



**DISEÑO DE UN CONTROLADOR  
PARA UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
DIRIGIDA A COMUNIDADES  
RURALES**

**DANIEL ALBERTO CANO CANO  
DIEGO ALEXANDER FLÓREZ MOSQUERA**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Villavicencio, Colombia

2021



# **DISEÑO DE UN CONTROLADOR PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DIRIGIDA A COMUNIDADES RURALES**

**DANIEL ALBERTO CANO CANO  
DIEGO ALEXANDER FLÓREZ MOSQUERA**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Electromecánico**

Director (a):  
MSc. Jonathan Bulla Espinosa

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Villavicencio, Colombia  
2021



*Nota de aceptación:*

---

---

---

---

---

---

---

---

*Firma del presidente del jurado*

---

*Firma del jurado*

---

*Firma del jurado*

Villavicencio ( , , )

*(Dedicatoria)*

*En primera instancia quiero dedicar este proyecto a Dios por todas las bendiciones que me ha brindado a lo largo de mi vida, a mi familia por ser un apoyo incondicional cuando más lo he necesitado, pero sobre a todo a esas personas sabias que la vida me a lo colocado en su momento para seguir adelante y hoy estar escribiendo esta dedicatoria.*

*DANIEL ALBERTO CANO CANO*

*DIEGO ALEXANDER FLÓREZ MOSQUERA*

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por brindarme las oportunidades que hoy tengo en mi vida y el fin e inicio de una nueva etapa.

La universidad me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, y antes de todo esto no pensaba que fuera posible que algún día entrara a una institución.

Agradezco mucho por la ayuda de los ingenieros, mis compañeros, y a la universidad en general por todo lo anterior en conjunto con los conocimientos que me ha otorgado.

A los profesores por ser una guía en cada paso que se dio para la realización de este proyecto.

Agradezco al tiempo porque es la constante más grande que he tenido de esperanza para lograr mis objetivos y mis sueños.

*DANIEL ALBERTO CANO CANO*

*DIEGO ALEXANDER FLÓREZ MOSQUERA*









## Resumen

En este documento se desarrolló una simulación de un sistema automático para el tratamiento de agua potable, en el cual se realizaron algunos cálculos importantes en cuanto a la bomba, líneas de tubería y sistemas de protección para poder entregar a grosso modo un diseño acorde a los objetivos planteados, también se desarrolló un plano esquemático del proceso para el tratamiento de agua potable.

Se realizó por medio del Software Factory I/O se pudo realizar una simulación de los procesos que se pueden automatizar, con el fin de entregar una prueba del funcionamiento de la automatización la cual se realizó en el programa Codesys en su versión demo y el lenguaje de programación Ladder que fue implementado en este proyecto debido a su fácil entendimiento y exportación a las diferentes plataformas con las que cuentan los fabricantes de PLC.

Se realizó una búsqueda de información acerca de los procesos más usuales para PTAP en zonas rurales, por lo cual se realizó una descripción de los procesos necesarios para efectuar PTAP,

**Palabras clave: (Bomba, Hidráulica, Fluido, Potencia Fluida).**

## **Abstract**

In this document, a simulation of an automatic system for drinking water treatment was developed, in which some important calculations were made regarding the pump, pipe lines and protection systems to be able to roughly deliver a design according to the requirements. objectives, a schematic plan of the process for the treatment of drinking water was also developed.

It was carried out by means of the Software Factory I / O, a simulation of the processes that can be automated could be carried out, in order to deliver a test of the operation of the automation which was carried out in the Codesys program in its demo version and the language Ladder programming that was implemented in this project due to its easy understanding and export to the different platforms that PLC manufacturers have.

A search was made for information about the most common processes for PTAP in rural areas, for which a description of the processes necessary to carry out PTAP was made

**,Key words: (Pump, Hydraulics, Fluid, Fluid Power).**

# Contenido

<b>1. ELEMENTOS CONCEPTUALES DE UNA PTAP .....</b>	<b>3</b>
1.1 BOCATOMA .....	3
1.2 ADUCCIÓN.....	4
1.2.1 ADUCCIÓN A CANAL ABIERTO.....	5
1.3 CAJA DE DERIVACIÓN .....	6
1.4 DESARENADOR .....	7
1.5 CÁMARA DE QUIEBRE .....	8
1.6 PROCESOS PRINCIPALES EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	9
1.6.1 CRIBADO.....	9
1.6.2 COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.....	9
1.6.3 SEDIMENTACIÓN .....	10
1.6.4 FILTRACIÓN.....	10
1.6.5 DESINFECCIÓN .....	11
<b>2. COMPONENTES ELECTROMECÁNICOS DE UNA PTAP .....</b>	<b>12</b>
2.1 SENSOR DE PRESIÓN .....	12
2.1.1 TIPOS DE MEDIDORES DE PRESIÓN .....	13
2.2 MEDIDOR DE CAUDAL .....	14
2.3 VÁLVULAS .....	14
2.3.1 VÁLVULAS BOLA.....	15
2.3.2 VÁLVULAS DE COMPUERTA.....	16
2.3.3 VÁLVULAS GLOBO.....	16
2.4 BOMBAS .....	17
2.4.1 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO NO POSITIVO.....	17
2.4.2 MAQUINAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO .....	18
<b>3. CALCULO DE ELEMENTOS DE BOMBEO.....</b>	<b>19</b>
3.1 CONDUCCIÓN ENTRE EL DESARENADOR Y EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	19
3.2 CALCULO DE LA BOMBA .....	22
3.2.1 CALCULO DE LA ALTURA DINÁMICA DE ELEVACIÓN .....	22
3.2.2 SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	24
3.3 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE POTENCIA .....	27
3.3.1 ELECCIÓN DEL CONTACTOR ELECTROMECÁNICO.....	27
3.3.2 ELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO.....	28
<b>4. SIMULACIÓN DEL SISTEMA.....</b>	<b>29</b>

4.1	CODESYS .....	29
4.2	Servidor OPC .....	30
4.3	FACTORY I/O.....	31
4.4	UNIFICACIÓN ENTRE FACTORY I/O Y CODESYS .....	32
4.4.1	CONECTIVIDAD CODESYS Y FACTORY I/O .....	33
4.5	CREACIÓN DE LA ESCENA .....	39
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
5.1	Conclusiones .....	45
5.2	Recomendaciones.....	46
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>53</b>

## Lista de figuras

Figura 1-1 Bocatoma.....	3
Figura 1-2 Conducción forzada.....	5
Figura 1-3 Conducción por gravedad.....	6
Figura 1-4 Canal de derivación.....	7
Figura 1-5 vista lateral desarenador.....	8
Figura 2-1 Sensor de presión.....	13
Figura 2-2 Medidor de Caudal.....	14
Figura 2-3 Válvula tipo Bola.....	15
Figura 2-4 Válvula de compuerta.....	16
Figura 2-5 Válvula Tipo globo.....	17
Figura 2-6 Bomba centrífuga.....	18
Figura 3-1 Tramo: Desarenador y Tanque.....	20
Figura 3-2 Plano estructural básico.....	23
Figura 3-3 selección de referencia de bomba.....	25
Figura 4-1 CODESYS.....	30
Figura 4-2 Servidor OPC.....	31
Figura 4-3 Factory I/O.....	32
Figura 4-4 Control Win V3.....	33
Figura 4-5 Variables globales.....	34
Figura 4-6 Propiedades variables globales.....	35
Figura 4-7 Código entrada del desarenador.....	35
Figura 4-8 Código salida del desarenador.....	36
Figura 4-9 Código de Planta tratamiento.....	37
Figura 4-10 Tanque elevado.....	38
Figura 4-11 simulación tanque del desarenador.....	39
Figura 4-12 simulación del conductor.....	40
Figura 4-13 simulación PTAP.....	41
Figura 4-14 simulación tanque elevado.....	42
Figura 4-15 vista panorámica de la PTAP.....	43
Figura 4-16 variables Factory I/O.....	43

**Pág.**





# Introducción

Teniendo como referente a Colombia como un país con grandes recursos hídricos. Es un país con un gran déficit en cuanto al acceso del agua potable y saneamiento básico en las zonas rurales. Aunque ha tenido un crecimiento en abastecimiento de agua potable aún se encuentran zonas rurales que no cuentan con este tipo de servicio para consumo humano, que ayudaría a mejorar la salud de los colombianos.

El presente documento pretende dar a conocer el diseño de un controlador de una planta de tratamiento de agua potable dirigida a las comunidades rurales, que no cuentan con un servicio de agua potable en sus hogares.

Aun en estos tiempo de facilidades y sistemas controlados tan precisos, con el cambio de las filosofías de eficiencia y conservación de los recursos naturales ; siempre se busca que la humanidad “HOMBRE” como especie prospere y evolucione, algo que pasa de forma inmediata en las grandes ciudades y países denominados del primer mundo, pero es otra cosa en los países denominados del tercer mundo y se torna aún más difícil de cumplir en las zonas rurales de estos mismos, por eso obtener agua de buena calidad para consumo humano en estas zonas es difícil, presentando baja calidad de potabilidad y sus características STD “ESTÁNDAR”, para los casos que existen las PTAP, son de carácter manual y no se tiene la continuidad del personal que realiza la verificación y control del proceso, llegando siempre a un retroceso del proceso, control, seguimiento, toma de medidas de producción y de mantenimiento, perjudicando a los habitantes que se benefician del producto resultante de este tipo de PTAP.

El agua potable y el ambiente sano son esenciales para la vida humana [1], el agua es un indicador de calidad de vida ya que influye directamente en la salud, la diversidad biológica,

la ejecución de actividades socioeconómicas como lo son energía, producción de alimentos, entre otros, influyendo directamente en el desarrollo del ser humano.

