

MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO PASANTIA EMPRESARIAL

**DIAGRAMACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL E
INSTRUMENTACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LA CIUDAD DE TUNJA.**

Por:
Juan Camilo Gómez Malagón



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
TUNJA
2021**

MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO PASANTIA EMPRESARIAL

**DIAGRAMACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL E
INSTRUMENTACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LA CIUDAD DE TUNJA.**

Por:

Juan Camilo Gómez Malagón

Proyecto presentado como opción de grado para optar al título profesional de Ingeniero Electrónico

Aprobado por:

Ing. Camilo Ernesto Pardo Beainy
Director

Ing. Luis Fredy Sosa Quintero.
Codirector



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
TUNJA
2021**

El contenido de este documento es solo responsabilidad de sus autores.

La Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, junto con la Facultad de Ingeniería Electrónica quedan exoneradas de todas las consecuencias y responsabilidades que pueda causar este proyecto

Nota de aceptación

Proyecto final de graduación presentado a la facultad de ingeniería electrónica de la Universidad Santo Tomas seccional Tunja para optar por el título de ingeniero electrónico, ante los siguientes evaluadores.

Ing. Angelica María Salazar Madrigal
Lector

Ing. Carlos Alberto Cardona Coy
Lector

Ing. Camilo Ernesto Pardo Beainy
Director del Proyecto

Ing. Luis Fredy Sosa Quintero
Codirector del proyecto

Dedicatoria

Gracias a Dios por darme la felicidad de la salud física y mental. Gracias a mis padres por su arduo trabajo, cariño y apoyo incondicional en las diferentes etapas de mi vida personal y profesional. Por el apoyo y la confianza de mi familia y amigos.

Agradecimientos

Expreso mis más sinceros agradecimientos a las personas que han contribuido a que este proyecto se haga realidad:

Al ingeniero Camilo Ernesto Pardo Beainy, docente de la facultad de Ingeniería Electrónica Universiada Santo Tomas seccional Tunja, por su excelente dirección del proyecto.

Al ingeniero Luis Fredy Sosa Quintero, docente de la facultad de Ingeniería Electrónica Universiada Santo Tomas seccional Tunja, por su experimentada asesoría en la temática concerniente al proyecto.

A la ingeniera Claudia Rodriguez directora PTAR Veolia Aguas de Tunja, por su apoyo y constante asesoría.

Al ingeniero Cesar Rene Castro jefe de mantenimiento Veolia Aguas de Tunja, por su apoyo y constante asesoría.

A todo el equipo de trabajo de la PTAR Veolia Aguas de Tunja quienes con su conocimiento aportaron significativamente al desarrollo del proyecto y de quienes aprendí.

A todos aquellos que han contribuido al éxito de este proyecto de alguna manera.

Tabla de Contenido

1.	TÍTULO.....	14
3.	PROBLEMA.....	15
3.1.	FORMULACIÓN DE PREGUNTAS.....	15
3.2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	15
3.3.	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	16
4.	JUSTIFICACIÓN.....	16
5.	OBJETIVOS	18
5.1.	GENERAL.....	18
5.2.	ESPECIFICOS.....	18
6.	MARCO REFERENCIAL.....	18
7.	DISEÑO METODOLÓGICO	40
8.	FACTIBILIDAD Y RECURSOS DISPONIBLES.....	41
8.1.	FACTIBILIDAD DEL PROYECTO	41
9.	CRONOGRAMA	43
10.	PRESUPUESTO	43
11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
12.	RECOMENDACIONES	58
13.	CONCLUSIONES.....	59
14.	REFERENCIAS	60

LISTA DE FIGURAS Y GRAFICOS

	Pagina
Figura 1.1. Etiquetado típico de un lazo y su instrumentación.....	21
Figura 1.2. Letras de identificación.....	24
Figura 1.3. Símbolos de dispositivos y funciones de instrumentación.....	25
Gráfico 1. PTAR Veolia Tunja	30

LISTA DE IMAGENES

Pagina

Imagen 1. Estructura de entrada: tanque retención de sólidos grandes o tolda recolectora.....	33
Imagen 2. Talud estabilizado (concreto y pilotes).....	33
Imagen 3. Desarenador.....	34
Imagen 4. Tanque UASB.....	35
Imagen 5. Tuberías ingreso a tanque UASB.....	35
Imagen 6. Tanque de aireación.....	37
Imagen 7. Estructura para reducir velocidad al flujo del agua.....	37
Imagen 8. Sedimentadores.....	39
Imagen 9. Barredor.....	39
Imagen 10. Tanque de salida.....	39
Imagen 11. Vista principal Electroválvula de Salida desde la estructura de entrada hacia el módulo dos.....	44
Imagen 12. Polipasto ubicado en el tanque de lodos del módulo 3.....	44
Imagen 13. Estructura del espesador 1 del módulo 2.....	45
Imagen 14. Controlador indicador para la medición de flujo estructura de entrada.....	46
Imagen 15. Diagramación manual de las líneas hidráulicas del proceso.....	47
Imagen 16. Diagrama de Topología de Red de la PTAR Tunja.....	48
Imagen 17. Formato Ficha Técnica Inventario PTAR Tunja.....	49
Imagen 18. Formato Hoja de Vida Inventario PTAR Tunja.....	49
Imagen 19. Formato Hoja de Mantenimiento Inventario PTAR Tunja.....	50

Imagen 20. P&ID PTAR Tunja.....	53
Imagen 21. P&ID caseta de olores PTAR Tunja.....	54
Imagen 22. P&ID caseta de tratamiento de lodos PTAR Tunja.....	55
Imagen 23. Válvulas con actuador.....	56
Imagen 24. Sopladores M3.....	57

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Cronograma

Anexo 2. Artículo formato IEEE

Glosario

Estandarización: Adaptación o modelo de adaptación, normalización.

HMI: Interfaz Humano-Maquina.

ISA: Sociedad Internacional de Automatización.¹

P&ID: Diagrama de Instrumentación y Proceso (tubería).

PLC: Controlador Lógico Programable.

SCADA: Control Supervisor y Adquisición de Datos.

DTI's: Diagrama de Tubería e Instrumentación

LAN: Red de área local (Local Área Network)

(ARD)Agua Residual Doméstica: residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales.

PTAR: Planta de tratamiento de Aguas Residuales

Tratamiento de aguas residuales: Es un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano.²

Automatización industrial: Es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para fines industriales.

¹ Lopez, J. (2003). Normas Ansi / Isa. 1984, 29. [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Proyecto de Automatizacion/ANSI ISA - Espa%F1ol Incompleto.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Proyecto%20de%20Automatizacion/ANSI%20ISA%20-%20Espa%F1ol%20Incompleto.pdf)

² <https://www.veolia.com/latamib/es/soluciones/gestion-agua/tratamiento-aguas-residuales>

RESUMEN

En la actualidad la PTAR de la ciudad de Tunja, no cuenta con la diagramación y actualización de los sistemas de control e instrumentación, de igual forma no ha actualizado el inventario de máquinas y herramientas, lo que ha dificultado la eficiencia en los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta, aumentando los costos y el tiempo de respuesta.

Para el desarrollo del trabajo, se evaluaron las necesidades y condiciones actuales de funcionamiento de la PTAR Veolia aguas de Tunja.

El resultado esperado de la pasantía es el levantamiento de los diagramas P&ID del proceso de tratamiento de aguas residuales en los cuales se detalla la instrumentación instalada actualmente en la planta, así como la actualización del inventario de instrumentación de la PTAR Veolia aguas de Tunja.

En el desarrollo del trabajo, se muestra todo el proceso de estandarización, es decir la forma de etiquetado de la instrumentación de los equipos, y los P&ID de la de la PTAR Veolia aguas de Tunja.

Palabras clave: Diagramas P&ID, estandarización, mantenimiento, ISA, norma ISA S5.1

1. TÍTULO

Diagramación y actualización de los sistemas de control e instrumentación en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja.

2. INTRODUCCIÓN

Actualmente la PTAR Veolia aguas de Tunja, no cuenta con la implementación de los diagramas P&ID del proceso de tratamiento de aguas residuales, por lo anterior, se vio la oportunidad y se planteó el objetivo de diseñar la estandarización según la norma ISA S5.1 para la infraestructura tecnológica de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja.³

La PTAR Veolia aguas de Tunja, busca eficiencia y seguridad de los procesos, siendo los diagramas P&ID una herramienta clave para la toma de decisiones, facilitando un análisis económico costo-beneficio para el proceso de automatización, de ahí la importancia de los resultados de este proyecto ya que proporciona información precisa para el mantenimiento e ingeniería de automatización y control, dado que en los planos se detallan las variables físicas que intervienen en el proceso, así como su forma de medición y control. Esto permite una ingeniería estandarizada y metodológica del proceso.⁴

Por otra parte, la actualización del inventario de los sistemas de control e instrumentación, proporcionan información para el cálculo de costos de mantenimiento, así como obtener datos confiables lo que significa que pueden tomar mejores decisiones, dar mejores respuestas y conocer mejor el estado de todos los equipos.

La automatización en la industria es la clave para pasar de un entorno reactivo a un modelo proactivo basado en los resultados. Con el control de los procesos, la productividad se incrementaría notablemente, reduciendo los problemas de operación y las carencias de seguridad.

Los diagramas P&ID de la PTAR, resultado de este proyecto hacen parte de la propiedad intelectual de la empresa Veolia aguas de Tunja, por lo cual no se muestran en detalle.

³ Lopez, J. (2003). Normas Ansi / Isa. 1984, 29. [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Proyecto de Automatizacion/ANSI ISA - Espa%F1ol Incompleto.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Proyecto%20de%20Automatizacion/ANSI%20ISA%20-%20Espanol/Incompleto.pdf)

⁴ <https://www.veoliawatertechnologies.es/aguas-residuales>

3. PROBLEMA

3.1. FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

- ¿Cuál herramienta es la más indicada para facilitar el proceso de diagramación y actualización de los sistemas de control e instrumentación en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja?
- ¿Qué ventajas trae a la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja contar con la diagramación, actualización de los sistemas de control y la actualización del inventario de máquinas y herramientas?
- ¿Qué instrumentación está instalada actualmente en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja?
- ¿Cuál será el costo beneficio de tener la diagramación y actualización de los sistemas de control e instrumentación, así como la actualización del inventario de máquinas y herramientas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja?

3.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El tratamiento de aguas residuales es un proceso que requiere constante control y supervisión. A través de los años la PTAR de la ciudad de Tunja ha funcionado bajo el arduo trabajo de operadores humanos los cuales monitorean, accionan y detienen cada una de las etapas con una gran precisión y fiabilidad, sin embargo, la complejidad y exigencia de estos procesos han ido aumentando. Por esto ha sido necesario hacer uso de sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos para apoyar el trabajo humano, reducir riesgos laborales y además aumentar la productividad; estos sistemas de supervisión y control requieren de mantenimiento, revisión y actualización para cumplir los requerimientos de la industria moderna.

En la actualidad la PTAR de la ciudad de Tunja, no cuenta con la diagramación y actualización de los sistemas de control e instrumentación, de igual forma no ha actualizado el inventario de máquinas y herramientas, lo que ha dificultado la eficiencia en los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta, aumentando los costos y el tiempo de respuesta.

3.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Un P&ID es una representación gráfica detallada de un proceso que incluye el hardware y el software (por ejemplo, tuberías, equipos, instrumentación) necesarios para diseñar, construir y operar la instalación. Los diagramas de instrumentos y tuberías, también llamados P&ID, ilustran las interacciones de las tuberías, equipos e instrumentación de un flujo de proceso físico. Los P&ID a menudo se utilizan en la industria de procesos para mostrar el flujo del proceso, otros equipos instalados e instrumentación. El diagrama de tubería e instrumentación (P&ID) se utiliza principalmente en el campo de la ingeniería. También juega un papel crucial en el diseño, mantenimiento y cambio del proceso de fabricación que representa. Los P&ID generalmente son hechos por ingenieros que necesitan diseñar, planificar y construir un proceso físico para una planta. Por lo anterior, la pasantía centra sus esfuerzos en el levantamiento de los planos, proceso de diagramación y actualización de los sistemas de control e instrumentación bajo la estandarización según norma ISA S5.1 (vigente), incluyendo la actualización del inventario de los elementos de Instrumentación Eléctrica, Mecánica, Hidráulica la de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja.⁵

4. JUSTIFICACIÓN

En cualquier proceso industrial o en casos particulares como en (calderas de fluidos térmicos, procesos de flujo de cualquier líquido o gas, vaporizadores, calderas eléctricas, procesos de automatización) es común encontrarse con instalaciones de considerables dimensiones o con magnitud de componentes, materiales e instrumentos de conforman dicho sistema.⁶

Para poder identificar los diferentes componentes e instrumentos de manera clara y tener una idea del funcionamiento, proceso y condiciones del diseño de muchos proyectos de ingeniería nos basamos en una herramienta conocida como Diagrama de proceso P&ID.

