su funcionamiento.

Por esto a continuación, se establece las adecuadas conexiones que se deben realizar para cada una delas válvulas presentes en todo el sistema

En el banco de procesos existen 3 valvulas solenoides
valvula soleniode SV001= permite el llenado del tanque, esta corresponde a la conexión **SV1** en panel de control. valvula soleniode SV002= permite el drenaje del tanque, esta corresponde a la conexión **SV2** en panel de control. valvula soleniode SV003= permite el drenaje del tanque, esta corresponde a la conexión **SV3** en panel de control.
1

Primero se debe conectar la bomba

2

conexión valvula solenoide SV001 en SV1

3

conexión valvula solenoide SV002 en SV2

4

conexión valvula solenoide SV003 en SV3



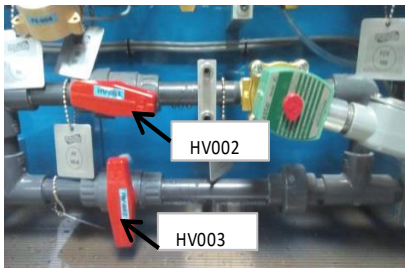
5

para manipular las valvulas solenoides SV002 y SV003, se deben cerrar las valvulas manuales HV006 Y



6

para manipular la valvula SV001, se debe abrir la valvula manual HV002 y cerrar la valvula manual HV003.



7

Encienda el interruptor principal.



8

Encender la bomba en el panel discrete, mover el switch SSI hacia la derecha.



9

10

Instalación de flotador y alarma del sistema

Para evitar accidentes y controlar los niveles en los tanques superiores, el banco de procesos cuenta con unos interruptores de flotador, los cuales se accionan por medio de alarmas de nivel.

Por consiguiente para la activación de estos interruptores se deben realizar las conexiones pertinentes, de tal manera a continuación se muestran las conexiones a realizar para el correcto funcionamiento de estos.

Realizar la conexión para la bomba

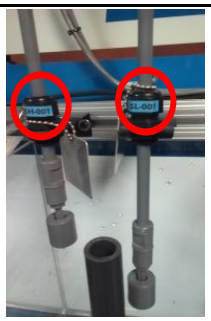
1

Realizar la conexión del flotador LS1

2

Identificar los flotadores LS1 Y LS2

3

Ajustar con los tornillos de bloqueo los flotadores, el flotador LS1 a la altura del tanque de 3 pulgadas.

4

Realizar la conexión para el flotador LS2



5

Encienda el interruptor principal.



6

Encender la bomba en el panel discrete, mover el switch SSI hacia la derecha.



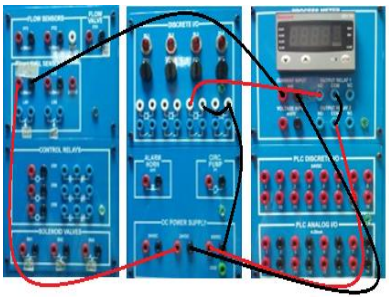
7

Procedimiento prueba de nivel y configuración del process meter

El procedimiento prueba de nivel del tanque se realiza usando el sensor de nivel LT1 (presión o ultrasonido) y el Process meter, mediante la calibración del trasmisor de flujo inteligente y programación del Process meter, mediante alarmas que indican niveles máximos o mínimos de nivel del líquido en los tanques 1 y 2, como se describirá a continuación.

Conectar la bomba en el panel.

1

conectar el sensor de nivel LT1 y Process meter.

2

Encender el interruptor principal Y en el panel discrete mover el switch SSI hacia la derecha.

3

Mantenga pulsada la tecla de configuración SETUP y luego presione la tecla de flecha hacia arriba ▲ y soltar.

4

Saldrá el siguiente menú con las opciones que se pueden seleccionar.

Opciones del menú

Optr: operación normal

Setp: permite personalizar la configuración

Conf: permite usar la configuración del medidor incluyendo entradas, alarmas y salidas.

Info: muestra información sobre los productos para las opciones del medidor

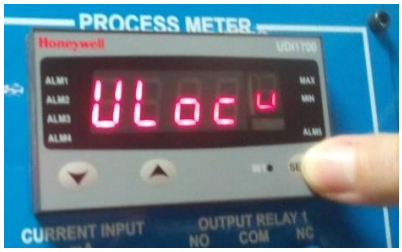
5

usar las teclas de▲ y ▼ para seleccionar en el menú la opción de configuración mostrando en la



6

Presionar SETUP para abrir la configuración del menú.



7

Con la tecla hacia arriba, Seleccionar el valor 20 que aparece en la codificación como código.



8

Cuando se visualiza 20, pulse la tecla SETUP para introducir el código de desbloqueo.



9

Debe aparecer en la pantalla 4-20 ma



10

Cuando se muestre la entrada correcta, se deberá pulsar SETUP. Luego aparecerá YES en la pantalla.



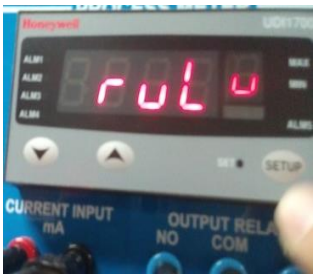
11

Presionar la flecha hacia arriba▲ para seleccionar el nuevo valor.



12

Presionar SETUP hasta que aparezca RUL en la pantalla, Con el rango límite superior.



13

usar las flechas de ▲ y ▼para seleccionar el valor 27,7.



14

Cuendo se muestre el valor correcto, pulse la tecla SETUP.



15

Pulse la flecha ▲ para aceptar el nuevo valor para el parametro.



16

Usando la tecla SETUP, desplácese hasta el límite del rango, cuando aparezca RII en la pantalla dejar de desplazar.



17

usar las flechas de ▲ y ▼y cambiar el valor a cero 0.0.



18

Usando la tecla SETUP, desplácese hasta el límite del rango, cuando aparezca RII en la pantalla dejar de desplazar.