La agenda de las Naciones Unidas describe con certeza “El suministro de agua potable y el saneamiento ambiental son vitales para la protección del medio ambiente, el mejoramiento de la salud y la mitigación de la pobreza. El agua potable también es fundamental para muchas actividades tradicionales y culturales. Se estima que el 80 % de todas las enfermedades y más de un tercio de los fallecimientos en los países en desarrollo se deben al consumo de agua contaminada y que, en promedio, hasta la décima parte del tiempo productivo de cada persona se pierde a causa de enfermedades relacionadas con el agua”. (ONU, 1992, p. 349) [1].

Con la información mencionada anterior mente se puede identificar la importancia de obtener el mejor sistema, al realizar la automatización del sistema de una PTAP Horizontal, se aumenta la calidad y eficiencia del proceso para obtener agua potable para consumo Humano, las zonas rurales suelen no disponer o contar con una PTAP conservadoras o rudimentaria, pero ineficientes ya sea por falla natural “no seguimiento continuo por parte del encargado o encargados”, discontinuidad temporal del personal de mantenimiento y seguimiento del proceso.

Debido a lo anterior, se identifica la necesidad de diseñar un control estándar para sistemas básicos de potabilización, logrando aumentar la eficiencia, calidad, seguimiento e interacción con el proceso de potabilización del recurso hídrico con el que se cuenta en las zonas rurales, todo esto con la versatilidad de implementación en cualquier infraestructura a consto razonable.

# 1. ELEMENTOS CONCEPTUALES DE UNA PTAP

## 1.1 BOCATOMA

Aunque no hace parte de una PTAP es una parte muy importante para el desarrollo y el buen funcionamiento del mismo.

Figura 1-1 Bocatoma



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-NC](#)

Una bocatoma no es más que una estructura hidráulica usada para captar un determinado caudal de agua, dentro de las cuales tenemos diferentes tipos dependiendo de la situación en las que pueden ser utilizadas.(Jiménez Jiménez & Sabogal Jiménez, 2017)

- Toma Lateral: la cual es usada en ríos de gran caudal y pendiente con un mínimo de variación de nivel en el periodo hidrológico, la captación se realiza en la orilla del río.
- Toma Sumergida: es utilizada en ríos de grandes extensiones y navegables, por lo cual debe ser instalada de modo que no obstruya la navegación.

- Captación flotante con elevación mecánica: este tipo de captación es usada en ríos que tienen fluctuaciones considerables de nivel de agua, por lo cual su estructura flotante se encuentra anclada al fondo.
- Captación móvil con elevación mecánica: su uso es primordial en ríos de gran caudal con fluctuaciones estacionales de nivel durante el periodo hidrológico, se proyecta con una plataforma móvil que descansa sobre rieles y maniobrada por poleas.
- Captación mixta: cuando la fuente tiene fluctuaciones grandes igual que su cauce, debe investigar el uso de una captación mixta que involucre la captación sumergida y lateral.
- Tomas de rejilla: el uso está determinado para zonas montañosas, cuando se cuente con un terreno rocoso con variaciones grandes de caudal, este radica en una estructura en diferentes formas, entro de la cual la más común es la forma rectangular, la cual por tubos perforados provista de una rejilla metálica para retener material de gran tamaño.
- Presa de derivación: este tipo es usado por economía en ríos angostos y que en épocas presenta niveles bajos de agua, por lo cual la presa debe garantizar el nivel del agua durante todos los periodos.
- Cámara de toma directa: es recomendable para pequeños ríos con nivel estable durante todo el periodo hidrológico.
- Muelle de toma: recomendable en ríos con grandes variaciones del nivel, y se aprovecha de obras ya existentes como mulles, puentes entre otros.(Jiménez Jiménez & Sabogal Jiménez, 2017)

## 1.2 ADUCCIÓN

Sistema construido para llevar el agua captada por la bocatoma hasta la caja de derivación y el desarenador, en la cual principalmente de desarrollan por medio de canales o tubería.

En el diseño de este tipo de aducción deben tener consideraciones como longitud, condiciones geológicas y geométricas de los suelos. Actividad sísmica en la zona de instalación, vegetación predominante entre otros.(Jiménez Jiménez & Sabogal Jiménez, 2017)

### 1.2.1 ADUCCIÓN A CANAL ABIERTO

se pueden distinguir dos tipos de conducciones, dependiendo de las alturas del punto de toma y la entrada a la planta.

- **Conducción forzada:** se usa cuando la toma de agua o bocatoma se encuentra más debajo de la entrada a la planta, por lo cual requiere de bombeo o grupos de bombeo dependiendo de la distancia, por lo cual los materiales requieren resistentes para soportar las presiones en dicho proceso.(López Cualla, 1995)

Figura 1-2 Conducción forzada



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-NC-ND](#)

- **Conducción por gravedad:** su aplicación está basada en el uso de la energía potencial que tiene el flujo al encontrarse la bocatoma más arriba de la entrada de la planta por lo cual usa su propia pendiente. (López Cualla, 1995)

Figura 1-3 Conducción por gravedad



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA-NC](#)

### 1.3 CAJA DE DERIVACIÓN

Sistema que se encarga de regular el caudal de la bocatoma y que va hacia el desarenador, su principal función es mantener el caudal de diseño de la PTAP.

se puede usar una compuerta de apertura gradual para el control y caudal, ya sea electrónica o manual. (Marín Ortiz, 2020)

Figura 1-4 Canal de derivación

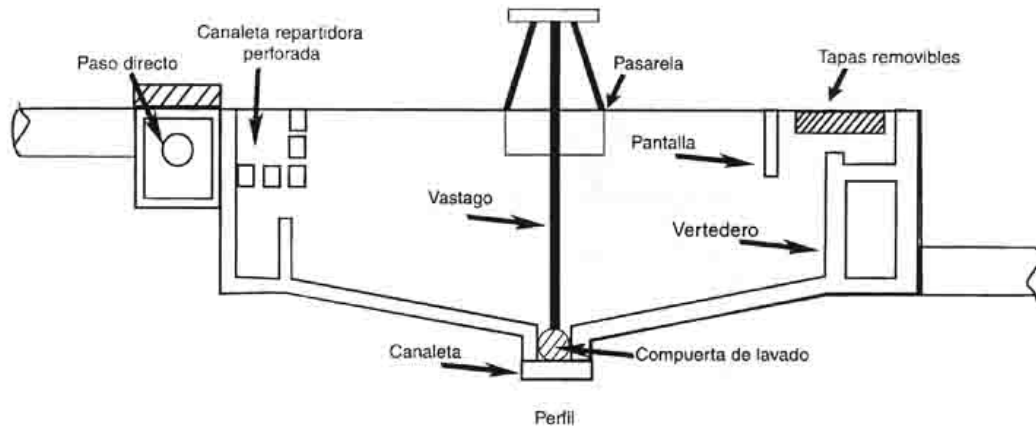


[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA](#)

## 1.4 DESARENADOR

Estructura hidráulica construida para eliminar las partículas que lleva el agua que se conduce a la PTAP, su objetivo principal es disminuir o separar el agua cruda de la arena, además de enviar el agua con partículas menores a 0,2 mm, sirve como protección a la abrasión en bombas, tuberías y evita sobrecargas en sistemas posteriores. (Marín Ortiz, 2020)

Figura 1-5 vista lateral desarenador



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA-NC](#)

Se encuentra dividido en cuatro zonas para el proceso:

- Zona de entrada: su función es homogenizar las líneas de flujo dentro del sistema, uniformando la velocidad del fluido.
- Zona de desarenación: estructura que por medio de la gravedad realiza el proceso de depósito de partículas.
- Zona de depósito y eliminación: depósito en forma de tolva construida con una pendiente mínima de 10% para el deslizamiento de las partículas. (Jiménez Jiménez & Sabogal Jiménez, 2017)

## 1.5 CÁMARA DE QUIEBRE

Sistema de eliminación de disipar la energía potencial del fluido, con el fin de evitar cavitación, flujo turbulento y flujos que afecten el proceso.

- Cámara de caída libre: usada en fluidos subcríticos o supercríticos, con alturas entre ductos entre 0.8m y 8m.



- Cámara tipo vórtice: Arreglo hidráulico en la cual integra un caudal por extremo superior del agua, y acelerado por la estructura helicoidal conectada al extremo inferior.
- Cámaras escalonadas: son estructuras en forma de escalones donde ocurre aireación y disipación de energía.
- Cámaras de gradas alternantes: estructuras de disipación de energía, con una combinación de escalones con caída libre y ductos para mantenimiento. (Jiménez Jiménez & Sabogal Jiménez, 2017)(López Cualla, 1995)

## **1.6 PROCESOS PRINCIPALES EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

En el tratamiento del agua potable se emplean diferentes procesos; la complicación del proceso depende de los rasgos del agua cruda en la zona, entre los cuales se describen los principales procesos:

### **1.6.1 CRIBADO**

Proceso donde se elimina los sólidos de mayor tamaño a través de rejillas en la que los materiales quedan retenidos.(Marín Ortiz, 2020)

### **1.6.2 COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN**

Consiste en el aditamento de coagulantes para estabilizar las partículas coloidales para que sean removidas, el cual depende de la concentración del coagulante y del PH de la mezcla. Y la floculación se encarga de aglomerar las partículas que se encuentran desestabilizadas que interactúan entre si formando floc.

Además, ayuda a disminuir la turbiedad, color, bacterias, virus y organismos patógenos entre otros.

Los coagulantes deben realizar el proceso por lo cual deben tener un tiempo suficiente para ser disueltos, los químicos más usados son el sulfato de aluminio, cloruro férrico y sulfato férrico, además de polímeros. (Jiménez Jiménez & Sabogal Jiménez, 2017)

### 1.6.3 SEDIMENTACIÓN

Proceso por el cual las partículas en suspensión presentes en el agua son separadas, por el efecto de la gravedad. Por lo cual es un tratamiento inicial para disminuir los sólidos antes de la coagulación.