⁵ <https://www.pirobloc.com/wp-content/uploads/2017/10/Pirobloc-que-es-un-piping-and-instrumentation-diagram.pdf>

⁶ <https://topicoselectronica.files.wordpress.com/2014/02/instrumentacion-normas-y-simbologia.pdf>

Un P&ID se define como un diagrama de tuberías e instrumentación, este diagrama permite ilustrar de manera sencilla el flujo en las tuberías, dirección, tipo de fluido entre muchas características, así como los equipos instalados, como sensores, actuadores y el instrumental.⁷

Estos diagramas se componen de un número de símbolos que permiten identificar todos los componentes que conforman el sistema y el proceso de este, como número de líneas de tuberías, electroválvulas, electrobombas, sensores, etc. El programa en el que se realizó este diagrama es AutoCad P&ID que basa estos diagramas en símbolos standard generalmente siguiendo la Norma ISA S5.1. Sociedad internacional de Automatización. Además de estos símbolos se utilizan diferentes líneas y círculos para diferenciar tipos de instalaciones y señales, el cómo estas interconectado los diferentes elementos del proceso y las funciones de cada instrumento.

Los planos de la instalación, y, sobre todo, los diagramas de proceso e instrumentación contiene información imprescindible para organizar el mantenimiento y para resolver problemas que surjan.

Sin duda, si hay una información de especial relevancia, y son los diagramas de proceso e instrumentación, conocidos por su acrónimo en inglés: P&ID. Con la ayuda de estos diagramas es muy fácil entender cada uno de los procesos seguidos en una instalación, sus códigos, sus modos de funcionamiento, las señales de alarma, la instrumentación, etc.

Con este proyecto la PTAR VEOLIA TUNJA, podrá dar continuidad al proceso de automatización de la planta optimizando los recursos disponibles, así como obtener información fiable para la toma de decisiones en cuanto a:

- Investigar un mal funcionamiento o una avería.
- Encontrar una señal, conocer por qué un equipo no se pone en marcha, o conocer por qué se ha disparado una alarma.
- Elaborar el plan de mantenimiento de la planta, ya que todos los elementos mantenibles están reflejados en estos planos. A partir de ellos es posible elaborar la estructura o árbol jerárquico de equipos y distinguir entre elementos mantenibles y no mantenibles.

⁷ <http://www.iee-consultores.com/Simbologia%20ISA%20IEE.pdf>

5. OBJETIVOS

5.1. GENERAL

- Diseñar la estandarización según la norma ISA S5.1 para la infraestructura tecnológica de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja, mediante la realización de los diagramas P&ID y etiquetado para todo el proceso, con el fin de establecer un medio uniforme de designación de la instrumentación y equipos.

5.2. ESPECIFICOS

- Organizar, actualizar y detallar el inventario de instrumentación y tuberías de la PTAR de la ciudad de Tunja.
- Identificar el funcionamiento de los sistemas SCADA instalados en la planta para así proponer posibles modificaciones y mejoras.⁸
- Diseñar los diagramas P&ID y el etiquetado, con base en la norma ISA S5.1, para todo el proceso de la PTAR de la ciudad de Tunja.

6. MARCO REFERENCIAL

La mayoría de los procesos y actividades que los humanos desarrollamos como profesionales están estandarizados para realizar el lenguaje común de diferentes actividades profesionales basadas en el lenguaje o los medios de comunicación. La denominada estandarización o estandarización proporciona la base para este lenguaje. Para los fines antes mencionados, ISA ha creado y actualizado permanentemente los estándares utilizados en todos los sistemas de instrumentación, control y automatización utilizados en procesos industriales, actualmente sus estándares han sido ampliamente aceptados y utilizados por todo tipo de industrias alrededor del mundo.

⁸ Los Sistemas de Supervisión de Control y Adquisición de Datos (traducción más o menos aproximada de SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition). Aquilino Rodríguez Penín. (2006)

Uno de los principales estándares de ISA es el estándar ISA S5.1, que está diseñado para satisfacer los diferentes programas de varios usuarios que necesitan identificar y simbolizar equipos, controles y sistemas de medición. El estándar tiene aplicabilidad general, pero su diagrama P&ID ha encontrado su mayor uso en la industria de procesos. Una parte de este capítulo contiene una investigación teórica breve y relevante sobre las reglas del estándar ISA S5.1, la forma de los logotipos y la simbología gráfica en el marco del proyecto.

Por otro lado, en todos los lugares donde se instalen sistemas, equipos e instrumentos, estos deben funcionar de manera confiable y continua sin interferencias innecesarias, lo que es muy importante para evitar pérdidas económicas a la empresa. Esta es la fuente del trabajo de mantenimiento, al igual que toda la tarea, metodología, plan y acción, estos trabajos, metodología, plan y acción se esfuerzan por mantener el sistema, equipo y / o instrumento en un estado de funcionamiento satisfactorio durante mucho tiempo.

NORMA ISA S5.1.

El propósito del estándar ISA S5.1 es establecer un medio uniforme o estandarizado para la representación gráfica e identificación de instrumentos o dispositivos, y sus funciones inherentes, sistemas y funciones de instrumentación y funciones de aplicación de software, utilizados para medición, monitoreo y control, presentando un sistema de designación que incluye la identificación de diagramas y símbolos gráficos [ANSI / ISA, 2009]. En este trabajo se utilizó la última versión, 2009.⁹

El estándar ANSI / ISA S5.1 es uno de los estándares ISA más utilizados durante la Ingeniería de Diseño de plantas químicas en la realización de Dibujos y Documentos; por ejemplo, en el Diagrama de tuberías e instrumentación (DTI); en Índice de Instrumentos; en diagramas de bucle; en el diseño de Gráficos Dinámicos para la Monitoreo y Control Digital de Sistemas de Control Distribuido, y especialmente en Sistemas de Seguridad (PLC), que va de la mano con Ciberseguridad, etc., ya que establece las pautas para representar e identificar instrumentos o dispositivos y sus funciones inherentes, sistemas y funciones de instrumentación, así como su representación gráfica.¹⁰

⁹ Importancia y Utilización del Estándar ANSI/ISA S5.1 | ISA Sección Central México. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/05/21/importancia-y-utilizacion-del-estandar-ansi-isa-s5-1/>

¹⁰ Revista InTech México Automatización Edición Abril – Junio 2019. Gerardo Villegas P. Ingeniero Químico, Líder de Especialidad de Instrumentación y Control del Instituto Mexicano del Petróleo. Director del Comité de Normas y Prácticas en ISA, México Sección Central.

El estándar ANSI/ISA-S5.1 nace el año de 1949, inicialmente fue una práctica recomendada y posteriormente se publica como estándar en 1984.

La norma tuvo desde su origen el propósito de estandarizar la identificación de instrumentos dentro de la automatización industrial; Esta norma no se ha mantenido estática, ya que está constantemente sujeta a nuevas revisiones que permiten actualizarla y enriquecerla. La norma ANSI / ISA-S5.1 indica los procedimientos requeridos para la identificación, funciones y representación gráfica de la instrumentación de los sistemas de control.

La representación gráfica generalmente se encuentra reflejada en los diagramas de tuberías e instrumentación (DTI), diagramas funcionales o de bucle de instrumentos, pantallas gráficas, etc.

REGLAS GENERALES

Las reglas principales se muestran a continuación, tomadas del estándar [ANSI / ISA, 1992]. Solo se muestran aquellos considerados útiles para el contexto de este proyecto, para información sobre todas las reglas ver [ANSI / ISA, 1992].

- Cada instrumento debe estar representado en los esquemas con un símbolo y este debe ir acompañado de un número o etiqueta identificativa. Además, los números de instrumentos en los bucles pueden tener información codificada relacionada con la planta, unidad de proceso y / o área designada para ellos.
- El método de identificación de la instrumentación depende del etiquetado según la función que realice el instrumento y no según su construcción o forma. Por ejemplo: un transmisor de presión diferencial no se identifica como transmisor de presión diferencial, sino como transmisor de nivel cuando se conecta de un lado al tanque, midiendo indirectamente el nivel del líquido.
- El tamaño estándar de los símbolos gráficos está incluido en la norma. Todos los símbolos deben mantener proporciones de tamaño estándar cuando el diagrama se acerca o aleja.

- Cada instrumento o función para identificar, se designa mediante un código alfanumérico o un número de etiqueta en mayúsculas. En un bucle, las partes se identifican con una etiqueta generalmente común a todos los instrumentos o funciones que pertenecen al bucle. La identificación funcional de un instrumento o su equivalente funcional consiste en letras tomadas de la figura 1.2, que incluye una primera letra (que designa la variable medida o inicial) y una o más letras sucesivas (que designa las funciones realizadas). La identificación típica se muestra en la siguiente figura:

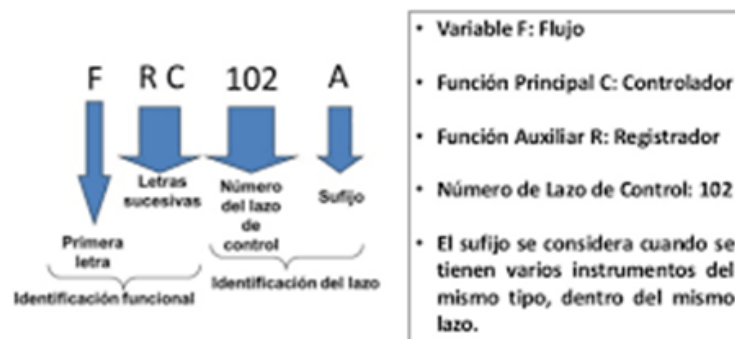


Figura 1.1. Etiquetado típico de un lazo y su instrumentación (Fuente [ANSI/ISA, 1992]).

- En un instrumento dentro de un lazo, la primera letra de la identificación funcional se selecciona según la variable medida, controlada o inicial y no según la variable manipulada. Por tanto, una válvula de control que varía el caudal de acuerdo con los niveles a controlar es LV y no FV. Las letras sucesivas de la identificación funcional designan una o más funciones pasivas o de lectura y / o funciones activas o de salida. Se puede usar un modificador de variable si es necesario.
- La secuencia de identificación de instrumentos comienza con una letra de variable medida o inicial. La letra de funciones de lectura o pasivas siguen en el orden, y luego las funciones de salida finalmente. Sin embargo, las letras de modificador de variable, si se usan, se interponen inmediatamente después de la letra que modifican. Así TDAL tiene dos modificadores: la primera letra D cambia la variable medida T en una nueva variable, “diferencial de temperatura”; la letra L restringe la función A, para que represente una alarma de temperatura baja.

- La identificación del lazo consiste en una letra de variable medida y un número. Cada instrumento del lazo tiene una única identificación. La numeración del lazo y sus instrumentos puede ser paralela o serial. En la numeración paralela, se inicia una secuencia numérica por cada nueva primera letra, por ejemplo: TT-100, TC-100, TCV-100, FT-101, FC-101, FCV-101. En la numeración serial, utiliza una única secuencia numérica sin importar la primera letra, por ejemplo: TT-100, TC-101, TCV-102, FT-103, FC-104, FCV-105.
- Si un lazo tiene más de un instrumento con la misma identificación funcional, un sufijo puede ser adicionado al número de lazo. Por ejemplo: TT-100A y TT-100B. Dichos sufijos deben ser en mayúscula.
- Los accesorios auxiliares de los dispositivos pueden aparecer o no en el diagrama, pero deben estar identificados funcionalmente con su etiqueta dentro del lazo en el que se encuentran. Alternativamente, también es posible que el accesorio utilice la misma identificación funcional de su instrumento asociado, pero con una aclaración sobre el accesorio. Por ejemplo: un termopozo utilizado con un termómetro TI-1 puede etiquetarse como TW-1, pero también TI-1 TERMOPOZO.
- El símbolo del globo también se puede utilizar para etiquetar otros símbolos distintivos, como válvulas de retención, cuando se desee tal etiquetado. Cuando este es el caso, la línea que conecta el globo terráqueo con el símbolo del instrumento se dibuja cerca del símbolo, pero sin tocarlo. Si lo desea, es posible mostrar solo el símbolo del globo únicamente.
- Una nota aclarativa breve puede ser adicionada contigua al símbolo o línea para clarificar la función del ítem. Por ejemplo, la notación “3-15 psig – AO” adyacente al símbolo de una válvula.
- Las líneas de señal se pueden dibujar entrando o saliendo de una parte apropiada del instrumento en cualquier ángulo (es posible agregar flechas para mostrar la dirección de la señal). Las designaciones de bloques de funciones y las letras de las etiquetas siempre deben dibujarse en una orientación horizontal. La secuencia en la que se conectan los instrumentos o funciones de un bucle en un diagrama debe reflejar la lógica funcional o el flujo de información, aunque esta disposición no corresponderá necesariamente a la secuencia de conexión.