19

Pulse la flecha ▲ para aceptar el nuevo valor para el parámetro.



20

Utilizando la tecla SETUP, desplazar hasta el punto decimal, hasta que aparezca “Dpos” en la pantalla. Luego con las flechas seleccione el valor 1.



21

la pantalla, presione la tecla SETUP. YES aparecerá en la pantalla. Presiona▲ flecha y acepte el nuevo valor para el parámetro.



22

Usando la tecla SETUP desplazarse y seleccionar ALA1.



23

Usar las flechas ▲ y ▼ para seleccionar el parámetro P_Lo.



24

Presiona la tecla SETUP, selecciona YES y Presionar la flecha▲ para aceptar el ajuste.



25

Usar la tecla SETUP y seleccionar PLA1, desplazar con las flechas▲ y ▼, y selecciona el valor 2.0.



26

Presionar la tecla SETUP para que aparezca en la pantalla YES, luego oprimir la flecha ▲
Para seleccionar el ajuste.



27

Usar la tecla SETUP, para seleccionar el nuevo parámetro (AHY1).



28

Usar las flechas▲ y ▼ para seleccionar el valor 0.1.



29

Presionar la tecla SETUP para que aparezca en la pantalla YES, luego oprimir la flecha ▲
Para seleccionar el ajuste.



30

Usar la tecla SETUP para seleccionar el parámetro (Ala2), luego Usar las flechas▲ y ▼para seleccionar P_H1.



31

Presionar la tecla SETUP para que aparezca en la pantalla YES. luego oprimir la flecha
Para seleccionar el ajuste.



32

Con la tecla SETUP seleccionar el parámetro PhA2.



33

Usar las flechas▲ y ▼ para seleccionar el valor 8.0.



34

Presionar la tecla SETUP para que aparezca en la pantalla YES, luego oprimir la flecha▲ para seleccionar el ajuste.



35

Con la tecla SETUP seleccionar el parámetro
AHY2. Usar las flechas y▲ para seleccionar el valor 1.0.



36

Presionar la tecla SETUP para que aparezca en la pantalla YES, luego oprimir la flecha
Para seleccionar el ajuste.



37

Con la tecla SETUP seleccionar el parámetro
USE 1 (1 usage).



38

Usar las flechas▲ y ▼ para seleccionar el parámetro A1 nd.



39

Presionar la tecla SETUP para que aparezca en la pantalla YES, luego oprimir la flecha
Para seleccionar el ajuste.



40

Repetir los pasos del 42 al 44, pero con los parámetros USE 2 Y A2nd.



41

Presionar y sostener la tecla SETUP, luego presionar la flecha▲ Para seleccionar menú.



42

Usar las flechas▲ y ▼ hasta q aparezca OPtr en la pantalla.



43

Presionar SETUP para volver a la medición normal.



44

Presionar y sostener la tecla SETUP, luego presionar la flecha▲ y seleccionar MODE.



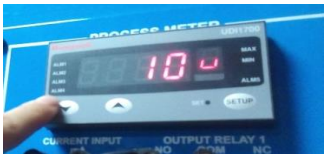
45

Usar las flechas▲ y ▼ para seleccionar el parámetro SET UP (SEtP).



46

Usar las flechas ▲ y ▼ para seleccionar el valor 10 y presionar el SETUP, para introducir el código de desbloqueo.



47

Presionar la tecla SETUP para desplazarse hasta el parametro offset (OFFS).



48

Usar las flechas ▲y ▼ para seleccionar el valor -1.6.



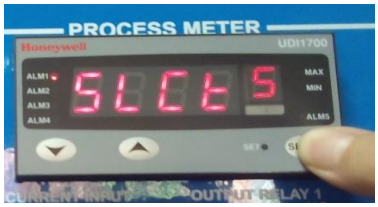
49

Pulsar la tecla de SETUP para aceptar el valor.



50

Presionar y sostener la tecla SETUP, luego presionar la flecha ▲para salir del menú de configuración.



51

Desplazar hasta que aparezca OPTR en la pantalla y pulsar la tecla SETUP para salir del modo de selección.



52

Luego de programar el metro seguir con la sección para realizar la prueba de nivel.



53

MANEJO DEL NIVEL DEL TANQUE

A continuación se establece el paso a paso de como leer adecuadamente el proceess meter.

Luego configurar el (PROCESS METER) Honeywell se medira el nivel del tanque, primero, abrir las válvulas HV006 Y HV007 para drenar el tanque.

1

Cerrar las válvulas HV006 Y HV007 cuando el tanque este drenado, la luz indicadora del PL3 deberá encenderse indicando una alarma de nivel bajo.

2

Prender el interuptor principal y Encender el switch SS1 para prender la bomba, la pantalla del process meter debe mostrar el nivel del agua en pulgadas.

3

Observe la lectura del nivel del tanque en la pantalla process meter y compare con la regla de aforo del nivel de tanque.

4

Cuando el nivel del tanque este en 10 pulgadas, apagar la bomba con el switch SS1.



5

Abrir las válvulas HV006 Y H007 para bajar el nivel del tanque hasta que la luz indicadora del PL4 se apague.



6

Abrir las válvulas HV006 Y HV007 para bajar el nivel del tanque hasta que la luz indicadora del PL3 se encienda.



7

Abrir las válvulas HV006 Y HV007 y permitir que el tanque se vacié. Luego cerrar las válvulas cuando el tanque este vacío.



8

Apagar switch SS1, el interruptor principal y desconectar todos los cables.



9

Procedimiento manejo nivel del tanque con controlador pid

El PID es un controlador que permite regular diversas variables en un proceso, de manera muy sencilla, esto se logra mediante la programación del controlador PID, por medio de una serie de procedimientos mostrados a continuación.

Se realizara una conexión para controlar el nivel del agua automáticamente desde el PID controlador, en los siguientes paneles.

1

Conectar la bomba con el circuito que se muestra en la foto.