“Esto se consigue dejando sedimentar el agua, filtrándola o ambos procesos de manera consecutiva, por esta razón ambos procesos se consideran complementarios.”

Factores que contribuyen en la sedimentación están la calidad del agua, condiciones hidráulicas y procesos anteriores a la sedimentación. (López Cualla, 1995)

### 1.6.4 FILTRACIÓN

Es una estructura donde se separa las partículas pequeñas y microorganismos como bacterias, virus entre otros a través de un medio absorbente. Es la fase que se encarga de hacer cumplir los estándares de calidad del agua potable. Por lo cual los filtros deben tener una eficiencia de eliminación por encima del 99%.

Las unidades de filtración se clasifican según los parámetros.

- Lecho filtrante: Simple echo de arena y antracita con lechos dobles o múltiples.
- Sentido del flujo: descendente, ascendentes o combinación de los dos.
- Forma de aplicar la carga del agua sobre el lecho: A gravedad y a presión.
- Forma de control operacional: Tasa constante y nivel variable o nivel constante, y tasa declinante.
- Características de la suspensión: tipo, tamaño, densidad, dureza o resistencia de las partículas suspendidas.
- Características del medio filtrante: tipo, granulometría, peso del material y espesor de la capa filtrante.
- Características hidráulicas: tasa de filtración, carga hidráulica útil para la filtración, método de control de los filtros y calidad del efluente.(Jiménez Jiménez & Sabogal Jiménez, 2017)(Chulluncuy-Camacho, 2011)

### 1.6.5 DESINFECCIÓN

Consiste en la eliminación de organismos potencialmente infecciosos. Dentro de los factores que influyen en la desinfección son:

- Los microorganismos concurrentes.
- La naturaleza y concentración del desinfectante.
- La temperatura del agua.
- La naturaleza y calidad del agua.
- El PH del agua.
- El tiempo de contacto.

La desinfección se determina por el porcentaje de organismos muertos en un tiempo determinado, la temperatura y el PH.

Los agentes desinfectante más importantes tenemos el cloro, bromo, el yodo, ozono y permanganato de potasio, agua oxigenada y iones metálicos; encontrados en diferentes formas como gases, líquidos o de sal. Son de manejo sencillos. (Chulluncuy-Camacho, 2011)

## **2. COMPONENTES ELECTROMECA'NICOS DE UNA PTAP**

Teniendo en cuenta que la PTAP es para zonas rurales, se piensa en una planta peque'na y econ'omica con un proceso de automatizaci'on, por lo cual la planta de tratamiento de agua potable es de flujo confinado a presi'on, la cual tiene unos procesos entre los cuales se encuentra la separaci'on de s'olidos, adici'on de qu'ímicos, mezcla, floculaci'on, sedimentaci'on filtraci'on y cloraci'on.

para estos procesos y la automatizaci'on de ellos se requieren de los siguientes elementos electromec'anicos:

### **2.1 SENSOR DE PRESI'ON**

para introducirnos a los sensores de presi'on, primero debemos tener claro los tipos de presi'on que podemos medir.

Figura 2-1 Sensor de presión



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA-NC](#)

- Presión absoluta: Presión medida o tomada con respecto al vacío.
- Presión Manométrica: Presión medida respecto a la presión atmosférica.
- Presión diferencial: describe la diferencia entre dos presiones absolutas en dos diferentes puntos en un fluido.
- Presión hidrostática: Presión creada por una altura de un líquido por encima de un punto de referencia. (Morris, 2001)

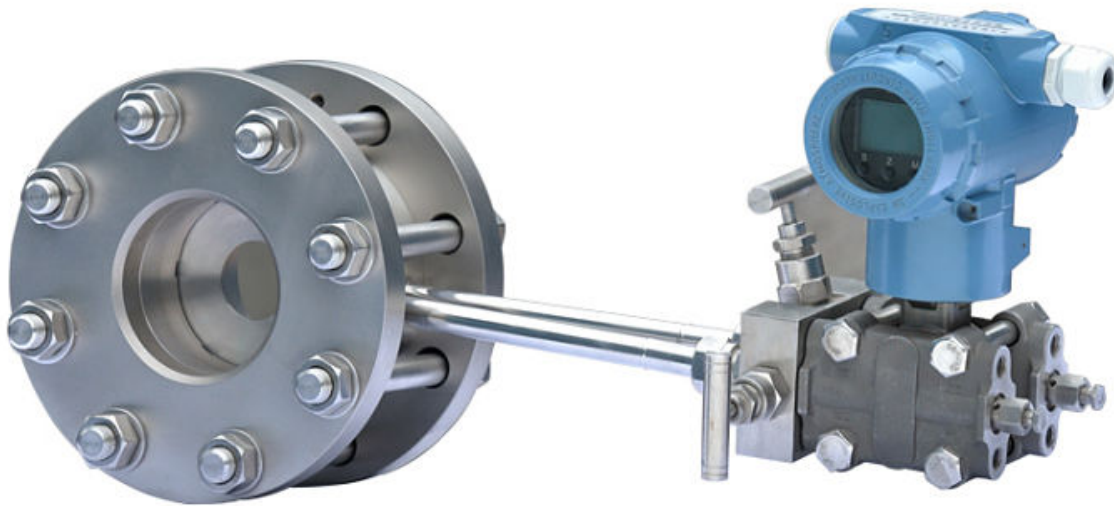
### 2.1.1 TIPOS DE MEDIDORES DE PRESIÓN

- **Mecánicos:** dentro de los cuales se encuentra el barómetro, manómetro de tubo en U, manómetros de tubo inclinado, tubo de Bourdon, diafragma.
- **Electromecánicos:** Resistivos, magnéticos, Capacitivos, Extensiométricos, Piezoeléctricos.
- **Electrónicos:** Mecánicos, Medidor MCLeod, Térmicos, Ionización. (Morris, 2001)

## 2.2 MEDIDOR DE CAUDAL

La tasa a la que fluye un líquido a través de una tubería se puede cuantificar midiendo el flujo masico o el caudal volumétrico. En el mercado existen diferentes sistemas de medición de caudal, dependiendo de los líquidos y de los caudales y de pueden dividir en:

Figura 2-2 Medidor de Caudal



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

- **Electromecánicos:** por pistones, tomando el volumen de cada pistón, turbulencias el cual hace girar un cilindro magnético que conmuta y cuenta los pulsos, por turbina contando las vueltas de la misma y por vibraciones la cual al paso del fluido vibra y mide la frecuencia.
- **Magnéticos:** Aplicando un campo magnético perpendicular al caudal.
- **Ultrasonidos:** Con el uso de un trasmisor y un receptor que se comunican al paso del flujo.
- **Semiconductores:** Por diferencia de presión entre dos puntos, separados con una restricción en el tubo de separación. (Morris, 2001)

## 2.3 VÁLVULAS

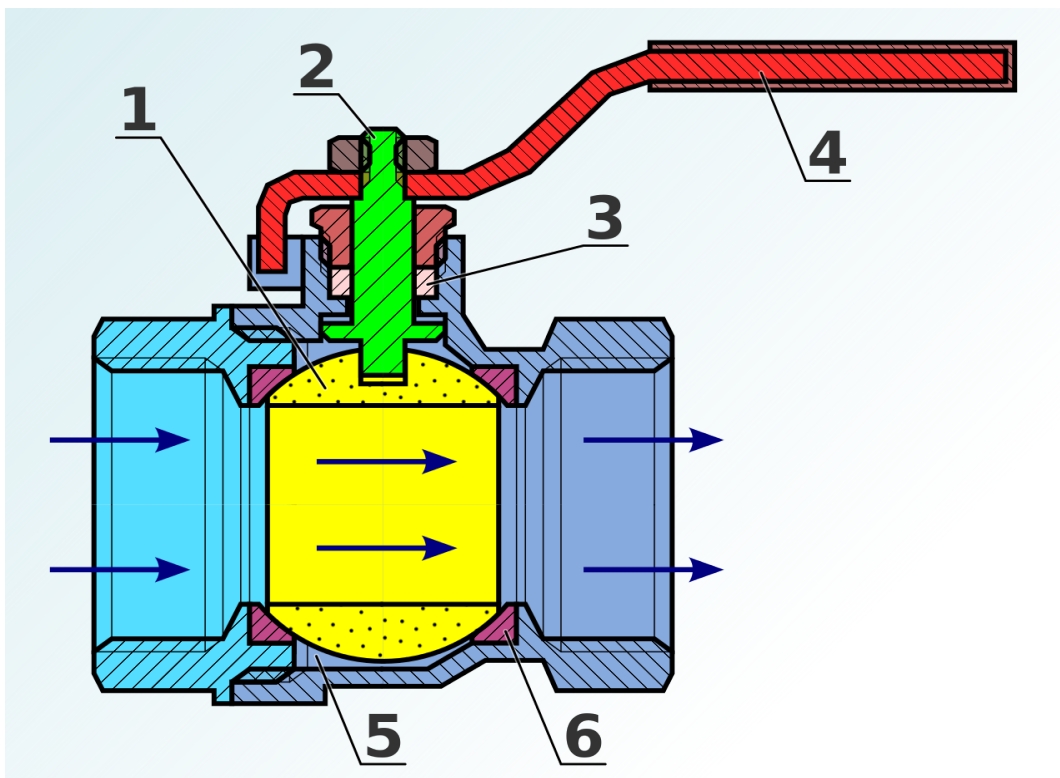
Las válvulas las podemos encontrar en todos los procesos donde se esté usando un fluido para ser tratado o transportado, por lo cual lo encontramos en diferentes tamaños, presiones y materiales desentendiendo del uso que se tenga proyectado.