- Es una práctica común para los diagramas P&ID omitir los símbolos de componentes de enclavamiento eléctrico. Por ejemplo: relés eléctricos auxiliares transformadores y otros componentes podrían ser consideradamente detallados en un esquema eléctrico, y no en un P&ID.

IDENTIFICACIÓN:

La forma de identificar y etiquetar toda la instrumentación y/o dispositivos que la norma [ANSI/ISA, 2009] cubre, se hace en base a las reglas anteriormente expuestas y la siguiente tabla:

	First letters (1)		Succeeding letters (15)		
	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
	Measured/Initiating Variable	Variable Modifier (10)	Readout/Passive Function	Output/Active Function	Function Modifier
A	Analysis (2)(3)(4)		Alarm		
B	Burner, Combustion (2)		User's Choice (5)	User's Choice (5)	User's Choice (5)
C	User's Choice (3a)(5)			Control (23a)(23e)	Close (27b)
D	User's Choice (3a)(5)	Difference, Differential, (11a)(12a)			Deviation (28)
E	Voltage (2)		Sensor, Primary Element		
F	Flow, Flow Rate (2)	Ratio (12b)			
G	User's Choice		Glass, Gauge, Viewing Device (16)		
H	Hand (2)				High (27a)(28a)(29)
I	Current (2)		Indicate (17)		
J	Power (2)		Scan (18)		
K	Time, Schedule (2)	Time Rate of Change (12c)(13)		Control Station (24)	
L	Level (2)		Light (19)		Low (27b)(28)(29)
M	User's Choice (3a)(5)				Middle, Intermediate (27c)(28) (29)
N	User's Choice (5)		User's Choice (5)	User's Choice (5)	User's Choice (5)
O	User's Choice (5)		Orifice, Restriction		Open (27a)
P	Pressure (2)		Point (Test Connection)		
Q	Quantity (2)	Integrate, Totalize (11b)	Integrate, Totalize		
R	Radiation (2)		Record (20)		Run
S	Speed, Frequency (2)	Safety(14)		Switch (23b)	Stop
T	Temperature (2)			Transmit	
U	Multivariable (2)(6)		Multifunction (21)	Multifunction (21)	
V	Vibration, Mechanical Analysis (2)(4)(7)			Valve, Damper, Louver (23c)(23e)	
W	Weight, Force (2)		Well, Probe		
X	Unclassified (8)	X-axis (11c)	Accessory Devices (22), Unclassified (8)	Unclassified (8)	Unclassified (8)
Y	Event, State, Presence (2)(9)	Y-axis (11c)		Auxiliary Devices (23d)(25)(26)	
Z	Position, Dimension (2)	Z-axis (11c), Safety Instrumented System (30)		Driver, Actuator, Unclassified final control element	

Figura 1.2. Letras de identificación (Fuente [ANSI/ISA, 2009]).

SIMBOLOGÍA GRÁFICA

La forma de simbolizar toda la instrumentación y / o dispositivos se basa en las reglas expuestas anteriormente y teniendo en cuenta las siguientes tablas (las notas explicativas de las tablas se muestran al final de estas), tomadas de [ANSI / ISA, 2009]. Sólo se muestran las tablas y notas explicativas que se consideraron útiles para el contexto de este proyecto, para obtener información sobre toda la simbología, consulte la norma [ANSI / ISA, 2009].

No.	Shared display, Shared control (1)		C	D	Location & accessibility (6)
	A	B			
	Primary Choice or Basic Process Control System (2)	Alternate Choice or Safety Instrumented System (3)	Computer Systems and Software (4)	Discrete (5)	
1					• Located in field. • Not panel, cabinet, or console mounted. • Visible at field location. • Normally operator accessible.
2					• Located in or on front of central or main panel or console. • Visible on front of panel or on video display. • Normally operator accessible at panel front or console.
3					• Located in rear of central or main panel. • Located in cabinet behind panel. • Not visible on front of panel or on video display. • Not normally operator accessible at panel or console.
4					• Located in or on front of secondary or local panel or console. • Visible on front of panel or on video display. • Normally operator accessible at panel front or console.
5					• Located in rear of secondary or local panel. • Located in field cabinet. • Not visible on front of panel or on video display. • Not normally operator accessible at panel or console.

Figura 1.3. Símbolos de dispositivos y funciones de instrumentación: genéricos (Fuente [ANSI/ISA, 2009]).

DIAGRAMAS P&ID

Un **P&ID** es lo que se define como un diagrama de tuberías e instrumentación (DTI) también conocido del idioma inglés como piping and instrumentation diagram/drawing (P&ID) y es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados, la instrumentación y los sistemas de control. Otro posible nombre que se utiliza para referirse a un P&ID es el de PFD, una forma simplificada del inglés (Process flow diagram), aunque esta es una forma menos utilizada.

Estos diagramas están compuestos por una serie de símbolos que permiten identificar todos los componentes que conforman un proceso, como tuberías, número de líneas de tubería y sus dimensiones, válvulas, controles, alarmas, equipos, niveles, presostatos, drenajes, purgas, bombas, etc. El instrumento de símbolos standard utilizados en estos diagramas se basa generalmente en la Norma ANSI ISA S5.1 (Sistemas de Instrumentación y Automatización de la sociedad).

SCADA

Los sistemas de supervisión de control y adquisición de datos permiten la gestión y el control de cualquier sistema local o remoto a través de una interfaz gráfica que comunica al usuario con el sistema. A lo largo de la historia, los sistemas SCADA, o Supervisory Control and Data Acquisition (supervisión, control y adquisición de datos), son aplicaciones de software especialmente diseñadas para administrar los datos de productividad de una empresa, con el fin de mostrar información en tiempo real de todas las variables dentro de la automatización y proceso de desarrollo.¹¹

Este sistema se convierte en la parte central de seguimiento y comunicación, controlando un espacio deseado. Asimismo, se caracteriza por ser un sistema moldeable que permite el ajuste ideal a las diferentes formas de producción independientemente de su complejidad o expansión.

¿En qué consiste el sistema SCADA?

¹¹ ¿Qué son los sistemas SCADA? - Ingetes. (n.d.). Retrieved March 8, 2021, from <https://www.ingetes.com.co/sistema-scada-automatizacion-de-procesos/>

SCADA es un sistema automatizado que controla y gestiona todos los procesos productivos de una empresa. Es eficiente y adaptable, ya que puede monitorear cualquier tipo de operación. Gestionar eficientemente los indicadores, la visualización de la planta operativa y la interacción de los procesos gestionados, desde un espacio intuitivo.

Las visualizaciones de las variables tienen como objetivo registrar los datos generales en el sistema, revisar todos los procesos y así, generar información en tiempo real sobre lo sucedido en las áreas industriales. Lo anterior, con el fin de permitir la mejora constante de la empresa.

El funcionamiento del sistema SCADA como SIMATIC WINCC permite automatizar procesos de manera eficaz e intuitiva, adicional a esto está dotado de múltiples funciones para la supervisión de procesos en todos los sectores de la industria.¹²

Registra todos los datos de productividad en tiempo real, crea un puente de comunicación entre operadores, dispositivos de comando y sistemas coordinados. Al operar de manera autónoma y automática, el control de la información crea a escala, y según se requiera, los datos necesarios para la comprensión funcional de la sección establecida.

Su manejabilidad hace que la revisión del proceso llegue a las diferentes áreas de trabajo, tales como: supervisión, control de calidad, control de producción, almacenamiento de datos y otros. Da paso a la comunicación interna, encaminándola a la consecución de resultados de calidad, haciendo crecer los índices de control, a través de un completo proceso de retroalimentación.

¹² <http://www.uco.es/investiga/grupos/eatco/automatica/ihtm/descargar/scada.pdf>

La retroalimentación es una de las ventajas más representativas que nos brinda SCADA, ya que, dentro de la automatización de procesos, conocer los datos completos de la gestión industrial, ayuda efectivamente a identificar observaciones y proponer soluciones que conduzcan a la optimización de resultados en entornos de comunicación industrializados. La recopilación completa de la información permite mejorar todos los aspectos del funcionamiento de la empresa, ya que la información se almacena en bases de datos, lo que permite su fácil acceso.

Así mismo, los componentes esenciales del sistema permiten la conexión con múltiples terminales remotos, a través de una estación maestra o servidores con aplicaciones HMI y con una infraestructura de comunicación segura para que todos los usuarios puedan revisar la información condensada en la plataforma.¹³

Dentro de las funciones de SCADA, se destacan:

- **Monitorear:** revisión constante de los procesos, desde el inicio hasta el final de la operación.
- **Gestionar:** recopilación permanente de datos que permiten al usuario entender el interés de evaluación de procesos.
- **Controlar:** interpretación de datos que identifican puntos a mejorar o a modificar, con el fin de ejecutar de la manera más adecuada los procesos de control de calidad.
- **Administrar:** organización de datos, almacenamiento, análisis de resultados y automatización de los procesos existentes.
- **Revisar:** Verificación del sistema dentro del contexto de producción, que guarda el historial de los procesos, con el fin de analizar en detalle las tareas realizadas, utilizando herramientas como el Generador de Reportes.

¹³ ¿Qué son los sistemas SCADA? - Ingetes. (n.d.). Retrieved March 8, 2021, from <https://www.ingetes.com.co/sistema-scada-automatizacion-de-procesos/>

La automatización de los procesos proporciona entonces formas satisfactorias de monitorear el trabajo general del tramo gestionado, mostrando gráficos históricos o Tendencias, tablas de eventos y permisos, y accesos de conectividad entre usuarios y operadores en general. Dicha monitorización se realiza mediante una estación monousuario o multiusuario y un controlador lógico.

En sí mismo, SCADA es una opción ideal para la automatización de procesos industriales y productivos, ya que su interfaz regulada proporciona y controla toda la información que ayuda a comprender los aspectos esenciales de las variables estipuladas por la empresa.

AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son aquellas aguas desechadas las cuales contienen una gran cantidad de sustancias contaminantes las cuales fueron usadas en alguna actividad humana como la agricultura, la minería, la industria o el hogar. Las aguas residuales, entonces, tienen diversos orígenes (doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo) que determinan sus disímiles características. Las aguas residuales pueden clasificarse de la siguiente manera ¹⁴:

- **Agua Residual Doméstica (ARD):** residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales. Estas, además, se pueden subdividir en:
 - **Aguas Negras:** aguas que transportan heces y orina, provenientes del inodoro.
 - **Aguas Grises:** aguas jabonosas que pueden contener grasas también, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora.
 - **Agua Residual Municipal o Urbana (ARU):** residuos líquidos de un conglomerado urbano; incluye actividades domésticas e industriales y son transportadas por una red de alcantarillado.
 - **Agua Residual Industrial (ARI):** residuos líquidos provenientes de procesos productivos industriales, que incluso pueden tener origen agrícola o pecuario.

¹⁴ W. A. Lozano-rivas, “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Autor : Ing . WILLIAM ANTONIO LOZANO-RIVAS, MSc , PhD BOGOTÁ D . C ., COLOMBIA Octubre de 2012,” no. December 2012, pp. 0–195, 2016.

PTAR VEOLIA TUNJA

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja se encuentra ubicada en el nor-orienté de la ciudad en la vereda de pirgua, sobre el casco rural de la vía Tunja-Oicata, puesta en funcionamiento en el año 2017, diseñada para la construcción de 8 módulos de tratamiento, actualmente con tres instalados y dos en funcionamiento.¹⁵



Gráfico 1. PTAR Veolia Tunja- Fuente <https://www.veolia.com.co/tunja>

¹⁵ Nuestra historia en Tunja | Veolia Colombia | Tunja-Yopal.” [Online]. Available: <https://www.veolia.com.co/tunja-yopal/nosotros/quienes-somos/historia-unja>. [Accessed: 11-Nov-2020].

PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Este proceso está basado en retirar los distintos contaminantes del agua por medio de procesos físicos, químicos y biológicos. En la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja se logra alcanzar un 80% de pureza mediante una técnica denominada reactor UASB + lodos activados con aireación extendida”, y comprende los siguientes componentes: rejilla auto limpiante, desarenador, canaleta Parshall, reactor UASB, tanque de aireación, tanque de sedimentación, pozos de recirculación de lodos, espesador de lodos, deshidratador centrífugo.

Los dos primeros componentes hacen parte de lo que se denomina tratamiento preliminar, el cual constituye un medio eficaz de reducir, apreciablemente la carga de sólidos de las aguas residuales, mediante tratamientos de separación, con los objetivos de proteger las instalaciones y su funcionamiento.¹⁶

El tratamiento secundario se conforma de tres procesos el reactor anaerobio, el reactor aerobio o tanque de aireación y los sedimentadores donde se busca la activación de distintos microorganismos los cuales logran la clarificación del agua y la separación de los lodos.

OPERACIÓN PLANTA DE AGUAS RESIDUALES PTAR VEOLIA TUNJA

El proyecto para la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR de la ciudad de Tunja, empezó a consolidarse en el año 2006 mediante el liderazgo del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y la participación de los municipios, la Gobernación de Boyacá, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá - Corpoboyacá y las empresas prestadoras de servicios públicos. Inicialmente, el proyecto de la PTAR nació como parte del Programa Saneamiento Para Vertimientos –SAVER, el cual, tal como informa el Ministerio de Vivienda en su página web, busca tratar el 50% del caudal de las aguas residuales generadas en el país, centrando acciones en 10 cuencas previamente priorizadas. Cabe mencionar que, dentro de estas 10 cuencas priorizadas, la cuenca alta del río Chicamocha figura como la segunda más contaminada del país.¹⁷

¹⁶ C. A. Rodríguez Bello and L. L. Arias Rojas, “Identificación de Microorganismos Bioindicadores presentes en lodos activados de planta de tratamientos de aguas residuales de Tunja,” vol. 1, no. May, 2018.

¹⁷ https://iuc.eu/fileadmin/user_upload/Regions/iuc_lac/user_upload/ESP_Tunja_-_Planta_de_tratamiento_de_aguas_residuales-PTAR.pdf

El agua residual es conducida desde el punto de generación hasta la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), a través del sistema de alcantarillado de la ciudad de Tunja, el cual está conformado por redes secundarias o menores, bóvedas, colectores, interceptores, emisario final y estructuras de separación o aliviaderos.

El sistema se denomina reactor uasb + lodos activados con aireación extendida”, y comprende los siguientes componentes: rejilla auto limpiante, desarenador, canaleta parshall, reactor UASB, tanque de aireación, tanque de sedimentación, pozos de recirculación de lodos, espesador de lodos, deshidratador centrífugo.

Los dos primeros componentes hacen parte de lo que se denomina tratamiento preliminar, el cual constituye un medio eficaz de reducir, apreciablemente la carga de sólidos de las aguas residuales, mediante tratamientos de separación, con los objetivos de proteger las instalaciones y su funcionamiento, también de eliminar o disminuir, sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas con la apariencia estética de la PTAR. Con el tratamiento preliminar se logra aumentar la efectividad de los tratamientos subsecuentes.¹⁸

El proceso inicia en la estructura de entrada (ver imagen 1), donde llega el agua del alcantarillado de Tunja, tiene una profundidad entre 3 y 4 m. En esta estructura se retienen los residuos sólidos de mayor tamaño por medio de una rejilla, después de que el agua pase la rejilla, algunos sólidos de menor tamaño pasan, por lo cual hay una tolva recolectora, la cual recoge los residuos pueden haber pasado en el primer filtro (rejilla). Esos residuos son recogidos con la ayuda de un camión para posteriormente ser llevados al relleno sanitario.¹⁹

¹⁸ Nuestra historia en Tunja | Veolia Colombia | Tunja-Yopal. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://www.veolia.com.co/tunja-yopal/nosotros/quienes-somos/historia-tunja>

¹⁹ Gonzales S, Barahona D, Moreno J. (2006)



Imagen 1. Estructura de entrada: tanque retención de sólidos grandes o tolda recolectora

Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J

Mientras empiezan a funcionar los módulos el agua se va por el rebosadero y vuelve al canal. En esta estructura también se divide el agua de un caudal de 120 litros por segundo a cada módulo, están instalados 8 válvulas y las tuberías ya que se tiene previsto que sean 8 módulos para funcionar cuando se termine la construcción de la obra según la proyección del crecimiento poblacional de Tunja.

En una parte de la obra se presentó un deslizamiento de tierra por lo cual fue necesario poner alrededor de 70 pilotes para reforzar la tierra y hacer unos filtros para así bajar el nivel freático de la misma. Lo anterior se realizó con el objetivo de estabilizar el talud (ver imagen 2) para impedir que este se corra y así evitar que la presión que ejerce la tierra pueda poner en riesgo la unidad y lo que compone a la misma como la piscina barrelados, el tanque para el proceso de aireación, entre otros. El agua que es recogida por los filtros y llega al canal.²⁰



Imagen 2. Talud estabilizado (concreto y pilotes)

Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J

²⁰ Gonzales S, Barahona D, Moreno J. (2006)

Posteriormente el agua baja desde la estructura de entrada y llega al desarenador (ver imagen 3), esta estructura se encarga de sedimentar las arenas y las partículas sólidas, enseguida el agua se transporta por una tubería de 10 pulgadas, entra por unas válvulas de compuerta y pasa por una cámara de agitación, donde se han construido pasamuros, con el fin de reducir velocidad al caudal que pasa. Posteriormente el agua llega a un compartimiento, el cual se divide en 2 tanques, conformados en su parte baja por pasamuros y un par de válvulas, igualmente el tanque posee una pendiente donde se van a ir decantando todo el material sólido, en este proceso el operador se encarga de medir una lámina de 30 cm aproximadamente, para solicitar la recolección este marial arenoso. Por otro lado, se realizará mantenimiento del desarenador cada dos meses según condiciones de diseño.²¹



Imagen 3. Desarenador
Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J

²¹ Gonzales S, Barahona D, Moreno J. (2006)

El agua sigue su proceso y llega a la canaleta Parshall, allí se mide el caudal que va a pasar al módulo, después de esto, el agua pasa al tanque UASB (ver imagen 4) el cual es el reactor anaerobio de flujo ascendente; ese tanque está herméticamente sellado, el agua entra por dos tuberías de 27 (ver imagen 5) pulgadas que se encuentran a los lados y cada una tiene 18 entradas (pasamuros) al tanque UASB. En este tanque se van a producir tres subproductos: lodos, gases superficiales entre los cuales esta: el metano, el gas sulfhídrico y el agua más clarificada.²²



Imagen 4. Tanque UASB

Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J



Imagen 5. Tuberías ingreso a tanque UASB

Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J

²² Gonzales S, Barahona D, Moreno J. (2006)

Dentro del UASB se producen bacterias, sin embargo, en ocasiones se compran las bacterias y se ponen a trabajar, pero como en Tunja se tiene un delta de temperatura muy alto, con picos de temperatura muy alta al medio día y muy bajas en las noches y madrugadas, las bacterias se empiezan a reproducir en el tanque y estas descomponen la materia orgánica que posea el agua. Las cubiertas de los módulos son en fibra de vidrio, ya que estas hacen el cambio de temperatura no sea tan drástico.

Cuando las bacterias descomponen la materia orgánica, como resultante se obtienen lodos, los cuales se extraen con una tubería que llega al tanque de lodos. Una vez en el tanque 3 bombas sumergibles bombean estos residuos con dirección a los espesadores de lodos, allí se secan y se pasan al decantar donde hay un equipo que termina de secar los lodos, los cuales se extraen y se llevan al relleno sanitario. El gas metano se extrae por medio de tuberías y se quema en una chimenea, ya que no representa una cantidad significativa; el gas sulfhídrico también se extrae por medio de tuberías y se inyecta al tanque de aireación. No existe por el momento ningún plan de disposición diferente para los lodos ni para los gases, ya que estos pueden ser empleados para otras alternativas.

Cuando empiece a funcionar la PTAR Se va a realizar una serie de tomas de muestras de agua para determinar si está funcionando el proceso y a qué nivel están degradando las bacterias la materia orgánica, este proceso tarda entre 6 meses y un año ya que cuando se inaugure la PTAR el agua no se va a clarificar directamente a la eficiencia estipulada.

En el UASB se forma "la galleta" la cual queda encima del agua y está formada por pelos, aceites, entre otros, cosas superficiales que no se decantan; la red de tubería va agregando agua para poder deshacer esos elementos que son denominados "galleta".

Después del UASB, el cual es el corazón de la planta donde el agua sale mayormente clarificada, el agua entra por una tubería al tanque de aireación (ver imagen 6), en este tanque existen difusores y 3 sopladores, estos últimos toman el gas sulfhídrico que sale del UASB y lo inyectan a los difusores, son 815 difusores y es necesario mantenerlos con una capa de agua de 30 cm para que no se dañen; los difusores son impermeables de afuera hacia adentro, tienen una membrana muy fina y cuando el aire sale a presión se dividen las partículas por la membrana.²³

²³ Gonzales S, Barahona D, Moreno J. (2006)

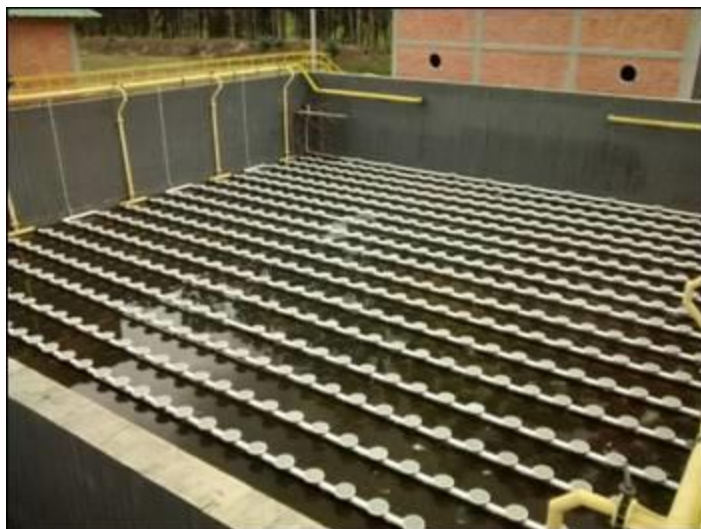


Imagen 6. Tanque de aireación
Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J

En este tanque, se encuentran estructuras tipo muro (ver imagen 7) que dispersan la velocidad del caudal para evitar turbiedad, enseguida se inyecta aire y con eso se termina de remover la materia orgánica que todavía se tenga. Cuando el tanque este lleno y se le inyecte el aire y el gas sulfhídrico; se generarán bastantes espumas, la cuales serán eliminadas al final del proceso; hacia los lados hay unas tuberías de 3/4 de pulgada, las cuales inyectan agua clarificada.²⁴



Imagen 7. Estructura para reducir velocidad al flujo del agua
Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J

²⁴ Gonzales S, Barahona D, Moreno J. (2006)

Posteriormente se encuentran los sedimentadores (Ver imagen 8), estos tienen una pendiente para que cada partícula que pueda haber quedado de los procesos anteriores proceso aquí siga su proceso de sedimentación, para posteriormente llevarla al tanque de lodos; el barredor (Ver imagen 9) se prende y empieza a dar vueltas muy lentamente para no generar turbidez al agua, generando que las partículas empiecen a decantar, el barredor funciona a una velocidad de 5 vueltas por hora.

En la parte de abajo del barredor se encuentra un caucho que va arrastrando los posibles lodos y partículas y los lleva al tanque de lodos, en la parte de arriba se encuentra una platina que va recogiendo las posibles sobrenadantes, natas o aceites del agua y los va llevando a la tolda recolectora para posteriormente ser llevados al tanque de lodos. Luego los lodos van a los espesadores, fabricados en obra, con piezas prefabricadas para ser sometidas a soldadura y terminar con el ensamblaje de los espesores, una vez terminados se realizaron dos pruebas: una de rayos x y de tinta para comprobar que el cordón de soldadura haya quedado bien y no tenga poros ya que, si se tiene estos, puede haber fugas. Se les están haciendo pruebas de estanqueidad para determinar que el volumen de agua no baje ya que si esta baja más de lo permitido es posible que tenga fugas.

Después del barredor, el agua pasa al tanque de salida (ver imagen 10 tanque de salida), allí hay una bomba de hidroflojo y esta envía el agua clarificada a la red de sprinklers, la red de aspersores y para el uso de las oficinas y así baje el volumen de las espumas; finalmente, el fluido va para el canal de salida.