2

Conectar la valvula de diafragma al PID controlador con el circuito que se muestra en la foto.

3

Conectar el Sensor de presion (LET 200A) al PID controlador, conel circuito que se muestra en la foto.

4

Conectar la valvula solenoide SV003 (permite el drenaje del tanque, esta corresponde a la conexión SV3 en panel de control) con el circuito que se muestra en la foto.



5

Abrir las válvulas manuales HV006 y HV007 y cerrarlas cuando el tanque este vacío.



6

Ajustar el regulador de presión neumático a 20 psi. Y asegúrese que la válvula manual HV004 esté abierta a 1.2 GPM.



7

Encienda el interruptor SS1, se mostrara en la pantalla del PID CONTROLLER man.



8

Use las flechas Usar las flechas ▲y ▼ para cambiar el valor del SP a 5 pulgadas.



9

Pasos para establecer los parámetros de control para el PID CONTROLLER. Presionar el botón SETUP repetidamente para ver las opciones.



10

Presionar el botón **FUNC LOOP ½** repetidamente y seleccionar **GAIN** valor.



11

Use las flechas Usar las flechas ▲y ▼ para cambiar el valor a 30 en PV.



12

Presionar el botón FUNC LOOP ½ nuevamente, para seleccionar RATE MIN



13

Use las flechas Usar las flechas ▲y ▼ para cambiar el valor a 0.



14

Presionar el botón FUNC LOOP ½ nuevamente, para seleccionar RSET MIN



15

Use las flechas Usar las flechas ▲y ▼ para cambiar el valor a 0.25 Representa un tiempo de 15 segundos.



16

Oprimir el botón **LOWER DISPLAY** hasta que aparezca SP.



17

Programar los siguientes parámetros de entrada en el Honeywell controller. Usando **SETUP, FUNC LOOP ½** Y las flechas ▲y ▼ Oprimir **setup** para llegar a input 1 luego oprimir **func loop,** saldran opciones para calibrar

PARAMETER GROUP	PARAMETER	SETTING
INPUT1	IN1 TYPE	1-5 V
	XMITTER1	LINEAR
	IN1 HI	27.76
	IN1 LO	0.0
	BIAS	-1.6

Fuente:Imagen tomada del manual process control systems pág. 54 edición 00

18

de INPUT 1, presionar el botón LOWER DISPLAY hasta que aparezca SP en la pantalla.



19

Oprimir el botón MAN/ AUTO, para llenar el tanque de modo automático.



20

Encender el interuptor principal, luego la bomba desde el panel discrete, moviendo el switch SSI hacia la derecha.



21

Poner el switch SS2 en modo ON (Prender). Esto pone en funcionamiento la válvula solenoide SV003 para drenar automáticamente el tanque.



22

Para cerrar la válvula SV003 se debe apagar el switch SS2.

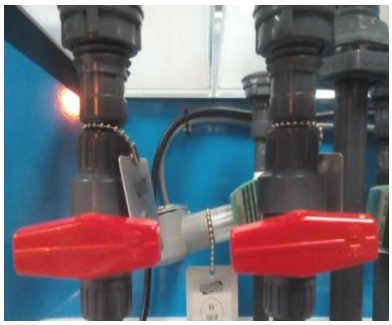
23

Para apagar la bomba poner en off el switch SS1.

24

Cambie el controlador a modo manual pulsando el botón MAN/AUTO.

25

Abrir la válvulas manuales HV006 y HV007 para drenar el tanque.

26

Apaga el principal circuito y desconecte los cables.

27

Procedimiento prueba del sensor del nivel ultrasonido

Otra opción de medición de nivel que ofrece el banco de procesos, es mediante el sensor de ultrasonido, el cual se conecta al controlador PID el cual por medio de una programación específica, permite controlar el nivel del tanque.

Por esto a continuación se establecen los procedimientos y conexiones que se deben realizar entre el sensor ultrasonido y el controlador PID.

Conectar la bomba con el circuito que se muestra en la foto.

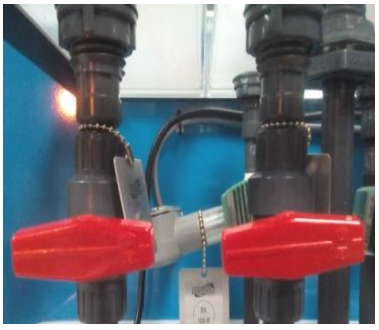
1

Sensor de nivel por ultrasonido LET 001

2

Conectar el sensor de nivel por ultrasonido al PID controlador con el circuito que se muestra en la foto.

3

Abrir las válvulas manuales HV006 y HV007 para drenar el tanque.

4

Encienda el interruptor principal.



5

Programar los siguientes parámetros de entrada en el Honeywell controller.
Usando **SETUP, FUNC LOOP ½** Y las flechas ▲▼ y
Oprimir **setup** para llegar a input 1 luego oprimir **func loop,** saldran opciones para

PARAMETER GROUP	PARAMETER	SETTING
INPUT1	IN1 TYPE	1-5 V
	XMITTER1	LINEAR
	IN1 HI	27.76
	IN1 LO	0.0
	BIAS	-1.6

Fuente:Imagen tomada del manual process control systems pág. 54 edición 00

6

Cuando se programen los parámetros del paso 6, oprimir el botón **LOWER DISPLAY**.



7

Oprimir el botón MAN/AUTO, verificar que en la parte superior izquierda de la pantalla aparezca MAN.



8

Para prender o apagar la bomba se debe usar el interruptor SS1.



9

Abrir las válvulas manuales HV006 y HV007 para drenar el tanque.



10

Apaga el principal circuito y desconecte los cables.