Por lo cual podemos definir que es dispositivo mecánico o electromecánico que se usa para detener o regular el paso de líquidos o gases por medio de un sistema cerrado. (Tuvalrep S.A, 2021)

### 2.3.1 VÁLVULAS BOLA

Por su estructura o forma la cual es una bola o esfera, se usa en baja presión y diseños sencillos, su uso es de regulación y control de flujo, muy usada por su sencillez y tamaño, se caracterizan por Alta capacidad, corte bidireccional, circulación en línea recta, fácil mantenimiento y cierre hermético con baja presión.(Tuvalrep S.A, 2021)

Figura 2-3 Válvula tipo Bola

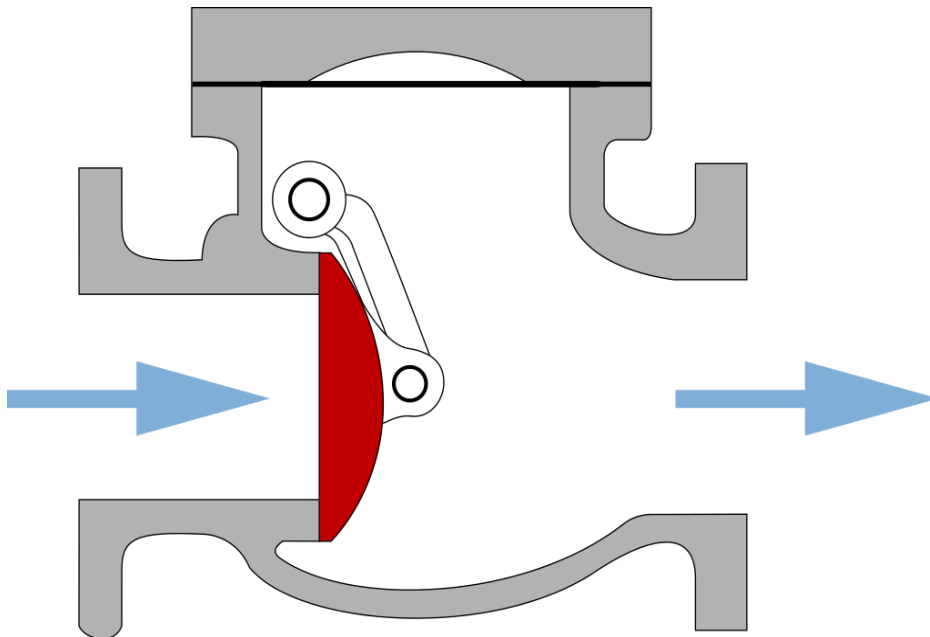


[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA](#)

### 2.3.2 VÁLVULAS DE COMPUERTA

Su construcción se basa en una compuerta que se activa por un vástago para abrir o cerrar y realizar control de flujo que pasa por la válvula. Se caracterizan por su alta capacidad, cierre hermético y diseño y funcionamiento sencillo.(Tuvalrep S.A, 2021)

Figura 2-4 Válvula de compuerta



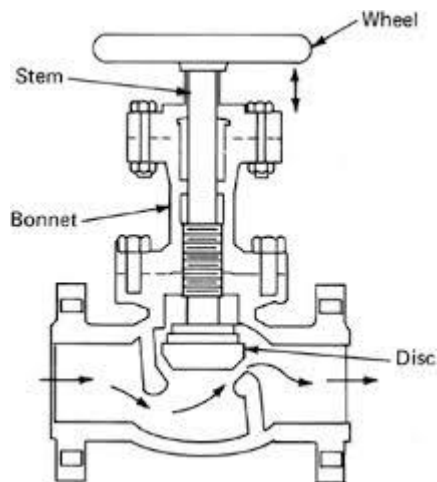
[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA](#)

### 2.3.3 VÁLVULAS GLOBO

Las válvulas globo, usa un obturador de disco, sobre la trayectoria del flujo para abrir cerrar y controlar el flujo y ofrece gran resistencia a la circulación, se caracterizan por su cierre hermético, fácil mantenimiento y actuación rápida.(Tuvalrep S.A, 2021)



Figura 2-5 Válvula Tipo globo



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA-NC](#)

## 2.4 BOMBAS

Es un componente principal de un sistema hidráulico, ya que convierte la energía mecánica en energía cinética en el fluido, en la cual la energía mecánica es generada por un motor que puede ser eléctrico o de combustión interna, la bomba genera un vacío en la succión provocando que la presión atmosférica empuje el fluido por la tubería succión. (Guevara Castillo et al., 2016)

Se clasifican comúnmente en dos grandes grupos:

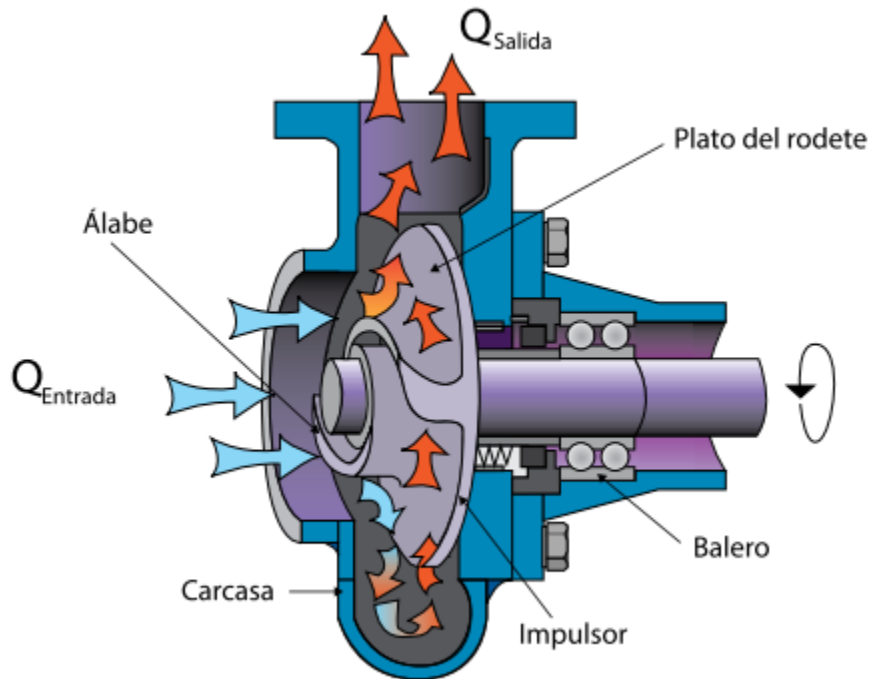
### 2.4.1 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO NO POSITIVO

Las bombas de desplazamiento no positivo se caracterizan por que cortan el flujo, por lo cual trabajan a baja presión entre 150 a 310 psi y sus aplicaciones están dadas para grandes volúmenes y flujos. Y se clasifican en centrífugas, axiales flujo mixto y rotor propulsor.

- **Bomba centrífuga:** también llamadas rotodinámicas ya que su movimiento es siempre rotativo. El fluido entra al impulsor, provocando fuerzas centrífugas que mueven e fluido

radialmente hacia afuera causando el desplazamiento del mismo hacia el puerto de descarga. (Guevara Castillo et al., 2016)

Figura 2-6 Bomba centrífuga



Tomado de (Guevara Castillo et al., 2016)

## 2.4.2 MAQUINAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Son bombas que arrojan una cantidad fija o variable del fluido, además no permite el retorno del mismo, por lo cual son capaces de sostener o aumentar la presión en la línea, de aquí al tratar de comprimir el fluido y el fluido es incompresible, sufre un desplazamiento, por este motivo este tipo de bombas requieren de una válvula de alivio para proteger la bomba de altas presiones. (Guevara Castillo et al., 2016)

### 3. CALCULO DE ELEMENTOS DE BOMBEO

El diseño de la PTAP comienza con el ingreso de un caudal de agua ya con un mínimo de sólidos, por lo cual no se plantea el diseño del cálculo de la bocatoma y el desarenador.

#### 3.1 CONDUCCIÓN ENTRE EL DESARENADOR Y EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para el cálculo de la conducción se tuvo en cuenta una conducción libre en el cual la línea de agua coincide con la línea piezométrica. Por ello se trabaja como una tubería con flujo lleno, con la ventaja de que tiene pocos problemas en la parte hidráulica.