Durante el proceso no hay ningún agregado químico, está diseñado para que sean tratados 120 litros de agua por segundo por módulo y salga agua cruda, no apta para el consumo humano; igualmente, no hay retención de agua, el mismo porcentaje que llega a la planta sale con un 85% de pureza, hay puntos de captación para riego de cultivos, ya que después del proceso, el agua sale al río y durante el cauce, esta se sigue purificando. No hay motobombas durante el proceso, todo se maneja por gravedad por esto la diferencia entre la cota de salida y la de entrada, así como las pendientes hacia abajo para que siempre halla el proceso de decantación. El agua tarda entre 1 hora y 1h 30 min en realizar todo el proceso de tratamiento. Se tiene previsto que la planta empiece a funcionar en un mes, en la actualidad se están realizando una serie de pruebas para determinar que todo está en buen funcionamiento.²⁵

²⁵ Gonzales S, Barahona D, Moreno J. (2006)



Imagen 8. Sedimentadores
Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J



Imagen 9. Barredor
Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J

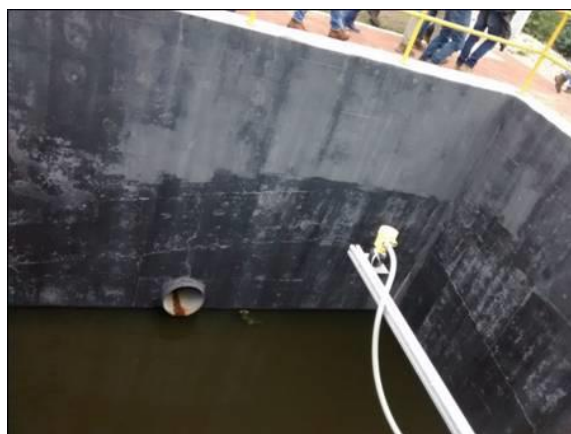


Imagen 10. Tanque de salida
Fuente: Gonzales S, Barahona D, Moreno J

7. DISEÑO METODOLÓGICO

El marco metodológico de este proyecto está dividido en 5 fases articuladas a cada uno de los objetivos específicos, los cuales permitirán dar cumplimiento al objetivo general del proyecto estas fases son:

Fase 1. Reconocimiento del Proceso De Tratamiento de Aguas Residuales- de la PTAR Tunja.	
Objetivo: Diseñar la estandarización según la norma ISA S5.1 para la infraestructura tecnológica de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja, mediante la realización de los diagramas P&ID y etiquetado para todo el proceso, con el fin de establecer un medio uniforme de designación de la instrumentación y equipos.	
Actividades	Producto
Realizar recorrido de la planta	Registro Fotográfico

Fase 2. Consulta de la normativa y metodología aplicable para la diagramación y actualización de los sistemas de control e instrumentación en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja.	
Objetivo: Diseñar los diagramas P&ID y el etiquetado, con base en la norma ISA S5.1, para todo el proceso de la PTAR de la ciudad de Tunja.	
Actividades	Producto
Investigación y lectura de la norma ANSI ISA 5.1. y herramienta de diseño P&ID.	AutoCAD PLANT 3D. Conocimiento de la norma ANSI ISA 5.1.
Revisión de los planos existentes de la PTAR.	Diagramación manual de las líneas hidráulicas del proceso.

Fase 3. Levantamiento Topología de Red de la PTAR Tunja	
Objetivo: Identificar el funcionamiento de los sistemas SCADA instalados en la planta para así proponer posibles modificaciones y mejoras.	
Actividades	Producto

Identificación de los elementos (ordenadores, conversores, PLC's) pertenecientes a la red LAN de la PTAR Tunja.	Diagrama de Topología de Red de la PTAR Tunja
---	---

Fase 4. Levantamiento de Inventario de los elementos de Instrumentación Eléctrica, Mecánica, Hidráulica de la PTAR Tunja	
Objetivo: Organizar, actualizar y detallar el inventario de instrumentación y tuberías de la PTAR de la ciudad de Tunja.	
Actividades	Producto
Realizar el inventario de los elementos de Instrumentación Eléctrica, Mecánica, Hidráulica de la PTAR Tunja.	Inventario, registro fotográfico

Fase 5. Diseño de diagramas P&ID de todo el Proceso De Tratamiento de Aguas Residuales- PTAR Tunja.	
Objetivo: Diseñar los diagramas P&ID y el etiquetado, con base en la norma ISA S5.1, para todo el proceso de la PTAR de la ciudad de Tunja.	
Actividades	Producto
Levantamiento de los diagramas P&ID de todo el Proceso	Diagramas P&ID con norma ANSI ISA 5.1.

8. FACTIBILIDAD Y RECURSOS DISPONIBLES

8.1. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

Factibilidad Técnica	
Recurso	Disponibilidad
Equipo de cómputo con el sistema operativo AUTOCAD PLANT 3D.	Computador portátil HP con sistema operativo Windows 10, recurso del estudiante.
Material bibliográfico con fines documentales.	Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, Universidad Santo Tomás.

Factibilidad Económica	
Recurso	Disponibilidad
Para el desarrollo del proyecto se requiere el uso de hardware, software y recursos humanos que por sus servicios representan una inversión económica.	Universidad Santo Tomás: Asesoría equipos, infraestructura de laboratorios, bases de datos. Estudiante: Recursos en efectivo para cubrir servicios de comunicaciones, mantenimiento de equipo de cómputo y software.

Factibilidad Operativa	
Recurso	Disponibilidad
Considerando los requerimientos del proyecto, es necesaria la consulta en material bibliográfico relacionado con normatividad y diagramas P&ID.	Desarrollo propio con el apoyo de los colaboradores Veolia Aguas de Tunja.

9. CRONOGRAMA

Ver anexo 1 [Cronograma.xlsx](#)

10. PRESUPUESTO

- **Materiales:**
 - Software de diseño P&ID AutoCAD Plant 3D
 - Software Rexroth BOSCH
- **Institucionales:**
 - Sistemas de control e instrumentación instalados BOSCH
 - Oficinas PTAR Veolia
 - Laboratorios USTA Tunja
 - CRAI y bases de datos USTA Tunja
- **Financieros:**

Presupuesto asignado por Veolia aguas de Tunja SA ESP

11. ANALISIS DE RESULTADOS

FASE 1: Reconocimiento del Proceso De Tratamiento de Aguas Residuales- de la PTAR Tunja.

Durante la última semana del mes de agosto de 2020 se realiza el recorrido a toda la PTAR Tunja, con el objetivo de conocer el proceso y funcionamiento.

Se identifican las principales partes e instrumentos que intervienen en el proceso y su funcionamiento, es importante reconocer los elementos que harán parte del diagrama P&ID, relacionar su simbología y su integración con los demás; a continuación, se pueden observar algunos ejemplos a detalle de estos:

En todo proceso industrial son de vital importancia los actuadores controlados, los cuales pueden ser electromecánicos, electrohidráulicos o electroneumáticos; estos dispositivos nos permiten comandar un

proceso a través de señales eléctricas provenientes desde la HMI de un sistema SCADA o desde un simple pulsador en un tablero eléctrico. En la PTAR se cuentan con actuadores electromecánicos en su mayoría electroválvulas de tipo ON/OFF.



*Img 11. Vista principal Electroválvula de Salida desde la estructura de entrada hacia el módulo dos
Fuente: Autor*

La planta cuenta con dispositivos de apoyo al proceso principal (los cuales no se incluirán en los diagramas P&ID) que en el inventario se denominaran como “equipos especiales” un ejemplo de estos son los polipastos instalados en los tanques de lodos que en conjunto con una grúa pescante permiten la extracción de las bombas sumergibles para la impulsión de lodos cuando es necesario realizar un mantenimiento.



*Img 12. Polipasto ubicado en el tanque de lodos del módulo 3.
Fuente: Autor*

Cada subproceso ocurre en una estructura distinta, cada una de ellas está encargada de almacenar los fluidos como el agua, el lodo, etc.; mientras los procesos físicos, químicos y biológicos se desarrollan. Un

espesador es una estructura metálica donde los lodos extraídos del agua se almacenan para así ser distribuidos de manera controlada al proceso de centrifugación. Este tipo de estructuras son las piezas más grandes de un diagrama P&ID ya que en cada una de ellas se encuentran los equipos instalados en el proceso.



*Img 13. Estructura del espesador 1 del módulo 2.
Fuente: Autor*

Para la automatización y control de un proceso industrial es obligatorio contar con equipos de medición y registro de variables físicas como sensores, controladores, etc. La planta cuenta con medidores, de temperatura, presión, nivel, flujo y oxígeno; los cuales convierten una señal física o química en una señal eléctrica que previamente es amplificada y procesada por dispositivos especializados para así ingresar a un PLC y luego poderse registrar, visualizar y controlar desde ordenadores o tableros eléctricos, hacen parte esencial de un P&ID ya que por lo general son los que controlan y dan órdenes a los elementos finales o actuadores.



*Img 14. Controlador indicador para la medición de flujo estructura de entrada.
Fuente: Autor*

Este registro fotográfico se realizó con la finalidad de posteriormente poder alimentar el inventario y servir como guía para la construcción de los P&ID.

FASE 2: Consulta de la normativa y metodología aplicable para la diagramación y actualización de los sistemas de control e instrumentación en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja.

Durante el mes de septiembre de 2020 se realizaron las siguientes actividades:

- Investigación y lectura de la norma ANSI ISA 5.1. y herramienta de diseño P&ID, lo cual permitió adquirir el conocimiento necesario para realizar los diagramas de manera correcta y certificada.
- Se identifica la herramienta para elaboración de planos P&ID AutoCAD PLANT 3D.²⁶ luego de un arduo trabajo investigativo se determinó que esta era la herramienta más completa y adecuada para realizar esta labor, gracias a la vinculación como estudiante en la Universidad Santo Tomas fue posible acceder a una licencia de la versión 2021 del software brindada por AutoDesk.
- Se revisan los planos estructurales existentes de la PTAR.

²⁶ PLANT 3D es un módulo de AutoCAD dedicado específicamente al diseño de diagramas P&ID, posee librerías especializadas e implementadas bajo distintas normas como la ISA, PIP, ISO y permite generar un plano en 3D de cualquier planta a partir de los diagramas P&ID.

		PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P. GERENCIA DE OPERACIONES MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS		FAP-AIT-01	
FICHA TÉCNICA					
EQUIPO: CAUDALIMETRO Y CONTROLADOR			CÓDIGO: 10-01-CD01		
					
SISTEMA: AFLUENTE			UBICACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO O INSTALACIÓN					
MARCA	Pulsar		MODELO/TIPO	FlowCert	
TENSION	115-230 VAC 22-28 VDC		FRECUENCIA	50/60 Hz	
SALIDAS ANALÓGICAS	0-20mA o 4-20mA		RESOLUCION	0.1%	
PROTOCOLO DE CONEXIÓN	PROFIBUS-MODBUS		PROTECCION	IP65	
CONEXIÓN	RS232-RS485		MANUAL	DataSheet	
HORAS/DÍA FUNCIONAMIENTO	24 horas		AÑO INSTALACIÓN	2014	

Img 17. Formato Ficha Técnica Inventario PTAR Tunja.
Fuente Documento Entregado por Veolia

GERENCIA DE OPERACIONES MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS HOJA DE VIDA									
EQUIPO: VÁLVULA			CÓDIGO: 10-01-EV01						
#	FECHA [dd/mm]	TIPO DE MANTTO	SISTEMA	REALIZADO POR	KM	HORA ETRI	ORDEN DE	TAREA REALIZADA	OBSERVACIONES
1	5-oct-17	PREVENTIVO		CARLOS BONILLA- LEONARDO ARIAS			2017-1253	Se realizó desmonte de tapa frontal y se realizó revisión del cableado y componentes en buen estado. Se reajustaron contactos, tarjetas electrónicas en buen estado. Se realizó prueba manual a las válvulas y operaron normal.	
2	6-feb-18	PREVENTIVO		Santiago Parra - Paula Herrera			2018-185	Se desenergizaron, se destaparon se le aplicó grasa a: vacueto, sifón, correa, reductor; se arman se les ajusta tornillería se realiza prueba funcional y en el momento quedan operando normal.	
3	7-jun-18	PREVENTIVO		Leonardo Arias			2018-871	Se desenergizan las válvulas y se destapan para revisar motor y reductor, lubricarlos. Se aplica limpiador dieléctrico, se arman, se ajusta tornillería en general. Se les realiza prueba funcional y quedan operando normal en el momento.	
4	5-sep-18	PREVENTIVO		Paula Herrera-Santiago Parra			2018-1518	Se desenergiza se realiza limpieza y ajuste de contactor en general de tarjeta se realiza revisión de accionamiento de topas eléctricas. Se revisan tornillos pifonería de reductores y se lubrican todas las partes durante prueba de operación manual trabajo con normalidad, se ajusta tornillería en general y se hace limpieza.	