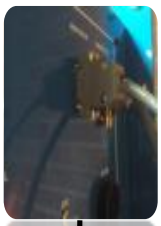
11

Procedimiento PLC

En este paso a paso se muestra como manipular el banco de procesos desde el PLC, donde se plasman las conexiones necesarias para conectar cada componente del banco de procesos

Identificar la planta amatrol y el modulo 990_PS712
  Planta Amatrol Modulo 990- PS712
1

Conectar el cable ------ en el modulo 990- PS712 y en la planta amatrol T5552.
  Modulo 990- PS712 Planta amatrol
2

Conectar el cable ------ en el modulo 990- PS712 y en el planta amatrol T5552.
  Modulo 990- PS712 Planta amatrol
3

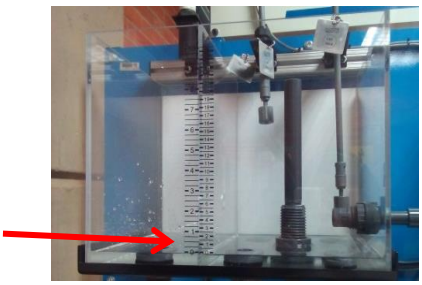
Conectar el cable de alimentación de energía para el modulo 990- PS712 y planta amatrol.
 
4

Verificar que la bomba este sumergida en agua.



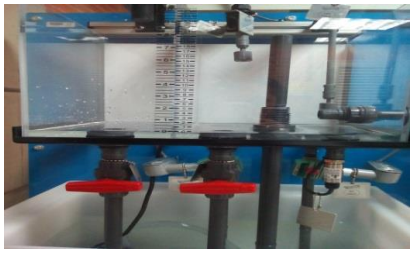
5

Verificar que el nivel de los tanques este en cero.



6

Verificar que las válvulas de los desagües de los tanques estén cerradas.



7

Alistar una extensión eléctrica



8

Alistar un estabilizador



9

Conectar el estabilizar a una toma corriente



10

Conectar la extensión al estabilizador.



11

Conectar la extensión al Amatrol T5552.



12

Encender el estabilizador.



13

Realizar las conexiones para generar la comunicación entre el módulo 990- PS712 y la planta amatrol T5552, en el panel de control.



14

Realizar la conexión de la imagen para conectar la bomba.



15

Realizar la conexión de la imagen para conectar la válvula solenoide SV1.



16

para conectar la valvula SV2 ó SV3 debe trasladar la conexión a la parte del panel que tiene esas ciclas.



17

Realizar la conexión de la imagen para conectar el transmisor de flujo de diferencia de presión.



18

Realizar la conexión de la imagen para conectar la válvula de diafragma.



19

Realizar la conexión de la imagen para conectar el sensor de presión.



20

Realizar la conexión de la imagen para conectar el sensor de nivel por ultrasonido.



21

Antes de realizar las conexiones se debe conectar una resistencia en el panel del PLC.



22

Resistencia



23

Encender en switch principal de la planta amatrol T5552.



24

Encender el módulo 990- PS712 desde el switch principal.



25

Esperar hasta que en la pantalla tactil del módulo 990- PS712 aparezca la siguiente imagen. En la pantalla táctil del modulo aparecerán tres opciones seleccionar con la que se va a trabajar.



26

Prueba
Aparecerán las siguientes funciones.(start y stop)



27

Flujo
En la pantalla Usted debe seleccionar el sensor de flujo (parte izquierda de la pantalla) con el que desea trabajar.
(Recuerde calibrar el transmisor de flujo inteligente siempre que cambie de sensor)



28

Nivel
En este la pantalla muestra dos opciones, ultrasonido o presión, Usted debe seleccionar el sensor con que desea trabajar.



29

8. Resultados

Pasó a paso de las conexiones del banco de procesos Amatrol T5552

Uno de los resultados de este proyecto de grado son los procedimientos que se plasman en el numeral 7, ya que estos procedimientos se dejan a disposición de los estudiantes para hacer más sencilla la manipulación y uso del banco de procesos Amatrol T5552, los procedimientos que se realizan de una forma organizada y de fácil comprensión, se titulan:

- ✓ Procedimientos iniciales y verificación del correcto funcionamiento del sistema.
- ✓ Procedimiento instalación y calibración de transmisor inteligente de diferencia de presiones.
- ✓ Procedimiento instalación y calibración de flow transmite y rueda de paletas con el banco de procesos.
- ✓ Procedimiento instalación válvulas solenoides.
- ✓ Instalación del flotador y alarmas del sistema.
- ✓ Procedimiento prueba de nivel y configuración del process meter.
- ✓ Procedimiento manejo nivel del tanque con controlador PID.
- ✓ Procedimiento prueba de nivel del sensor de nivel ultrasonido.
- ✓ Procedimiento PLC.

En tanto, de esta forma se dejan plasmados un total de 9 procedimientos, con los cuales los estudiantes podrán interactuar y enfatizar aún más sus conocimientos, colocándolos en práctica con el banco de procesos Amatrol T 5552.

Curvas de calibración de los medidores de presión diferencial del banco de procesos Amatrol T5552

Siendo las curvas de calibración uno de los objetivos específicos del proyecto, se realiza el desarrollo de las mismas a través de la metodología plasmada.

Desarrollo de la metodología

Para la recolección de datos es necesario realizar un total de 3 ensayos para poder realizar una comparación más profunda, cada ensayo con un total de 11 intentos.

Para este ensayo se toman lecturas de presión diferencial usando el transmisor inteligente de diferencia de presión, además se toman caudales en galones por minuto usando el rotámetro, Process meter y el flow transmiter.

Nota: De los resultados de los ensayos realizados se dejara un anexo físico en el laboratorio de servicios públicos

Técnica de análisis de datos

Para la técnica de análisis de datos se promedian todos los datos de los 3 ensayos, para obtener una única tabla de datos para su posterior análisis.

Tabla promedio

Los datos de esta tabla se obtienen con los promedios de las tablas de ensayo 1,2 y 3.