Tomando la ecuación de Hazen- Williams para calculo hidráulico de tuberías.(López Cualla, 1995)

$$Q = 0.2785CD^{2.63}J^{0.54}$$

Donde:

Q = Caudal ( $m^3/s$ )

D = Diámetro interno de la tubería (m)

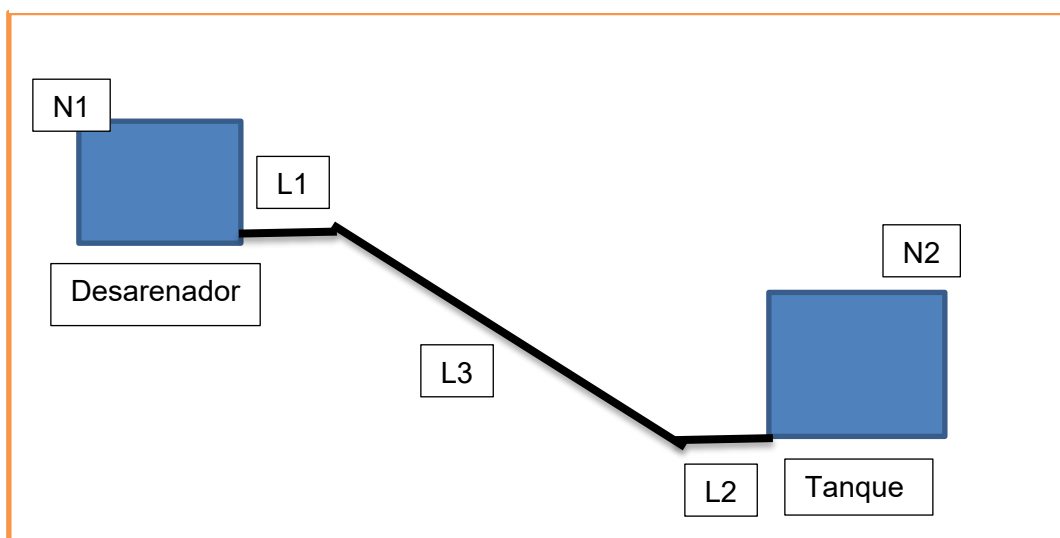
J = perdidas de carga unitaria (m/m de conducción)

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

Tomando tubería de PVC tenemos por tablas que el coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams es 150, y tomando unas diferencias de altura en los tanques no inferior a 2 m y distancia de la toma a la curva de 0.5 m tendremos que.

$$J = \frac{N1 - N2}{L1 + L2 + L3}$$

Figura 3-1 Tramo: Desarenador y Tanque



Fuente: el autor

Con una altura entre el tanque y el desarenador de 2m y un desplazamiento de 4m encontramos las pérdidas de carga unitaria.

$$J = \frac{2m}{0.5m + \sqrt{2m^2 + 4m^2} + 0.5m} = 0.36 \text{ m/m}$$

Con los siguientes datos tendremos el caudal máximo de entrada al sistema, tomando un tubo de 2" de PVC y RDE de 21 el cual tiene una presión máxima de servicio de 14.06 kg/cm<sup>2</sup>.

$$Q = 0.2785(150)(0.0508)^{2.63}(0.36)^{0.54} = 0.0095 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 9.5 \text{ L/s}$$

Con el cual tengo un caudal de entrada de 9.5 L/s el cual es suficiente para una pequeña población ya que con un diseño básico se toma que el consumo por habitante está en promedio en 0.2 L/s por habitante por lo cual esta planta abastece. (López Cualla, 1995)

$$\text{Total Ha} = \frac{9.5 \text{ L/s}}{\frac{0.1 \text{ L}}{\text{s}} \text{ ha}} = 95 \text{ personas}$$

Para el volumen del tanque se debe tener en cuenta que el 40% del consumo medio diario el cual para el proyecto teniendo en cuenta 95 habitantes y un caudal de 9.5 L/s por lo cual el promedio diario sería 17100 L/día, por lo cual el direccionamiento del tanque resulta de:

$$V_{\text{tanque}} = \text{Consumo diario} * 40\% = \frac{17100 \text{ L}}{\text{dia}} * 0.4 = 6840 \text{ L} = 7000 \text{ L}$$

Con el volumen y la elección de un tanque de forma cilíndrica, por lo cual tomando un diámetro de 4m y teniendo el volumen necesario podemos calcular la altura del tanque.

$$V = \frac{\pi D}{4} h$$

D = diámetro del tanque (m)

V = volumen del tanque en (m<sup>3</sup>)

h = Altura del tanque (m)

despejando h tenemos la altura del tanque

$$h = \frac{4V}{\pi D} = \frac{4(7\text{m}^3)}{(4\text{m})\pi} = 2.5 \text{ m}$$

se requiere un tanque de 2 m de diámetro y 4.5m de altura para almacenamiento.

## 3.2 CALCULO DE LA BOMBA

Teniendo en cuenta un tanque elevado de almacenamiento para el cual se planteó el siguiente diseño.

Con un caudal de 9.5 L/s , y una altura a nivel del mar promedio para el departamento del meta de 460 m, y tomando una temperatura del agua promedio de 20° C, y teniendo la misma tubería que se calculó para el conductor entre el desarenador y la PTAP, el cual es PVC con un C = 150.

Con estos datos podemos calcular la tubería de impulsión empezando con la ecuación de Bresse:

$$D_i = K\sqrt{Q} = 1.2\sqrt{0.0095} = 0.1169m = 4,59 \text{ in}$$

Con esto tomamos una tubería de impulsión de 4 in = 0.1016m.

Por lo tanto, la velocidad en la tubería.

$$V_i = \frac{Q}{A} = \frac{0.0095 \times 4}{\pi(0.1016m)} = 1.17 \text{ m/s}$$

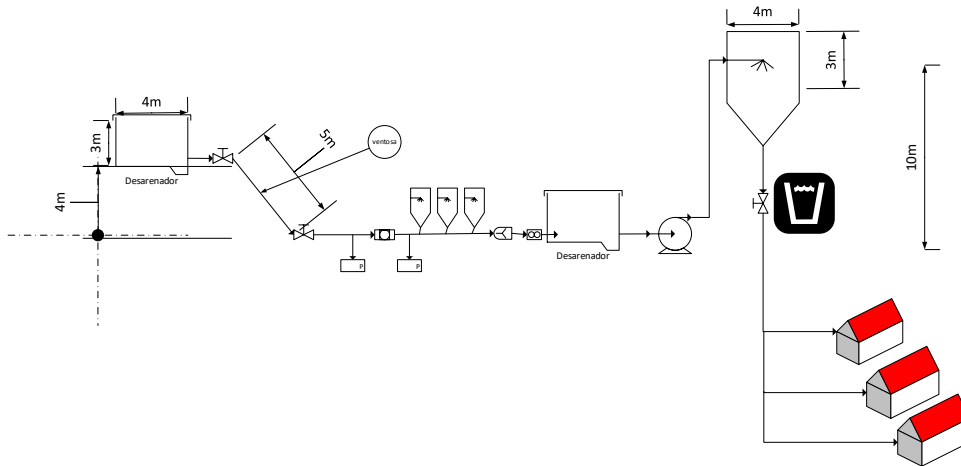
La tubería de succión se debe tomar con un diámetro superior al del impulsor por lo cual se tomó una tubería de 5 in (0.127m). la velocidad con este escenario será:

$$V_s = \frac{Q}{A} = \frac{0.0095 \times 4}{\pi(0.127m)^2} = 0,74 \text{ m/s}$$

### 3.2.1 CALCULO DE LA ALTURA DINÁMICA DE ELEVACIÓN

Para este cálculo de debe tener los siguientes datos.

Figura 3-2 Plano estructural básico



Fuente: el autor

- Altura estática total (succión + impulsión)
 

Altura estática de succión	= 1m
Altura estática de impulsión	= 12.5 m
Altura estática total	= 13.5 m
- Pérdidas de succión (5 in = 0,127 m)
 

Válvula de compuerta	= 0.9 m
Codo de radio largo a 90°	= 2.7 m
Reducción excéntrica	= 1.2 m
Entrada	= 2.0 m
Longitud de tubería recta	= 1m
Longitud equivalente total	= 8 m

Utilizando la ecuación de Hazen- Williams podemos encontrar las pérdidas de carga unitaria en la bomba son:

$$J = \left( \frac{0.0095}{0.2785CD^{2.63}} \right)^{50/27} = 0,0041 \text{ m/m}$$

$$\text{pérdidas en la succión} = 0.0041 \frac{\text{m}}{\text{m}} \times 8 = 0,033 \text{ m}$$

- Pérdidas en la impulsión (4 in 0.1016 m)

Expansión concreta	= 1.82 m
Válvula de retención	= 0.9 m
Codo de radio largo 90° 2 codos	= 5,4 m
Tubería = 13.5 + 2	= 15.3 m
Longitud equivalente total	= 23,42 m

Las pérdidas unitarias en la impulsión

$$J = \left( \frac{0.0095}{0.2785CD^{2.63}} \right)^{50/27} = 0.012 \text{ m/m}$$

$$\text{pérdidas en impulsión} = \frac{0.012m}{m} * 23.42m = 0.28m$$

Continuando con el proceso se calcula la altura de velocidad en la descarga

$$\frac{V_d}{2g} = \frac{(1.17)^2}{2g} = 0,07 \text{ m}$$

La altura dinámica total de elevación es:

$$\text{Altura dinámica total de elevación} = 13.5m + 0.033m + 0.28m + 0.07m = 13,88 \text{ m}$$

### 3.2.2 SELECCIÓN DE LA BOMBA

Con estos valores se puede seleccionar la bomba a usar en el proceso, a modo de ejemplo si se toma los siguientes datos para la selección de una bomba de la marca INOXPA.