Img 18. Formato Hoja de Vida Inventario PTAR Tunja.
Fuente Documento Entregado por Veolia

	PROACTIVA AGUAS DE TUNJA GERENCIA DE OPERACIONES ÁREA DE MANTENIMIENTO INSTALACIONES Y EQUIPOS INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO SEGURO		CÓDIGO FAP-AIT-03
	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO Y/O INSTALACIÓN		
IMAGEN 	CARACTERÍSTICAS EQUIPO: TABLERO CONTROLADOR CENSOR DE NIVEL PERIODICIDAD: SEM ☐ MM ☐ TT ☒ SS ☐ AA ☐ EJECUTADO POR: TE ☒ OP (Operador) TM (Técnico Mecánico) TE (Técnico Eléctrico) PE (Proveedor Externo)		
INSTRUCTIVO TÉCNICO DE MANTENIMIENTO EQUIPO Y/O INSTALACIÓN			
1. Asegúrese de que la cubierta del controlador está bien cerrada. 2. Limpie la parte exterior del controlador con un trapo humedecido en agua o una mezcla de agua y detergente suave. Sustitución de fusibles Los fusibles no son piezas que pueda cambiar el usuario. La necesidad de utilizar fusibles de repuesto en los controladores indica una avería técnica grave y, por lo tanto, se considera una labor del servicio de asistencia técnica. Si se sospecha que se ha fundido un fusible, póngase en contacto con el servicio de asistencia técnica. 3. Revise los interruptores termomagnéticos y las bornas de conexión 4. Limpie y retire sólidos del sensor ubicado en la tubería, compruebe las conexiones del mismo 5. En caso de fallas programativas póngase en contacto con el servicio de asistencia técnica.			
Paño	Soplete	Amperímetro	Voltímetro
Limpiador para tableros eléctricos		Limpiador desengrasante electrónico	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL			
CASCOS	SI ☒	NO ☐	
GAFAS	SI ☒	NO ☐	
RESPIRADORES	SI ☒	NO ☐	
PROTECCIÓN AUDITIVA	SI ☐	NO ☒	
OVEROL	SI ☒	NO ☐	
GUANTES	SI ☒	NO ☐	
BOTAS	SI ☒	NO ☐	
IMPERMEABLE	SI ☒	NO ☐	
EQUIPO DE GUADAÑA	SI ☐	NO ☒	
PÉRTIGA	SI ☐	NO ☒	
ARNÉS Y LÍNEA DE VIDA	SI ☐	NO ☒	
OTRO	SI ☐	NO ☒	
REQUIERE PERMISO DE TRABAJO DE ALTO RIESGO	SI ☐	NO ☒	CUAL: _____
NOTA: de requerirse el permiso de trabajo comuníquese con el Inspector de Seguridad y Salud Ocupacional			
CONSIGNAS DE SEGURIDAD			
1. Verifique que el sitio de trabajo este despejado de elementos que puedan causar incidentes de trabajo. 2. Verifique que cuente con las herramientas y materiales requeridos para realizar la actividad y que estos estén en buen estado. 3. Utilice los elementos de protección personal de acuerdo a lo contemplado en las matrices de Peligros, Riesgos y de Elementos Personales. 4. Asegúrese de tener un compañero que este atento a cada movimiento y tenga un medio de comunicación efectivo. 5. Si posee alguna inquietud comuníquese con su Jefe inmediato y/o con el Inspector de Seguridad y Salud Ocupacional.			
CONSIGNAS AMBIENTALES			
1. Los residuos metálicos provenientes del mantenimiento dispóngalos en los contenedores o áreas de chatarra dispuestos en el almacén del Tanque Circular. 2. Los residuos inertes provenientes de la actividad de mantenimiento dispóngalos en los contenedores de residuos en las diferentes instalaciones de la empresa. 3. Si se emplea limpiador dielectrico y se genera eliminación del contenedor (tarro), dispóngalos en los contenedores o áreas de chatarra dispuestos en el almacén del Tanque Circular. 4. Si se generan residuos por cambio de equipos electricos y/o electronicos, trasladelos hasta el Tanque Circular a la caseta de residuos para su disposición final adecuada.			
ELABORO _____		APROBÓ _____	

Img 19. Formato Hoja de Mantenimiento Inventario PTAR Tunja.
Fuente Documento Entregado por Veolia

FASE 5: Levantamiento de los diagramas P&ID de todo el Proceso

DIGRAMA P&ID PTAR TUNJA

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja fue diseñada para trabajar con 8 módulos de tratamiento, actualmente se encuentran dos en total funcionamiento y se busca replicar este modelo para los 6 faltantes; la instrumentación actualmente instalada permite a la planta funcionar de la siguiente manera:

El proceso inicia con el ingreso del agua (proveniente del sistema de alcantarillado de la ciudad de Tunja), se hace uso de un sensor ultrasónico y un dispositivo indicador-transmisor para medir el caudal de ingreso a la planta con una válvula tipo guillotina se regula este caudal entre la estructura de entrada y un bypass al río Jordán (se usa la misma técnica para la medición del caudal en el bypass). En la estructura de entrada se encuentra una rejilla o filtro para sólidos grandes y medios, además una rejilla auto limpiante que funciona en conjunto con una banda transportadora para la recolección de los desechos restantes (estos dos dispositivos funcionan con motores de CA); con un juego de 16 válvulas se separa el caudal para cada uno de los 8 módulos, finalmente el ingreso de este a cada módulo es comandado por una electroválvula de actuador mecánico (línea 0).

El agua ingresa al desarenador (1 y 2 regulado por dos válvulas de compuerta) en el cual algunos de los sólidos presentes en el agua se sedimentan, se realiza una nueva medición de caudal con la combinación de un sensor de nivel y un medidor Parshall con su respectivo indicador-transmisor, antes de la medición existe un bypass (línea 18) activado por una válvula manual el cual se conecta con el tanque de aireación; luego de la canaleta Parshall continua el flujo del agua hacia el UASB regulado de la misma manera por una válvula manual (línea 1).²⁸

El UASB presenta una distribución del agua por medio de “flautas” desde la parte inferior de la estructura (línea 4) y un control con dos válvulas manuales para cada costado (línea 2). Aquí se generan dos subproductos: gas metano el cual es recolectado por una tubería en la parte superior del reactor y dirigido hacia el quemador de gases, ácido sulfhídrico el cual es tratado en la caseta de olores. Continuando con el proceso principal la línea 3 alimenta el tanque de aireación o reactor aerobio en el cual por medio de un sistema de difusores inyecta oxígeno al agua proveniente de la caseta de sopladores, donde se encuentran 3 equipos conformados por motores de CA los cuales están controlados por variadores de velocidad, armarios de insonorización válvulas de regulación y válvulas de alivio; se realiza la medición de la temperatura y la presión del aire antes de ser combinado con el agua.

²⁸ Válvulas y Electroválvulas. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01>
Introducción/04 Información técnica III.pdf

Luego del reactor aerobio el agua se dirige hacia los sedimentadores secundarios por medio de la línea 5 regulada por dos electroválvulas, el funcionamiento de los sedimentadores se da gracias a motores de CA ubicados en los extremos de estos, allí el agua se divide en el clarificado y el lodo. El clarificado se dirige al tanque de salida (línea 7) para luego pasar por un poso de inspección (línea 8) y finalmente desembocar en el canal de salida hacia el río (línea 9), el lodo se dirige hacia el tanque de lodos por medio de la línea 6 y una tubería auxiliar de las espumas o sobrenadantes; allí tres bombas de impulsión sumergibles dirigen el fluido hacia dos posibles destinos: los espesadores (línea 11) o el tanque de aireación (línea 10) esta distribución es posible gracias a un juego de electroválvulas de actuador mecánico controladas desde el sistema SCADA de la planta. Para el control de estos procesos se hace uso de la medición de nivel en los espesadores que en caso de rebose el lodo regresa al tanque de lodos por la línea 12; y la medición de caudal en el proceso de recirculación al tanque de aireación. Por último, el lodo se dirige a la caseta de tratamiento de lodos por medio de la línea 16.²⁹

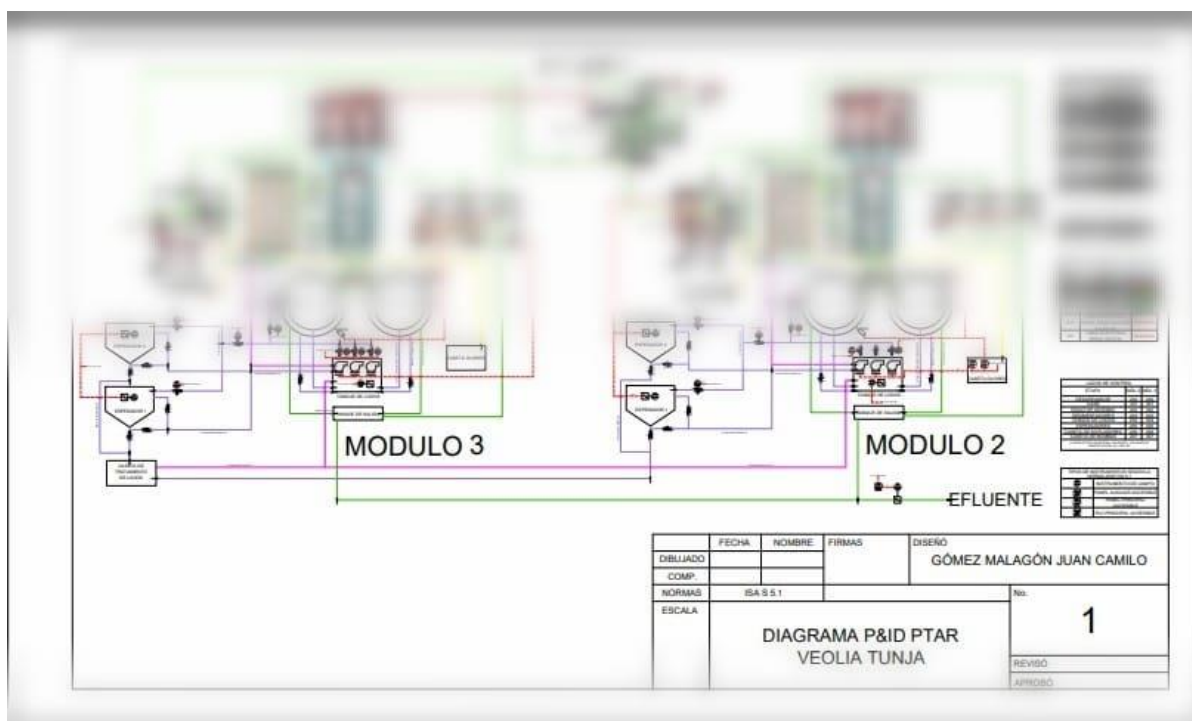
El proceso es supervisado y controlado por 4 PLC's (dos por cada módulo) los cuales registran las variables medidas y comandan los sistemas electromecánicos, estos cuentan con un sistema de comunicación por fibra óptica y Ethernet a los ordenadores principales, a la par del proceso principal anteriormente descrito varios subprocesos ocurren simultáneamente:

- Vaciado de los desarenadores por medio de dos electroválvulas con actuador mecánico
- Esparcimiento de las espumas flotantes en el tanque de aireación y el UASB por medio de los aspersores y sprinklers (líneas 13 y 14 respectivamente)
- Transporte de lixiviado desde el UASB al tanque de lodos (línea 15)³⁰
- Transporte de lixiviado desde la caseta de tratamiento de lodos al tanque de lodos (línea 17)
- Medición y registro del caudal de salida de la planta por medio de un sensor ultrasónico³¹

²⁹ Válvulas y Electroválvulas. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01Introducción/04Información técnica III.pdf>

³⁰ Tratamiento de lixiviados de vertedero. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-lixiviados-de-vertedero/>

³¹ Gutiérrez Hinestroza, M., & Iturralde Kure, S. A. (2017). Gutiérrez & Iturralde, 2017 Manual de Instrumentación.