INTENTOS	caudal - rotametro GPM	placa de orificio (transmisor de flujo inteligente)		tubo pitot (transmisor de flujo inteligente)		tubo venturi (transmisor de flujo inteligente)		Rueda de paletas (flow transmiter) GPM
		diferencia presion (pulgadas de agua)	Process meter caudal GPM	diferencia presion (pulgadas de agua)	Process meter caudal GPM	diferencia presion (pulgadas de agua)	Process meter caudal GPM	
1	0,2	-0,6	0,1	0,12	0,2	0,52	0,2	0,2
2	0,3	0,16	0,2	0,5	0,3	1,43	0,3	0,3
3	0,4	0,85	0,3	1,21	0,4	2,51	0,4	0,4
4	0,5	1,85	0,4	1,69	0,5	3,94	0,5	0,5
5	0,6	3,68	0,5	2,58	0,6	5,9	0,6	0,6
6	0,7	5,67	0,6	3,55	0,7	8,09	0,7	0,7
7	0,8	7,85	0,7	4,31	0,8	10,55	0,8	0,8
8	0,9	10,5	0,8	5,51	0,9	13,4	0,9	0,9
9	1	13,16	0,9	6,69	1	16,02	1	1
10	1,1	16,45	1	8,09	1,1	19,6	1,1	1,1
11	1,2	19,16	1,1	9,35	1,2	22,76	1,2	1,2

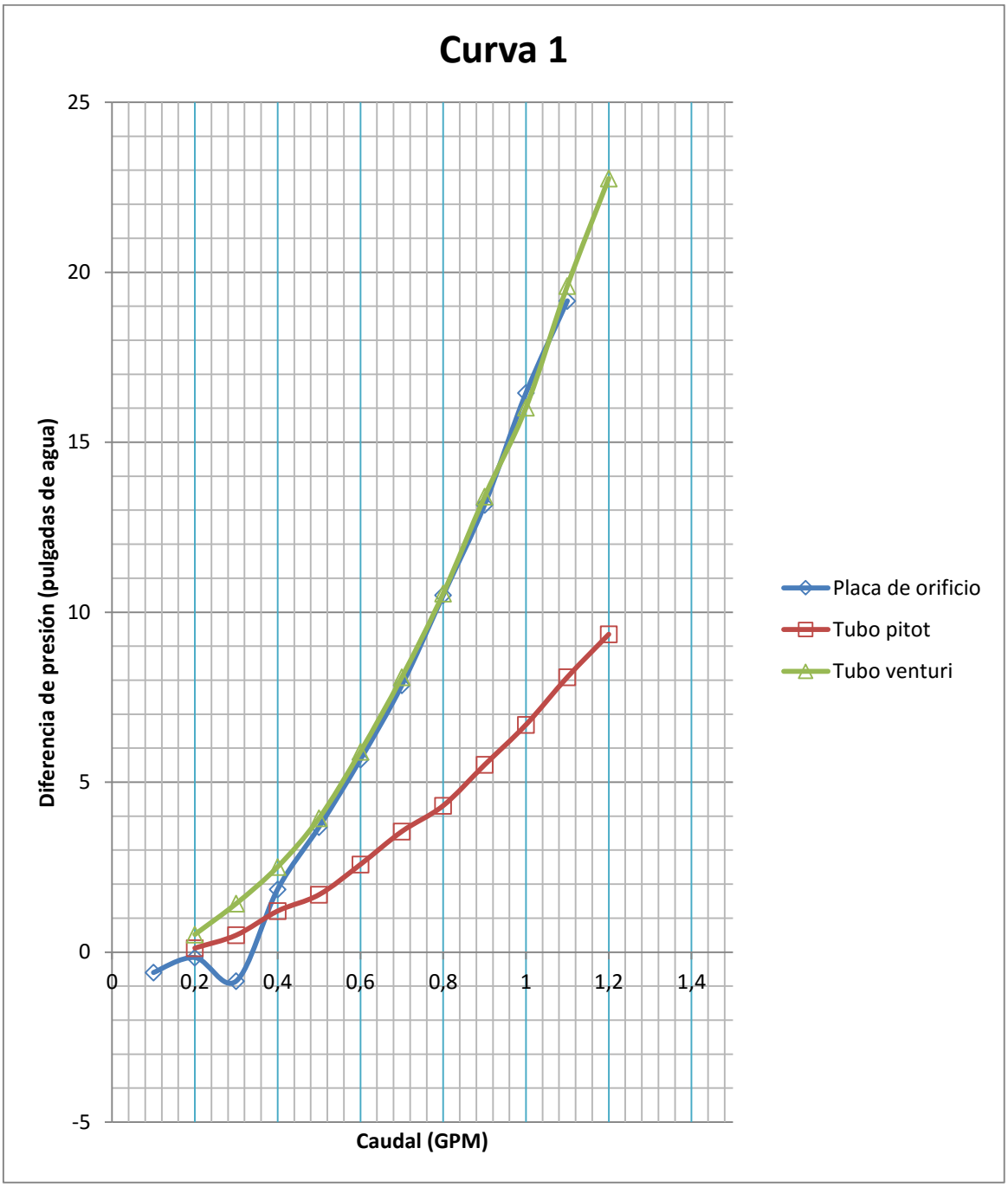
Tabla 111: Resultados del promedio obtenido de los ensayos 1, 2 y 3

Luego de obtener los datos promediados se ejecutan las curvas de calibración de los 5 medidores de caudal.

Las curvas de calibración se basan en 2 variables diferencia de presiones y caudal, por lo cual se podrá analizar el comportamiento de la diferencia de presión Vrs caudal.