Caudal: 9.5 L/s = 150 US gpm

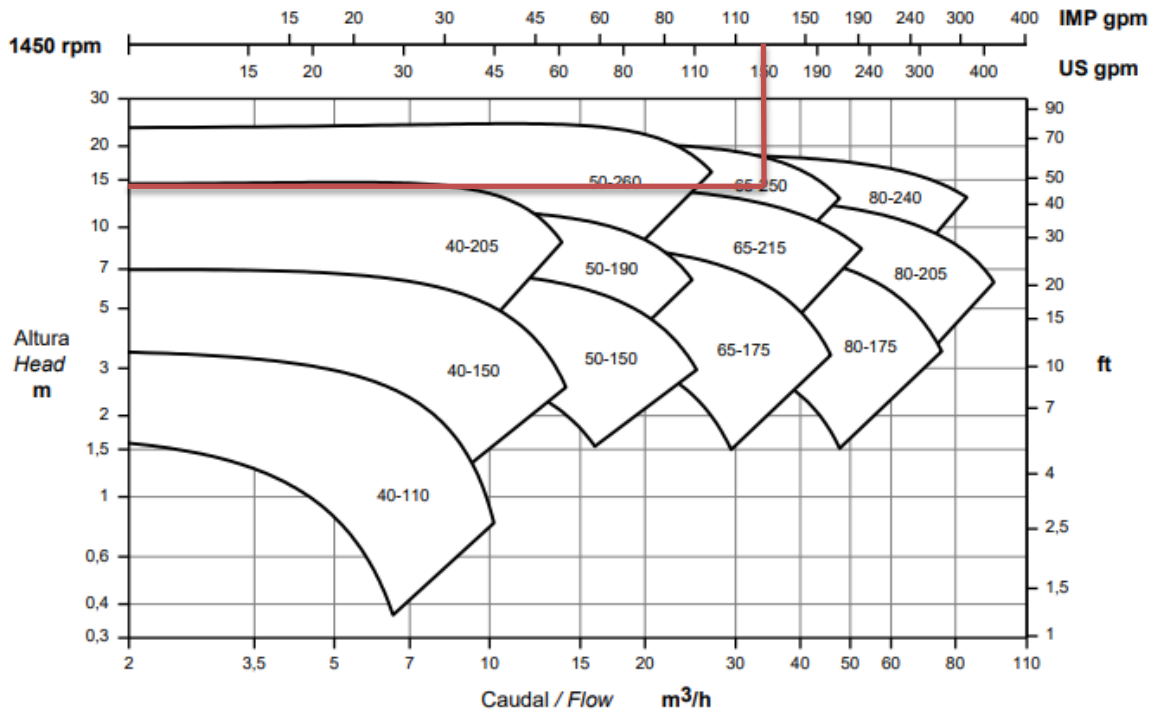
Motor de 1450 rpm

Altura dinámica de elevación = 13.88 m

Teniendo en cuenta la curva características de las bombas centrifugas higiénica prolac HCP, se toma alguna de las referencias según la gráfica.

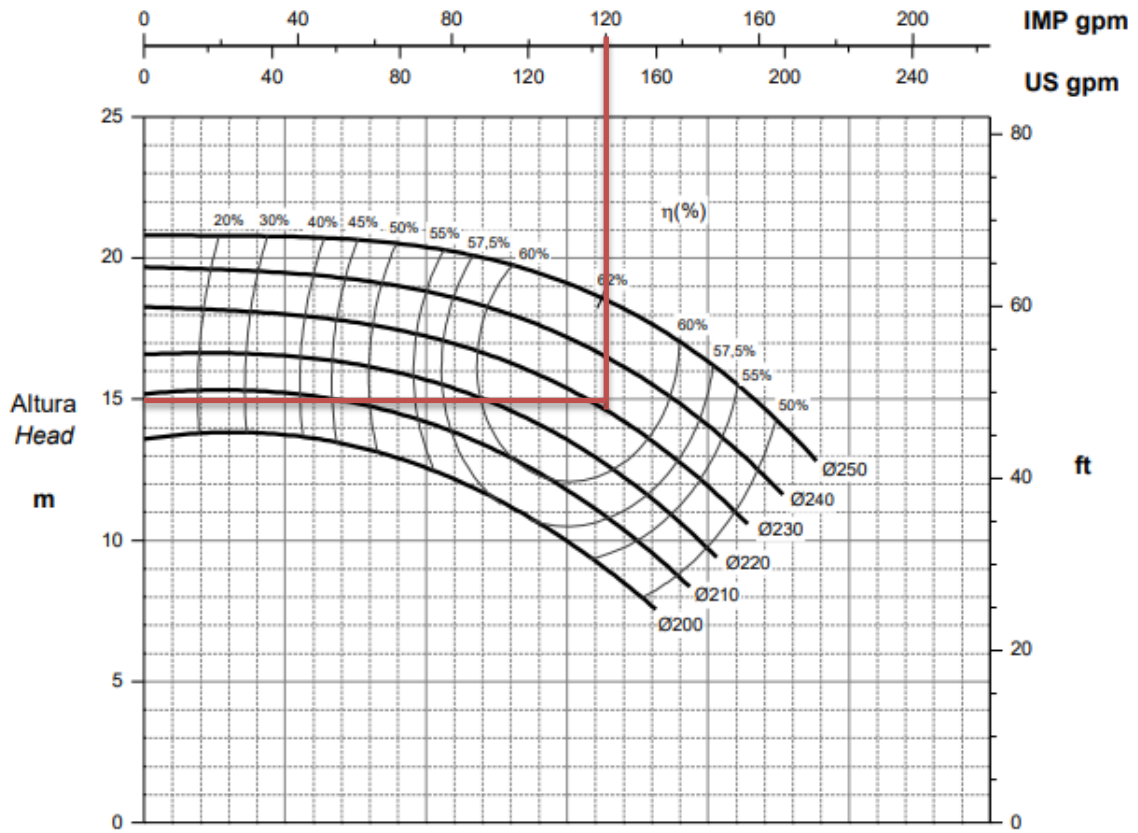


Figura 3-3 selección de referencia de bomba



Fuente: tomado de (Griswold Dover Pump Company, 2009)

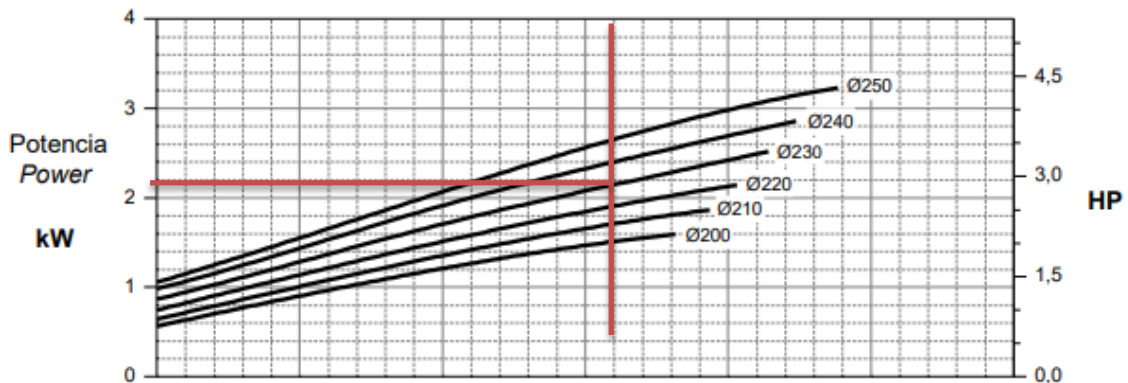
según el grafico seria una 65-250 la referencia, este dato vamos al grafico de la eficiencia de la bomba como se muestra en el gráfico.



Fuente: tomado de (Griswold Dover Pump Company, 2009)

Por lo cual se requiere una bomba con una eficiencia del 62%

Y con la información se puede determinar en el grafico la potencia requerida del motor.



Fuente: tomado de (Griswold Dover Pump Company, 2009)

Pro lo cual se puede definir que se requiere una bomba con 2.2 KW que en Hp equivale a una bomba de 3 HP, con una eficiencia de 62%.

### 3.3 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE POTENCIA

#### 3.3.1 ELECCIÓN DEL CONTACTOR ELECTROMECAÁNICO

Se determina la corriente nominal para el motor de 3HP calculado el cual da para un motor trifásico con un factor de potencia de 0.35.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\theta} = \frac{2200w}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0.35} = 15,77 \text{ A}$$

con una categoría de servicio AC4 según la tabla.

Categoría de servicio	Carga	Aplicaciones
AC1	Cargas puramente resistivas	Hornos de resistencias, calefacciones ...
AC2	Motores asincronos de anillos con inversión en marcha	Centrifugadores, hormigoneras ...
AC3	Motores asincronos de jaula de ardilla	Ventiladores, compresores ...
AC4	Motores asincronos con inversión en marcha y marcha a intermitencias	Máquinas elevadoras ...

Fuente: tomado de (Keifer & Effenberger, 1967)

Con esta información y la tabla siguiente encontramos la corriente cortada  $I_c$ .

Categoría de servicio	$I_c / I_n$ (A)	Cos. $\varphi$
AC1	1	0,95
AC2	2,5	0,65
AC3	6	0,35
AC4	6	0,35

Fuente: tomada de (Keifer & Effenberger, 1967)

Con la corriente nominal y la tabla anterior se puede determinar la corriente del contactor de la siguiente forma.

$$I_c = I_n * 6 = 15,7 * 6 = 109,2 A$$

Por lo cual se toma un contactor de 110 A.

### **3.3.2 ELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO**

El proceso comienza con la elección de la clase de disparo que para el proceso puede ser un disparo rápido lo cual se encuentra entre los 2- 10 s .

Seguido con la corriente nominal del motor se toma un térmico de 20 A. (Keifer & Effenberger, 1967)

## 4. SIMULACIÓN DEL SISTEMA

El software para el desarrollo de la programación del Controlador lógico programable (PLC) a usar en el proyecto se encuentra bajo licencia libre con la limitación de uso de 120 minutos de uso, por lo cual se tomó este programa como la base del proyecto.