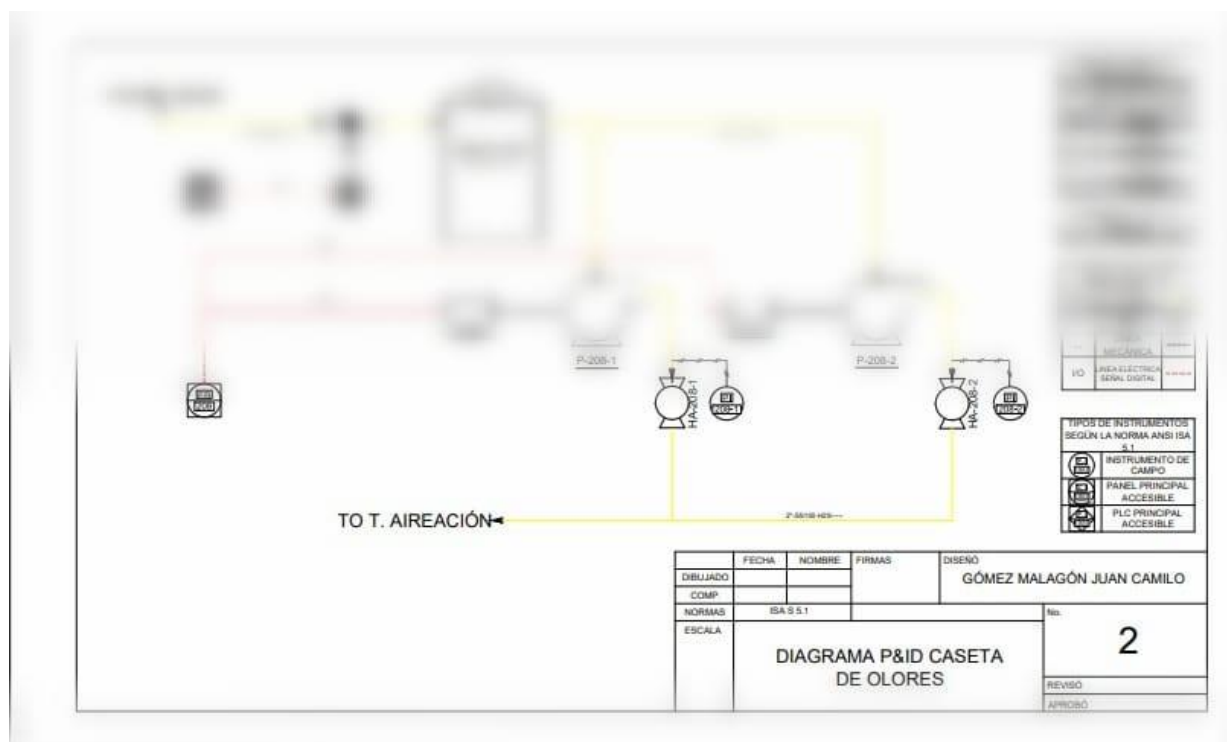


Img 20. P&ID PTAR Tunja.
Fuente Autor

DIGRAMA P&ID CASETA DE OLORES

El proceso que se lleva a cabo con el ácido sulfhídrico inicia con el ingreso de este a la caseta de control de olores, este fluido proveniente del UASB es comandado por medio de una electroválvula de actuador mecánico. Inmediatamente el gas se condensa en un tanque separador de gotículas, el líquido obtenido es conducido por medio de tuberías de acero inoxidable hacia el tanque de aireación para cumplir con el proceso biológico que allí se realiza; esto se realiza gracias a dos bombas de impulsión accionadas con motores de CA, cada línea cuenta con un registro de bola para regular el caudal y con un elemento indicador de presión para supervisar el proceso.³²

³² Gutiérrez Hinestroza, M., & Iturralde Kure, S. A. (2017). Gutiérrez & Iturralde, 2017 Manual de Instrumentación.



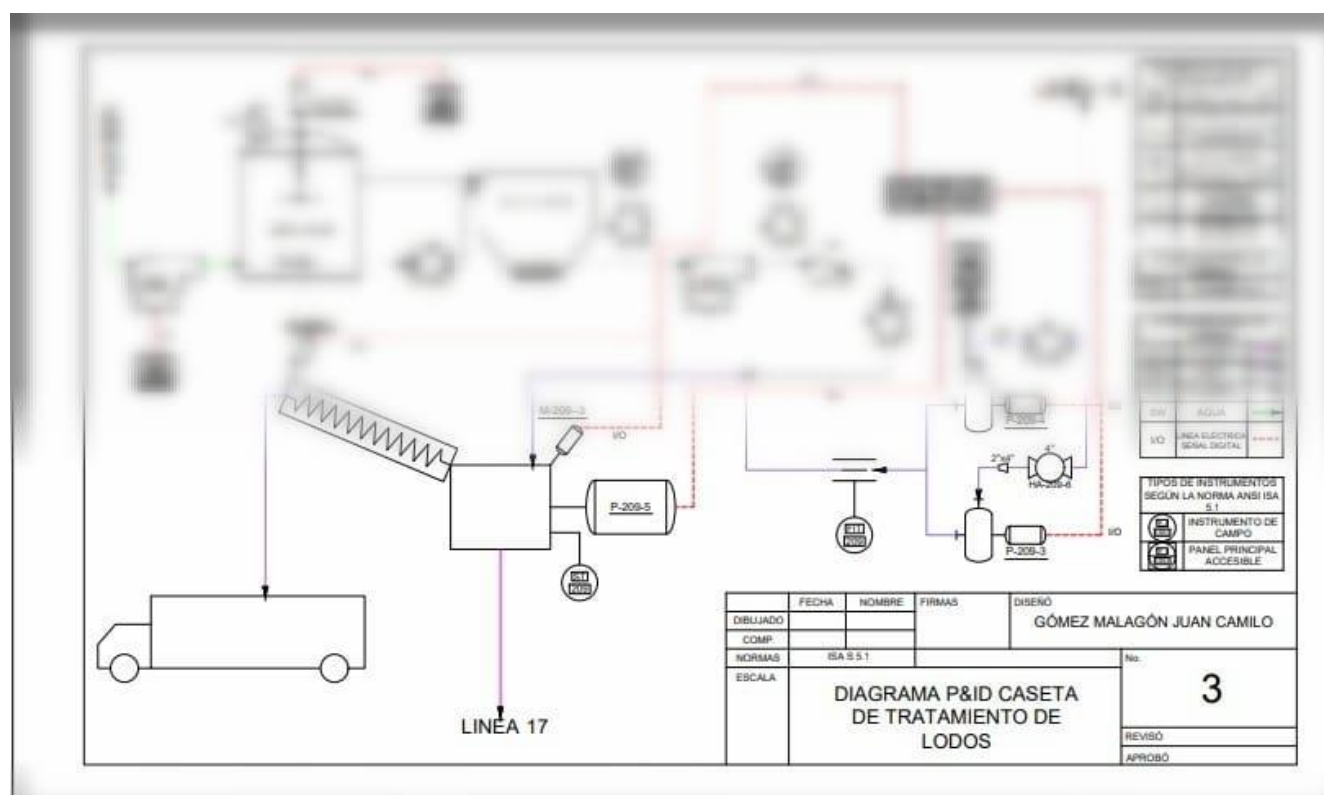
Img 21. P&ID caseta de olores PTAR Tunja.
Fuente Autor

DIGRAMA P&ID CASETA DE TRATAMIENTO DE LODOS

La caseta de tratamiento de lodos tiene como finalidad procesar parte de los desechos generados en el proceso principal con el propósito de darle un uso productivo como por ejemplo la fabricación de cementos, resinas, etc. Para esto es necesario combinar el lodo con un polímero especial que ayuda a la solidificación de este.

El proceso inicia con la preparación del polímero esto ocurre en un tanque de preparación en el cual ingresa la sustancia en forma de polvo para disolverse en agua, allí un motor agitador acciona un mezclador que homogeniza la sustancia, por medio de una tubería PVC y registros de bola se regula el llenado de un tanque dosificador.

El polímero es impulsado por una bomba, simultáneamente es medido el flujo en una columna de calibración, e inmediatamente controlado por un juego de válvulas antes de ingresar a la centrifuga. El lodo proveniente de los espesadores por la línea 16 se modula con dos bombas impulsoras de distintas capacidades (una comandada por un variador de velocidad). A la salida de estas se encuentra un macro medidor el cual le da al operador el caudal de lodo que ingresa a la centrifuga; esta es comandada por dos motores de CA (uno comandado por un variador de velocidad), el sólido obtenido es transportado por un tornillo sin fin hacia los vehículos de carga. Por la parte inferior de la centrifuga se filtran los lixiviados que se dirigen hacia el tanque de lodos por la línea 17.



Img 22. P&ID caseta de tratamiento de lodos PTAR Tunja.
Fuente Autor

REVISION Y COMPROBACION DE PLC's Y ELECTROVALVULAS

La PTAR requiere de mejoras y modificaciones día a día por lo que es necesario aprovechar al máximo los recursos tecnológicos con los que se cuentan, por esto fue necesario hacer una revisión estricta en primera instancia de los 4 controladores con los que cuenta la planta. Estos PLC's marca BOSCH y referencia Indralogix L20 cuentan con disposición para módulos de salidas y entradas tanto analógicas como digitales. Como resultado se pudo determinar la disponibilidad actual de estas entradas y salidas para utilizarlas en implementaciones futuras como los quemadores de gases, controladores PID en los distintos procesos entre otros.³³

Los elementos electromecánicos como lo son las electroválvulas son parte esencial de este proceso, ya que comandan el caudal que intercambian las diferentes etapas el mismo. Para su correcto funcionamiento es necesario realizar mantenimientos preventivos y correctivos, por esto surgió la necesidad de reunir en un documento las características físicas, mecánicas y eléctricas para facilitar los diagnósticos de fallas en los equipos.

ELECTRO VALVULAS											
VALVULA	MODULO	UBICACIÓN	MARCA	TORQUE	DIAMETRO	TENSION	FRECUENCIA DE OPERACIÓN	FUNCIONAMIENTO	ACTUADOR	TARJETA	LIMITADOR DE TORQUE
10-01-EV01	2	Línea 0 Salida de la estructura de entrada	BRAY CONTROLS	13 KN/m	16"	220 V	50/60 Hz	AUTOMATICO	SI	SI	NO
10-01-EV02	3	Línea 0 Salida de la estructura de entrada	BRAY CONTROLS	13 KN/m	16"	220 V	50/60 Hz	AUTOMATICO	SI	SI	NO
10-02-EV01	3	Salida T. Aireación a sedimentador 1	CENTORK	72-120 N/m	14"	220 V	50/60 Hz	MANUAL	SI	SI	NO
10-02-EV02	3	Salida T. Aireación a sedimentador 2	CENTORK	72-120 N/m	14"	220 V	50/60 Hz	MANUAL	SI	SI	NO
10-02-EV03	3	Electrovalvula K4 de mariposa de 8" de salida de las bombas sumergibles	BRAY CONTROLS	2KN/m	16"	220 V	50/60 Hz	AUTOMATICO	SI	SI	NO
10-02-EV04	3	Electrovalvula K5 de mariposa de 8" de salida de las bombas sumergibles	BRAY CONTROLS	13 KN/m	16"	220 V	50/60 Hz	MANUAL	NO	NO	NO
10-02-EV05	3	Electrovalvula K6 de mariposa de 8" de salida de las bombas sumergibles	BRAY CONTROLS	2KN/m	16"	220 V	50/60 Hz	MANUAL	NO	NO	NO
10-02-EV06	3	Electrovalvula K7 de mariposa de 8" Línea 11 hacia espesadores ubicado en frente del tanque de lodos.	BRAY CONTROLS	2KN/m	16"	220 V	50/60 Hz	AUTOMATICO	SI	SI	NO
10-02-EV07	3	Electrovalvula K8 de mariposa de 12" Línea 10 tanque de lodos hacia tanque de aireación ubicado en frente del tanque de lodos.	BRAY CONTROLS	5KN/m	16"	220 V	50/60 Hz	MANUAL	NO	NO	NO
10-02-EV08	3	Electrovalvula de salida del UASB H2S costado oeste	BRAY CONTROLS	600 N/m	4"	220 V	50/60 Hz	NO	SI	SI	NO
10-02-EV09	3	Electrovalvula de descargue 18" del desarenador a las volquetas	BRAY CONTROLS	734 N/m	18"	220 V	50/60 Hz	AUTOMATICO	SI	SI	NO
10-02-EV10	3	Electrovalvula de descargue 18" del desarenador a las volquetas	BRAY CONTROLS	734 N/m	18"	220 V	50/60 Hz	AUTOMATICO	SI	SI	NO
10-02-EV11	3	Electrovalvula K1 de mariposa de 8" de entrada al espesador 1 ubicada horizontalmente tuberías de 200PSI MAX línea 11	BRAY CONTROLS	13 KN/m	8"	220 V	50/60 Hz	AUTOMATICO	SI	SI	NO
10-02-EV12	3	Electrovalvula K2 de mariposa de 8" de entrada al espesador 2 ubicada en el subsuelo tuberías de 200PSI MAX (ACTUALMENTE SE ENCUENTRA INSTALADA UNA VALVULA MANUAL)	BRAY CONTROLS	13 KN/m	8"	220 V	50/60 Hz	NO	SI	SI	NO
10-03-EV01	2	Electrovalvula K2 de mariposa de 16" Tablero plc sopladores Bypass hacia el barre lodos N.1 ubicada en medio de los sedimentadores LINEA 5	BRAY CONTROLS	13 KN/m	16"	220 V	50/60 Hz	AUTOMATICO	SI	SI	NO
10-03-EV02	2	Electrovalvula K3 de mariposa de 16" tablero plc sopladores Bypass hacia el barre lodos N.2 ubicada en medio de los sediementadores LINEA 5	BRAY CONTROLS	13 KN/m	16"	220 V	50/60 Hz	MANUAL	NO	NO	NO