Curva 1

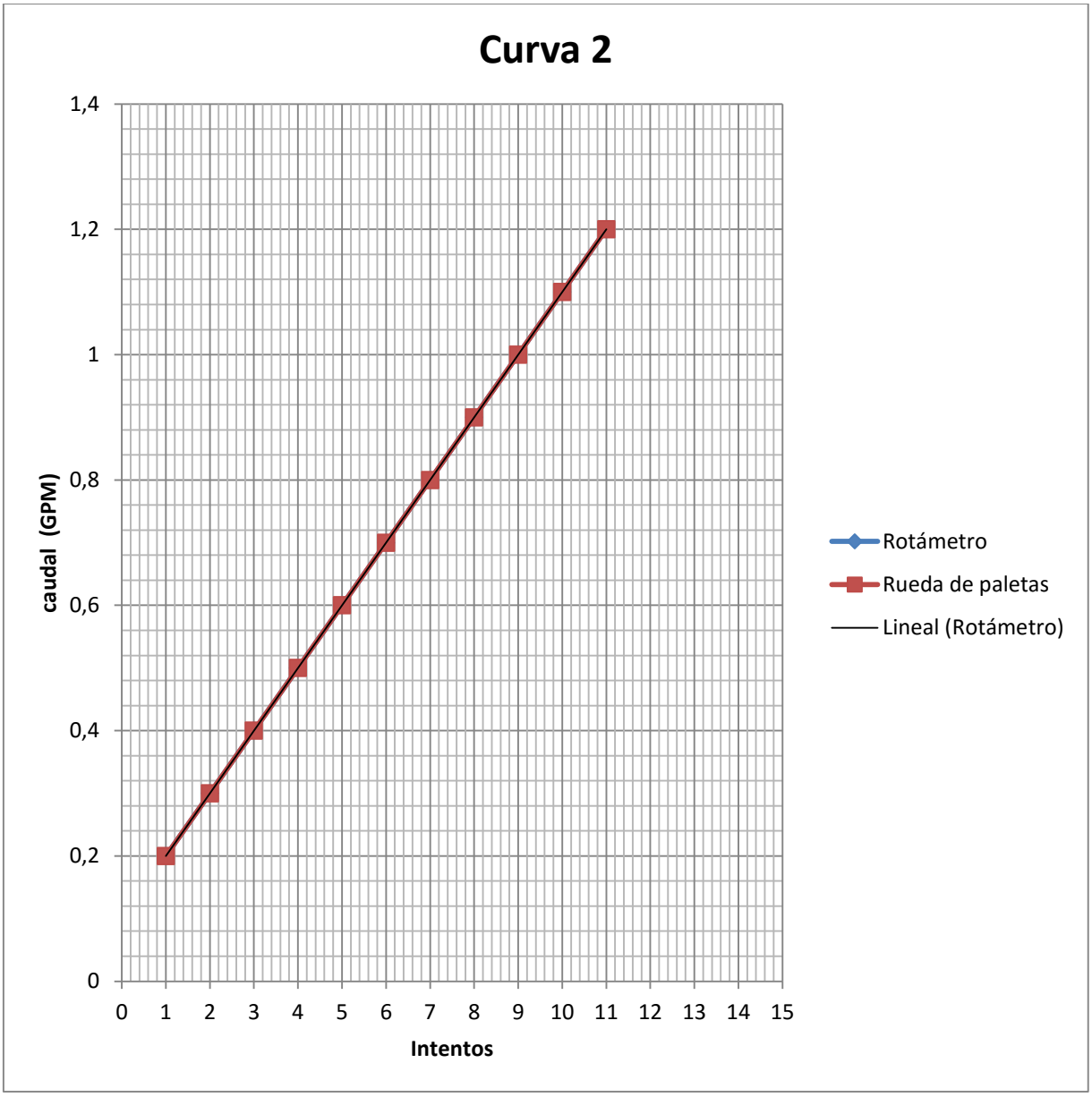
En esta curva se compara la diferencia de presión vrs caudal, en los medidores tubo pitot, tubo Venturi y placa de orificio.



Grafica 1: Comparación de diferencia de presiones y caudal de los medidores placa de orificio, tuvo pitot y tuvo Venturi

Curva 2

En la curva 2 se grafica los caudales (tabla promedio) registrados por el rotámetro vrs rueda de paletas.



Grafica 2: Comparación del caudal registrado por el rotámetro y la rueda de paletas

Indicadores de variable

La tabla promedio obtenida genera información para la comparación de los indicadores de variables, los cuales son:

- Rango de error del medidor tubo pitot vrs rotámetro
- Rango de error del medidor tubo Venturi vrs rotámetro
- Rango de error del medidor placa de orificio vrs rotámetro
- Rango de error del medidor rueda de paletas vrs rotámetro

Se tabulan los resultados en las siguientes tablas:

- Rango de error del medidor tubo pitot vrs rotámetro

Intentos	Rotámetro Caudal GPM	Tubo pitot Caudal GPM	Rango de error
1	0,2	0,2	0%
2	0,3	0,3	
3	0,4	0,4	
4	0,5	0,5	
5	0,6	0,6	
6	0,7	0,7	
7	0,8	0,8	
8	0,9	0,9	
9	1	1	
10	1,1	1,1	
11	1,2	1,2	

Tabla 122: Rango de error del medidor tubo pitot vrs rotámetro

- Rango de error del medidor tubo Venturi vrs rotámetro

Intentos	Rotámetro Caudal GPM	Tubo Venturi Caudal GPM	Rango de error
1	0,2	0,2	0%
2	0,3	0,3	
3	0,4	0,4	
4	0,5	0,5	
5	0,6	0,6	
6	0,7	0,7	
7	0,8	0,8	
8	0,9	0,9	
9	1	1	
10	1,1	1,1	
11	1,2	1,2	

Tabla 133: Rango de error del medidor tubo Venturi vrs rotámetro

- Rango de error del medidor rueda de paletas vrs rotámetro

Intentos	Rotámetro Caudal GPM	Rueda de paletas Caudal GPM	Rango de error
1	0,2	0,2	0%
2	0,3	0,3	
3	0,4	0,4	
4	0,5	0,5	
5	0,6	0,6	
6	0,7	0,7	
7	0,8	0,8	
8	0,9	0,9	
9	1	1	
10	1,1	1,1	
11	1,2	1,2	