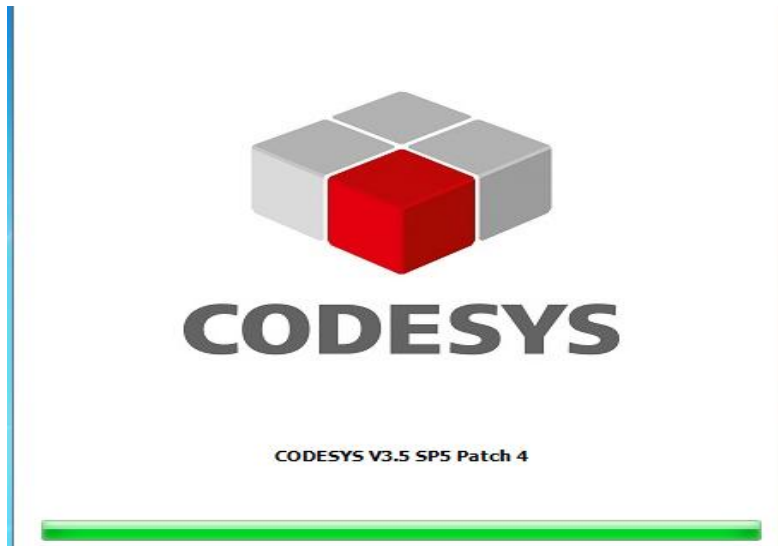
### 4.1 CODESYS

Este software se encuentra bajo la norma IEC 61131-3, el cual se refiere a los diferentes lenguajes para programación de PLC, además de las opciones de visualización en el uso de las HMI, entornos de comunicación.

Los lenguajes de programación que menciona la norma son:

- IL: lista de instrucciones (Instruction List)
- ST: Texto estructurado (Structured Text).
- SFC: diagrama secuencial de bloques (Sequential Function chart)
- FBD: diagrama de bloques (Function Block Diagram)
- LD: Diagrama escalera (Ladder)

Figura 4-1 CODESYS



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA](#)

Actualmente el software se encuentra basado en la norma IEC 61131-3 y además nos permite simular los códigos y la programación de diferentes referencias de PLC industriales por lo cual es bastante usado en la enseñanza de la Automatización. (CODESYS, 2020)

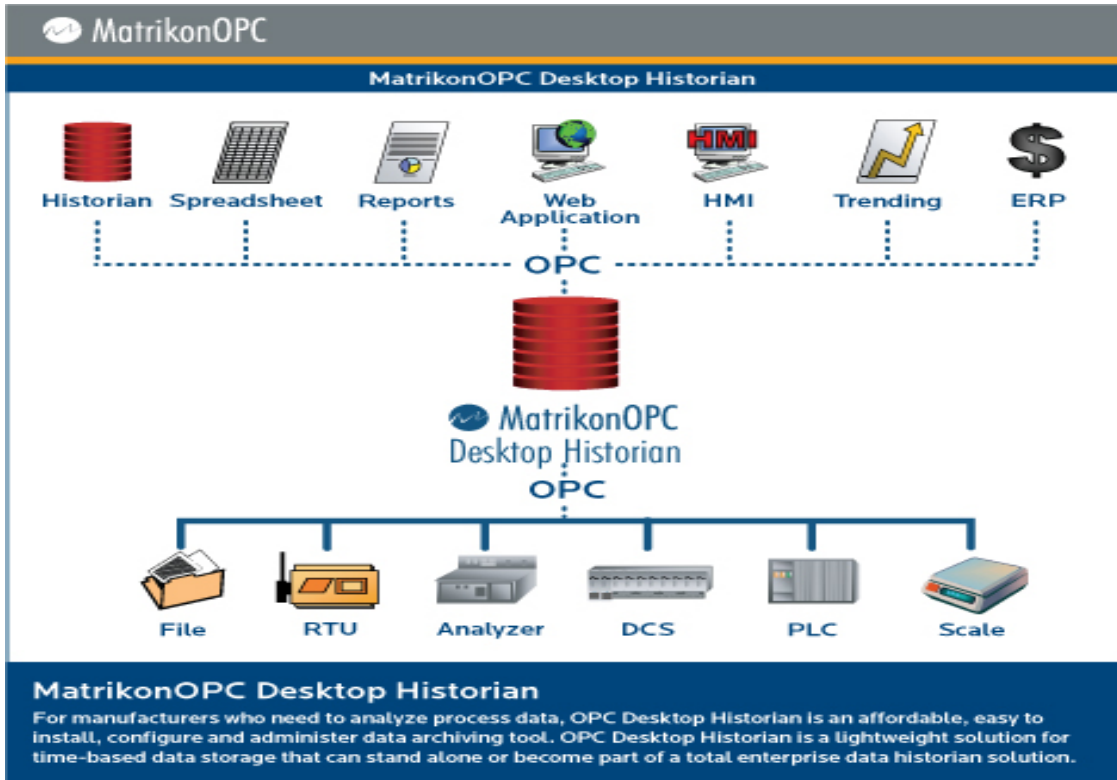
## 4.2 Servidor OPC

Bajo esta aplicación se realiza una interface de comunicación por fuentes de datos nativos como la de los PLC y el extremo que son los Clientes OPC que usualmente son SCADAs, HMIs, Aplicaciones entre otros, de los cuales existen cuatro tipos de servidores OPC definidos.

- Servidor OPC DA: Basado en datos de acceso diseñado para el envío de datos en tiempo real.
- Servidor OPC HDA: Fundado en el acceso a datos históricos del cliente HDA.

- Servidor OPC A&E: Fundamentalmente para especificaciones de Alarma y Eventos desde un equipo hacia el cliente OPC A&E.
- Servidor OPC-UA: Establecido como una arquitectura unificada, accede a los servidores OPC trabajar con cualquier tipo de datos.

Figura 4-2 Servidor OPC



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA](#)

El servidor OPC de CODESYS es una interfase de acceso a los datos de proceso IEC 61131-3 del PLC por medio de una plataforma de comunicación, para el intercambio de información. Además, tiene algunas particularidades como inicio automático, disparador de eventos, soporte multi-cliente y multi PLC, entre otras.

### 4.3 FACTORY I/O

Factory I/O es una plataforma de simulación 3D en la cual se puede realizar diseño de plantas de fábricas, diseñada para el aprendizaje de la automatización. Cuenta con una interface amigable con

escenas industriales prediseñadas y un repertorio de elementos industriales para el diseño de su propia escena.(Games, 2021).

Dispone de una biblioteca con elementos industriales como, cintas transportadoras, ascensores, tanques, estructuras entre otras.

Figura 4-3 Factory I/O



Fuente: [www.factoryio.com](http://www.factoryio.com)

El intercambio de datos entre el PLC o software CODESYS y Factory I/O a través de un OPC UA hacen una conectividad en tiempo real, y una integración fácil aumentando el uso en la enseñanza.(Games, 2021)

## 4.4 UNIFICACIÓN ENTRE FACTORY I/O Y CODESYS

La unificación Entre Factory I/O y CODESYS se realiza a través de un OPC DA con comunicación bidireccional de cualquier tipo de datos entre los dos programas.

Para la interconexión se contó con el software CODESYS versión 3.5 SP10 que incluye el OPC de conexión, y el software Factory I/O se realizó con la versión gratuita por 30 días.

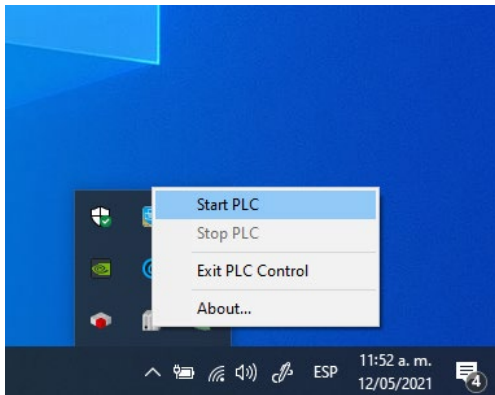


## 4.4.1 CONECTIVIDAD CODESYS Y FACTORY I/O

### 4.4.1..1 Configuración de CODESYS

El procedimiento de configuración inicia con la aplicación control win V3 de CODESYS el cual realiza la simulación de un PLC físico, por lo cual en la barra de tareas de Windows se debe activar la aplicación en modo run.

Figura 4-4 Control Win V3

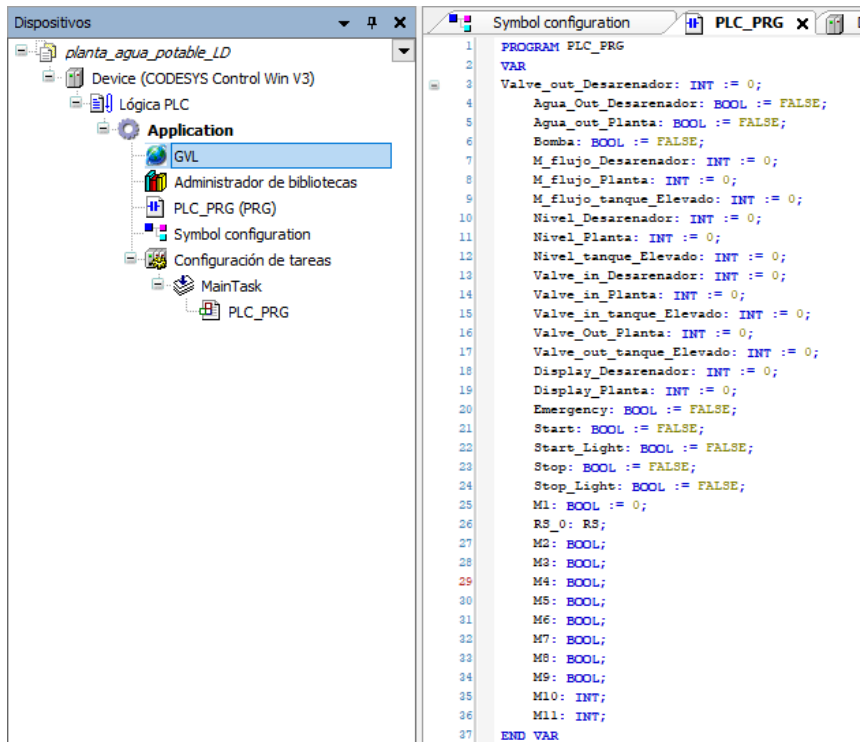


Fuente: El autor

Seguido se realiza el proyecto de programación en el software codesys para el cual se seleccionó un proyecto estándar, se determina un dispositivo y el lenguaje de programación, por lo cual la selección del dispositivo no tiene injerencia en el proyecto ya que es una simulación y no requiere de la selección de un PLC, para el lenguaje de programación, se tomó Ladder o LD diagrama de contactos debido a su fácil manejo y la posibilidad de ser implementado fácilmente en otros PLC o software de programación.