³³ Válvulas y Electroválvulas. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01Introducción/04Información técnica III.pdf>

*Img 23. Válvulas con actuador.
Fuente Autor*

ENTRADAS DIGITALES			
Variable	Variable en programa	Direccion	Direccion en progrma
FeedBack Valvula 1	BfeedBk_valvk1	0.0	%IX0.0
FeedBack Valvula 2	BfeedBk_valvk2	0.1	%IX0.1
FeedBack Valvula 3	BfeedBk_valvk3	0.2	%IX0.2
FeedBack Valvula 4	BfeedBk_valvk4	0.3	%IX0.3
FeedBack Valvula 5	BfeedBk_valvk5	0.4	%IX0.4
Falla Soplador 1	BFail_mtsoplador1	0.5	%IX0.5
Falla Soplador 2	BFail_mtsoplador2	0.6	%IX0.6
Falla Soplador 3	BFail_mtsoplador3	0.7	%IX0.7
Falla Soplador Acido 1	BFail_mtsoplador_acido1	1.0	%IX1.0
Falla Soplador Acido 2	BFail_mtsoplador_acido2	1.1	%IX1.1
Falla Rejilla	Bfail_mtrejilla	1.2	%IX1.2
Falla Banda	Bfail_mtbanda	1.3	%IX1.3
FeedBack Chimenea	BfeedBk_Chimenea	1.4	%IX1.4
Temperatura Soplador 1	Bhigh_temp_soplador1	1.5	%IX1.5
Temperatura Soplador 2	Bhigh_temp_soplador2	1.6	%IX1.6
Temperatura Soplador 3	Bhigh_temp_soplador3	1.7	%IX1.7
Disponible	Disponible	2.0	%IX2.0
Disponible	Disponible	2.1	%IX2.1
Disponible	Disponible	2.2	%IX2.2
Disponible	Disponible	2.3	%IX2.3
Disponible	Disponible	2.4	%IX2.4
Disponible	Disponible	2.5	%IX2.5
Disponible	Disponible	2.6	%IX2.6
Disponible	Disponible	2.7	%IX2.7

SALIDAS DIGITALES			
Variable	Variable en programa	Direccion	Direccion en progrma
Open Valvula 1	Bopen_valvk1	0.0	%QX0.0
Open Valvula 2	Bopen_valvk2	0.1	%QX0.1
Open Valvula 3	Bopen_valvk3	0.2	%QX0.2
Open Valvula 4	Bopen_valvk4	0.3	%QX0.3
Open Valvula 5	Bopen_valvk5	0.4	%QX0.4
Disponible	Disponible	0.5	%QX0.5
Disponible	Disponible	0.6	%QX0.6
Disponible	Disponible	0.7	%QX0.7
Disponible	Bon_mtsoplador_acido1	1.0	%QX1.0
Disponible	Boff_mtsoplador_acido1	1.1	%QX1.1
Disponible	Bon_mtsoplador_acido2	1.2	%QX1.2
Disponible	Boff_mtsoplador_acido2	1.3	%QX1.3
On Rejilla	Bon_mtrejilla	1.4	%QX1.4
Off Rejilla	Boff_mtrejilla	1.5	%QX1.5
On Banda	Bon_mtbanda	1.6	%QX1.6
Off Banda	Boff_mtbanda	1.7	%QX1.7
On Soplador 1	Bon_mtsoplador1	2.0	%QX2.0
Off Soplador 1	Boff_mtsoplador1	2.1	%QX2.1
On Soplador 2	Bon_mtsoplador2	2.2	%QX2.2
Off Soplador 2	Boff_mtsoplador2	2.3	%QX2.3
On Soplador 3	Bon_mtsoplador3	2.4	%QX2.4
Off Soplador 3	Boff_mtsoplador3	2.5	%QX2.5
Disponible	Disponible	2.6	%QX2.6
Disponible	Disponible	2.7	%QX2.7

ENTRADAS ANALOGAS	
Variable	Direccion
R_PORC_TRANSDUCTOR_GAS_METANO	w_AI00
R_PORC_TRANSDUCTOR_ACIDO_SULFIDRICO	w_AI01
Disponible	w_AI02
Disponible	w_AI03
R_TEMPERATURA_SOPLADOR_1_C	w_AI04
R_TEMPERATURA_SOPLADOR_2_C	w_AI05
Disponible	w_AI06
R_PRESION_SOPLADOR_1_PSI	w_AI07
En uso	w_AI08
En uso	w_AI09
R_PRESION_SOPLADOR_2_PSI	w_AI10
Disponible	w_AI11
Disponible	w_AI12
Disponible	w_AI13
R_OXIGENO_DISULETO_SENSOR_1_PPM	w_AI14
R_OXIGENO_DISULETO_SENSOR_2_PPM	w_AI15

SALIDAS ANALOGAS	
Variable	Direccion
en uso	w_AO00
en uso	w_AO01
Disponible	w_AO02
Disponible	w_AO03
Disponible	w_AO04
Disponible	w_AO05
Disponible	w_AO06
Disponible	w_AO07
Disponible	w_AO08

*Img 24. Sopladores M3.
Fuente Autor*

12. RECOMENDACIONES

- Es importante generar una estandarización en todos los procesos de Veolia aguas de Tunja, por lo cual se propone continuar con el mismo diseño de los diagramas P&ID para las diferentes plantas como la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), el laboratorio de aguas y los distintos pozos presentes en la ciudad.
- Es recomendable corregir los sistemas de automatización de la PTAR, ya que se puede aumentar la eficiencia del proceso con la instrumentación actualmente instalada.
- A largo plazo se sugiere elevar el nivel de automatización y migrar hacia los sistemas 4.0, mejorando el monitoreo y control de cada proceso.
- Mantener la actualización del inventario de instrumentación de forma sistemática.
- Consultar permanentemente la actualización de la norma ANSI ISA 5.1, de esa forma validar los cambios significativos de los diagramas P&ID actuales.
- Los P&IDs son fundamentales para el mantenimiento y modificación del proceso por lo que se recomienda usar como guion gráfico del proceso, de esta forma los cambios se pueden realizar de forma segura y eficiente.
- Los P&IDs junto con el flujo del proceso, proporcionan información de alerta en torno a riesgos, medidas de protección y fallas potenciales para que se puedan eliminar o reducir a un mínimo los errores; por lo que se recomienda usarlos en el proceso de planificación de mantenimiento preventivo y correctivo.

13. CONCLUSIONES

- Un inventario de instrumentación permite llevar de manera ordenada el control de los equipos instalados de un proceso industrial, permitiendo hacer un seguimiento a detalle de su vida útil, tiempos de funcionamiento además de un historial de fallas y reparaciones realizadas sobre el mismo.
- El instructivo de mantenimiento es parte fundamental de la hoja de vida de un equipo, facilita al personal encargado la información necesaria para realizar de manera correcta los distintos mantenimientos, además de velar por su seguridad, ya que en él se consignan los posibles riesgos existentes, se especifican los equipos y herramientas necesarios y además los elementos de protección personal que son de uso obligatorio para la persona que ejecute la labor.
- Los diagramas de instrumentación y tuberías son parte fundamental de cualquier proceso industrial, puesto que permiten seguir el flujo y el funcionamiento detallado del mismo, así como realizar un análisis profundo de ingeniería que posibilita la detección de fallas, la planeación de mantenimientos y la modificación o mejoramiento del proceso.
- La normatividad ANSI ISA S5.1 permite al ingeniero adecuar su diseño a las necesidades propias de cada proceso, ya que la nomenclatura e instrumentos abarcan todo tipo de variables, funciones y modificaciones; brindando además símbolos definidos por el usuario facilitando el diseño o la diagramación de una planta industrial.³⁴
- La recolección y organización de datos propios de los instrumentos tales como sus características físicas, eléctricas y mecánicas, surgen como una herramienta tecnológica para apoyar a los colaboradores de la empresa en labores como el mantenimiento, cambio o ingeniería del proceso.
- La planta de tratamiento de aguas residuales Veolia aguas Tunja es pionera en la implementación de diagramas P&ID, siendo el referente y punto de partida para los demás procesos realizados por la empresa, como lo son la planta de tratamiento de agua potable, el laboratorio de aguas, los pozos de reparto e inspección, entre otros.
- Los P&ID desempeñan un papel esencial en el mundo de la ingeniería de procesos son muy útiles de muchas formas, entre ellas:
 - Servir como base para la programación de controles
 - Desarrollar pautas y estándares para el funcionamiento de las instalaciones
 - Elaborar documentos que expliquen cómo funciona el proceso
 - Aportar un lenguaje común para debatir sobre las operaciones de la planta
 - Elaborar recomendaciones para estimaciones de costos, diseño de equipos y diseño de tuberías

³⁴ Conocimientos básicos sobre diagramas de tuberías e instrumentación. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://www.edrawsoft.com/es/knowning-pid.html>

14. REFERENCIAS

¿Qué son los sistemas SCADA? - Ingetes. (n.d.). Retrieved March 8, 2021, from <https://www.ingetes.com.co/sistema-scada-automatizacion-de-procesos/>

Automatización Industrial y Robótica. Qué son y las claves de su Éxito. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <http://www.aldakin.com/automatizacion-industrial-robotica-claves-exito/>

Conocimientos básicos sobre diagramas de tuberías e instrumentación. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://www.edrawsoft.com/es/knowning-pid.html>

Creus, A. (2010). Instrumentación industrial.

Gutiérrez Hinestroza, M., & Iturralde Kure, S. A. (2017). Gutiérrez & Iturralde, 2017 Manual de Instrumentación.

Importancia y Utilización del Estándar ANSI/ISA S5.1 | ISA Sección Central México. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/05/21/importancia-y-utilizacion-del-estandar-ansi-isa-s5-1/>

Lopez, J. (2003). Normas Ansi / Isa. 1984, 29.
<ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Proyecto de Automatización/ANSI ISA - Espa%F1ol Incompleto.pdf>

Nuestra historia en Tunja | Veolia Colombia | Tunja-Yopal. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://www.veolia.com.co/tunja-yopal/nosotros/quienes-somos/historia-tunja>

Simbología y Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P & ID) Introducción. (n.d.).

Tratamiento de lixiviados de vertedero. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from

<https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-lixiviados-de-vertedero/>

Válvulas y Electroválvulas. (n.d.). Retrieved April 11, 2021, from <https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01 Introducción/04 Información técnica III.pdf>

W. A. Lozano-Rivas, “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Autor : Ing . WILLIAM ANTONIO LOZANO-RIVAS , MSc , PhD BOGOTÁ D . C ., COLOMBIA Octubre de 2012,” no. December 2012, pp. 0–195, 2016.

C. A. Rodriguez Bello and L. L. Arias Rojas, “Identificación de Microorganismos Bioindicadores presentes en lodos activados de planta de tratamientos de aguas residuales de Tunja,” vol. 1, no. May, 2018.

Mandado, E., Acevedo, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2013).

Autómatas programables y sistemas de automatización. México D.F.: Alfaomega Marcombo. Piedrafita, R. (2004).

Ingeniería de la Automatización Industrial. Alfaomega; Ra-Ma. ■ García, E. (2001).

Automatización de Procesos Industriales. México D.F. Alfaomega. ■ Romero, C. (2011).

Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing. Upddle River: Pearson (2015)

Los Sistemas de Supervisión de Control y Adquisición de Datos (traducción más o menos aproximada de SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition). Aquilino Rodríguez Penin. (2006)

Aguasistec. (2016). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR | AGUASISTEC - Tratamiento de Agua y Aguas Residuales. [online] Available at: <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales.php> [Accessed 8 Apr. 2016]