Tabla 144: Rango de error del medidor rueda de paletas vrs rotámetro

- Rango de error del medidor placa de orificio vrs rotámetro

Intentos	Rotámetro Caudal GPM	Placa de orificio Caudal GPM	Rango de error
1	0,2	0,1	50
2	0,3	0,2	33,33333333
3	0,4	0,3	25
4	0,5	0,4	20
5	0,6	0,5	16,66666667
6	0,7	0,6	14,28571429
7	0,8	0,7	12,5
8	0,9	0,8	11,11111111
9	1	0,9	10
10	1,1	1	9,090909091
11	1,2	1,1	8,333333333
TOTAL PROMEDIO			19%

Tabla 155: Rango de error del medidor placa de orificio vrs rotámetro

Guías prácticas de trabajo

Después de realizados los paso a paso del funcionamiento del banco de procesos y comprendido el funcionamiento del mismo, se continua con la redacción de unas guías prácticas de trabajo, igualmente este material se dejara a disposición de los estudiantes y los docentes que requieran aplicarlas para el desarrollo de las clases. Estas guías se titularon:

- ✓ Medición de caudal a través del método gravimétrico desde el banco de procesos Amatrol T5552.
- ✓ Comparación de resultados de caudal registrados por el rotámetro y el flow transmite en el banco de procesos Amatrol T 5552.

- ✓ Medición de caudal a través del medidor placa de orificio desde el banco de procesos Amatrol T 5552.
- ✓ Medición de caudal a través del medidor tubo pitot desde el banco de procesos Amatrol T 5552.
- ✓ Medición de caudal a través del medidor tubo Venturi desde el banco de procesos Amatrol T 5552.
- ✓ Medición de caudal a través del método volumétrico desde el banco de procesos Amatrol T 5552.
- ✓ control del banco de procesos Amatrol T 5552 a través del PLC.

Las anteriores guías mencionadas se encuentran como anexo en este proyecto, estas guías son muy prácticas para adquirir sentido de pertenencia con el equipo Amatrol T 5552.

Practicas desarrolladas con los estudiantes

Otro resultado obtenido con el desarrollo de este proyecto, son las prácticas que se llevaron a cabo con los estudiantes, ya que con la finalidad de dar a conocer las guías prácticas de trabajo redactadas en este proyecto de grado, se contribuye con una práctica guiada por las autoras del mismo, donde los estudiantes interactúan con el banco de procesos Amatrol T 5552 desarrollando las guías prácticas de trabajo.

9. Análisis de resultados

En la comparación de los medidores para el rango de error se obtiene un rango de error de 0% en los medidores tubo Venturi, tubo pitot y rueda de paletas, a diferencia del medidor placa de orificio que obtiene un rango de error del 19%, ya que en el momento de comparar las mediciones de caudal con el rotámetro y el medidor de placa de orificio no coinciden, porcentaje que resulta muy alto a las hora de realizar ensayos asertivos, donde lo que se busque es exactitud en la medición, por tanto en el momento de usar el banco de procesos para la medición de caudales es necesario basarse en las mediciones del tubo pitot, tubo Venturi y rueda de paletas ya que fueron las más asertivas.

Con los datos obtenidos se analiza que el caudal y la diferencia de presión poseen una relación directamente proporcional, ya que en las tablas N 11, 12, 13 y 14 se observa que a medida que aumenta el caudal igualmente aumenta la diferencia de presión.

Respecto a la comparación de los medidores tubo pitot, tubo Venturi y rueda de paletas, se puede señalar la rueda de paletas como el medidor que arroja los valores de caudal más paralelos e instantáneos respecto al rotámetro, debido a que los datos de medición que arroja el Flow trasmiter es casi momentáneo a la hora de cambiar los valores de caudal que circulan por el sistema, y en cuanto la medición en los demás, la arroja en controlador PID y esta medición se hace tardía en uno rango entre 30 segundos a 1 minuto aproximadamente.

10. Medidas de seguridad a tener en cuenta a la hora de trabajar con el banco de procesos Amatrol T5552

Riesgos más comunes

- **Riesgo por contacto directo**

Es cuando las personas tienen contacto directo con los cables o equipos activos, donde se puede producir una trasmisión de energía eléctrica la cual puedes alterar y poner en riesgo la vida de la persona.

- **Riesgo por contacto indirecto**

Este puede ocurrir cuando hay contacto entre una persona y el cuerpo de un equipo, que se encuentre conectado con tensión.

- **Riesgo por fuego**

Estos se pueden producir por inadecuados contactos, cuando se realizan conexiones, que pueden producir chispas o sobre cargas eléctricas en los conductores, con lo cual se puede provocar un corto circuito y de esta manera puede aparecer fuego, poniendo en riesgo la integridad de las personas que se encuentren manejando el equipo o presentes en el área de trabajo.

Causas de los accidentes eléctricos

- ✓ Tensión elevada

✓ Lugar húmedo
✓ Piel húmeda
✓ Chispas generadas por falsos contactos
✓ Fallos de instalación
✓ Fallos de aparatos eléctricos Protecciones mecánicas inadecuadas
✓ Ausencia de elementos de protección
✓ Manipulación indebida de los aparatos eléctricos

Tabla 16: Causas que pueden llegar a provocar accidentes eléctricos.

Normas basicas de manipuación del banco de procesos

Disposiciones mínimas del equipo

1. La bomba debido a que es sumergible siempre debe mantener bajo agua, de lo contrario se dañara.
2. debe estar al tanto de evitar que los tanques 1 y 2 se llenen completamente, de ser asi abra las valvulas manuales HV 006 y HV 007 para permitir el retorno del liquido al tanque de reserva. Debido a que se puede salir el agua del banco de procesos y esto podria provocar un accidente en el laboratorio.
3. Al realizar y deshacer la conexiones verifique que el sistema este apagado, ya que puede haber una trasmisión de tensión, lo que puede resultar peligroso para Usted y los presentes en el laboratorio
4. En cuanto a las conexiones debe verificar que todas esten de manera adecuada, ya que por alguna mala conexión el sistema puede dejar de funcionar de manera eficaz.
5. Al realizar conexiones debe tener en cuenta , verificar que el sensor deseado este conectado al panel de control, ya que si no se encuentra conectado, los datos arrojados por esto, podran ser erroneos

Tabla 17: Disposiciones básicas a tener en cuenta a la hora de manejar el banco de procesos Amatrol T5552

11. Conclusiones

- ✓ Tras el desarrollo de este proyecto se logra comprobar que el banco de procesos Amatrol T 5552, es un equipo dinámico que permite una fácil manipulación, ya que está diseñado directamente para ser manipulado por estudiantes, sin embargo es necesario aplicar cuidados básicos al equipo para garantizar un correcto funcionamiento y durabilidad en el laboratorio de servicios públicos de la facultad del medio ambiente y recursos naturales.

- ✓ Se observa la necesidad de continuar incentivando proyectos de grado enfocados en el banco de procesos Amatrol T 5552, para profundizar el conocimiento mismo y generar más herramientas que permitan mayor comodidad y facilidad en el uso de este equipo.

- ✓ El banco de procesos Amatrol T 5552 cuenta con una variedad de elementos que permiten llevar a la práctica conocimientos adquiridos en las asignaturas de la tecnología en gestión ambiental y servicios públicos, por tanto es necesario seguir promoviendo su uso en las diversas asignaturas.

- ✓ Respecto a los ensayos realizados, se observó la importancia que tiene en la toma de datos, la respectiva calibración de cada instrumento, debido a que esta establece los rango y configuraciones específicas para cada medidor, arrojando datos asertivos a la hora de trabajar con cada uno de ellos.

- ✓ Un gran inconveniente que se tuvo a la hora de realizar los ensayos con el PLC, fue los problemas presentados en cuanto a la programación de este, ya que en los ensayos que se realizaron algunos valores de medición no coincidían con los datos arrojados por el banco de procesos Amatrol T5552, con lo que se evidencio la mediana asertividad que hay entre los datos arrojados por el PLC y el banco de procesos Amatrol T5552.

12. Recomendaciones

- ✓ En cuanto al laboratorio se debería ampliar o facilitar otro lugar donde se cuente con más espacio para realizar las prácticas estudiantiles debido a que el mismo con el que cuenta el laboratorio de servicios públicos es muy reducido, debido al número de instrumentos de aprendizaje con los que este cuenta.

- ✓ Recibir mayor información sobre de los instrumentos adquiridos en el laboratorio de servicios públicos por parte de los distribuidores de los mismos.

- ✓ Mediante diferentes medios de información, comunicar constantemente a los estudiantes de la tecnología en gestión ambiental y servicio públicos sobre los instrumentos con los que cuenta el laboratorio de servicios públicos, para su optimo y máximo aprovechamiento.

13. Bibliografía

- Rubén Darío Vásquez. (Diciembre del 2010). Control lógico programable. Medellín, Colombia: Textos académicos.
- Corporativo consejo superior de investigaciones científicas, centro para el desarrollo tecnológico industrial. (Septiembre 1987). Introducción a los sensores. Madrid, España: el museo universal.
- Amatrol. (s.f.). Historia de Amatrol. Estados Unidos, Estados Unidos.
- W Bolton. (2006). Mecatrónica. Sistema de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. Mexico: alfaomega grupo editor .
- Mechatronics, electronic control sistems in mechanical and electrical engineering. Publicada por pearson education limited.
- Martinez victoriano. (2009). Potencia hidráulica controlada por PLC. Fundamentos estudio y practica. España: alfaomega.
- Navarro Viadana.mcgraw. (2004). Ingeniería de control. Analogía y digital. Mexico: hillin interamericana editores,S.A.
- katsuhiko Ogata. (2003). Ingeniería de control moderna. Introducción a los sistemas de control. Madrid, España: Pearson educación .
- Estrada Alfonso. (2011). Mecánica de los fluidos. Bogotá, Colombia: Universidad piloto de Colombia.
- Auilino Rodriguez Penin. (2013). Sistemas scada. Mexico: Alfaomega grupo editor.

- Antonio Blanco Solsona, Julian cocera Rueda. (2001). Seguridad en las instalaciones de sistemas automáticos. España: Thomson learning spain.
- Jose Maria Ferrer. 1992. Fisica . En Enciclopedia superior (1, 174- 178) Cali, Colombia: Printer latinoamericana Ltda.
- Ana Biosca, Ramon Sort. 1997. Fisica. En Enciclopedia tematica estudiantil (1, 212-215, 219-229) España: Oceano
- Robert L. Mott. (1996). Mecanica de fluidos aplicada. Mexico: Pretince Hall Hispanoamerica S.A. (Mnieto2009, 2010)
- Procalculo prosis. (2015). Cartografía e imágenes satelitales. octubre 2015, de Mapas.co Sitio web: http://www.mapas.com.co/VisorMPC2013/spring/visor.
- Universidad Distrital . (recuperada 2015). Quines somos-HIstoria. 10 de octubre del 2015, de Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas Sitio web: https://www.udistrital.edu.co/universidad/quienes-somos/historia/
- Icontec. (2007). MEDICIÓN DEL CAUDAL DE FLUIDOS EN CONDUCTOS CERRADOS. VOCABULARIO Y SÍMBOLOS. 12 de octubre del 2015, de Icontec Sitio web: http://tienda.icontec.org/brief/NTC5523.pdf.
- Ministerio de minas y energia . (2013). RESOLUCIÓN NÚMERO 90708. 20 de octubre del 2015, de Ministerio de minas y energia Sitio web: http://www.sic.gov.co/recursos_user/reglamentos_tecnicos/reglamento_tecnico_inst_electricas_RETIE.pdf