En el cual se cuenta con la siguiente programación realizada del proyecto, en el cual se genera una lista de variables globales, ya que deben ser poder modificadas o leídas en tolo el programa, además se recomienda usar nombres de variables iguales o similares a las de Factory I/O, estas variables no pueden contener espacios ni caracteres especiales.

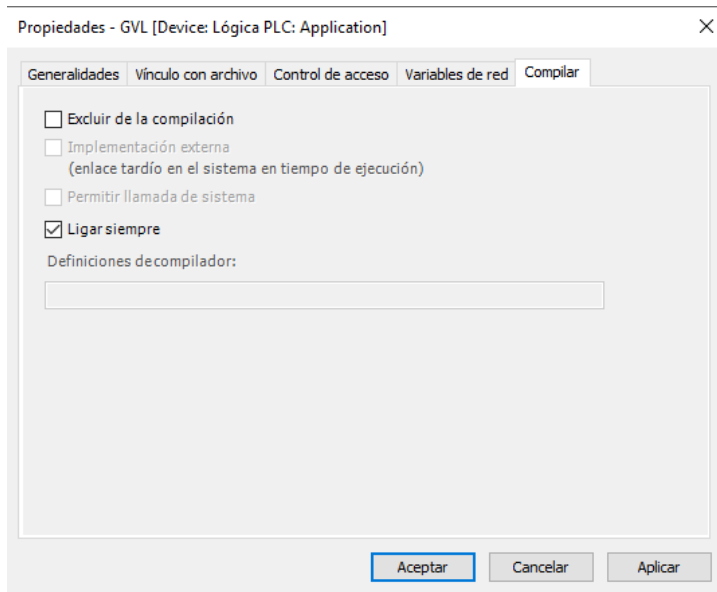
Figura 4-5 Variables globales



Fuente: El autor

Además de crear las variables, se debe estipular en las propiedades de las variables que sean ligadas al programa todo el tiempo, esto nos permite que puedan ser usadas en la red que se crean entre los programas como se muestra.

Figura 4-6 Propiedades variables globales

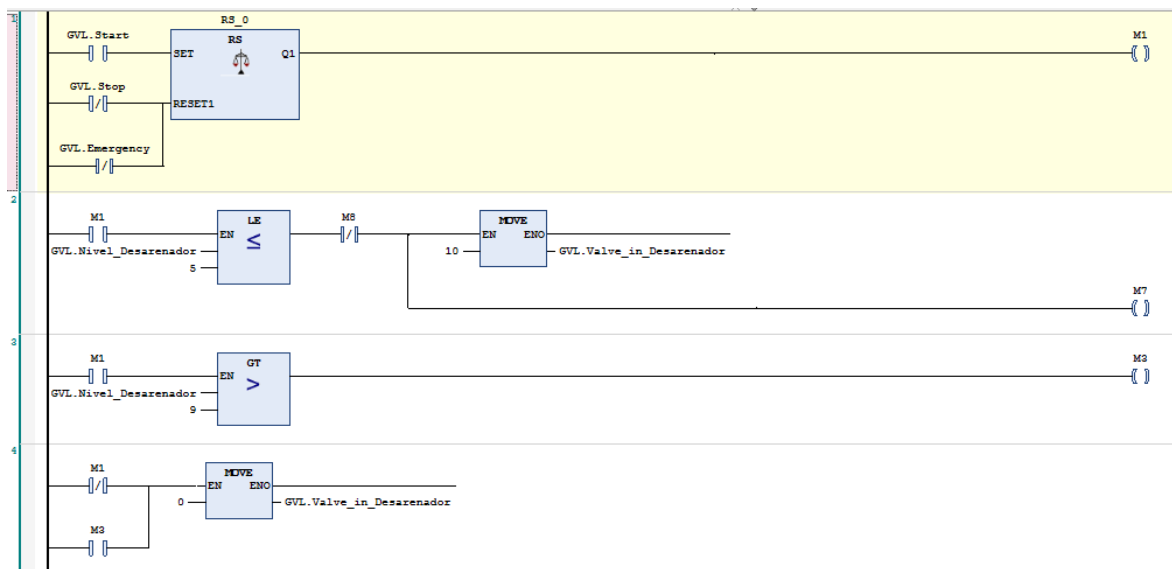


Fuente: el autor

Se desarrollo el proyecto como se mencionó usando Ladder como lenguaje, y se escribió en el archivo PLC\_PRG, según el proyecto que se automatiza.

El cual se divide en partes y se realiza su debida descripción del proceso que realiza cada una dentro de la automatización.

Figura 4-7 Código entrada del desarenador

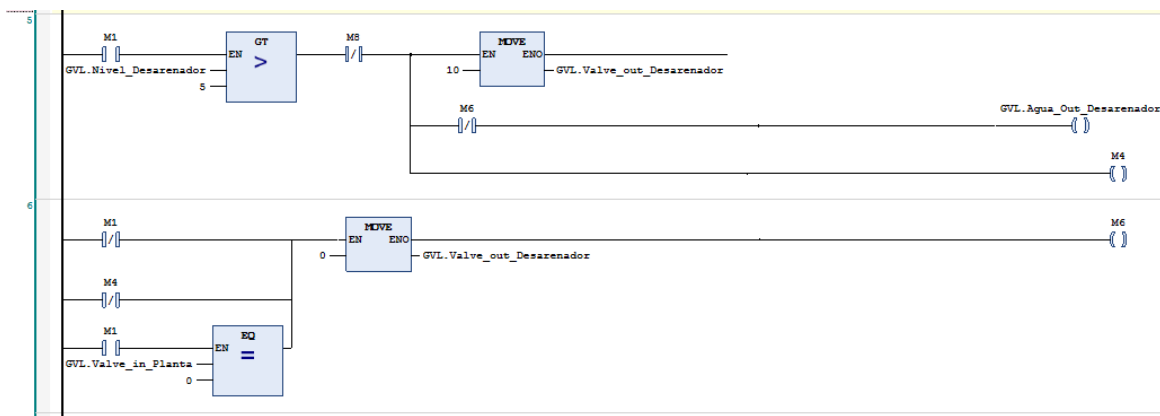


Fuente: El autor

En esta parte del proceso de realizo en primera instancia con un flip flop RS una retención para iniciar el proceso o detenerlo ya sea por paro normal de la maquina o por uso del botón de emergencia.

Al iniciar el proceso se abre la válvula de entrada del desarenador, tanque el cual debe mantener un nivel de agua el cual de configuro a un 50% de su capacidad debido a que el tanque debe tener agua todo el tiempo para poder realizar su decantación de arena la cual por efecto de la gravedad los elementos pesados caen a la parte inferior del tanque, esta válvula se cierra con cuando el sensor de nivel del tanque desarenador se encuentra en un 90% de su capacidad.

Figura 4-8 Código salida del desarenador

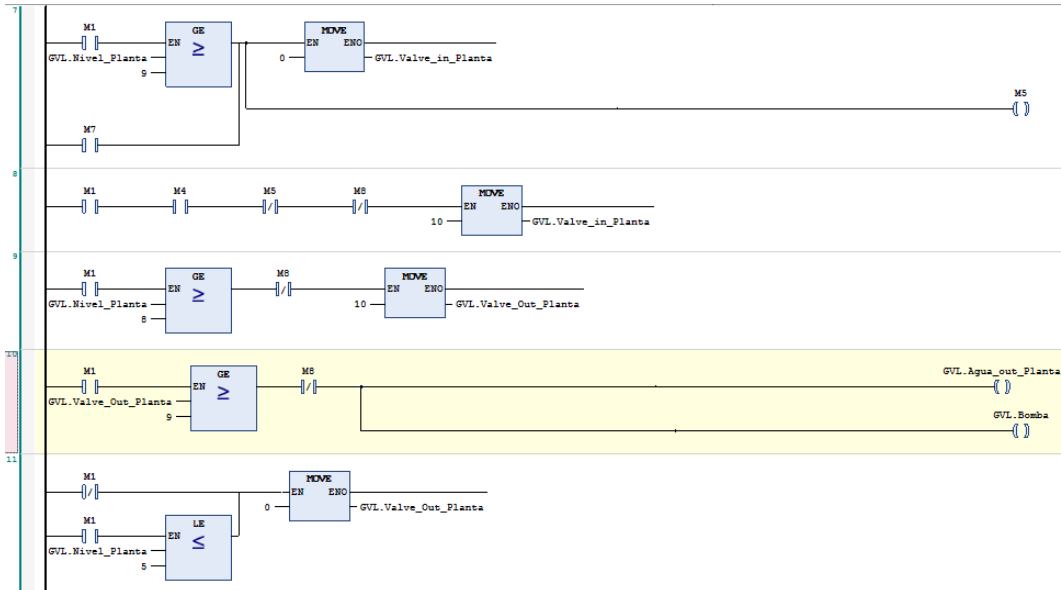


Fuente: el autor

En esa sección del código se encarga de abrir la válvula de salida del desarenador, que se encarga de llevar el agua a la planta de tratamiento de agua y de pasar por los filtros y los procesos químicos de clarificación y desinfección.

También se encarga de mantener el tanque desarenador en su nivel mínimo del cual es el 50% de su valor, y de cerrar la válvula de salida del desarenador cuando la planta se encuentra por encima del 90% de su capacidad.

Figura 4-9 Código de Planta tratamiento

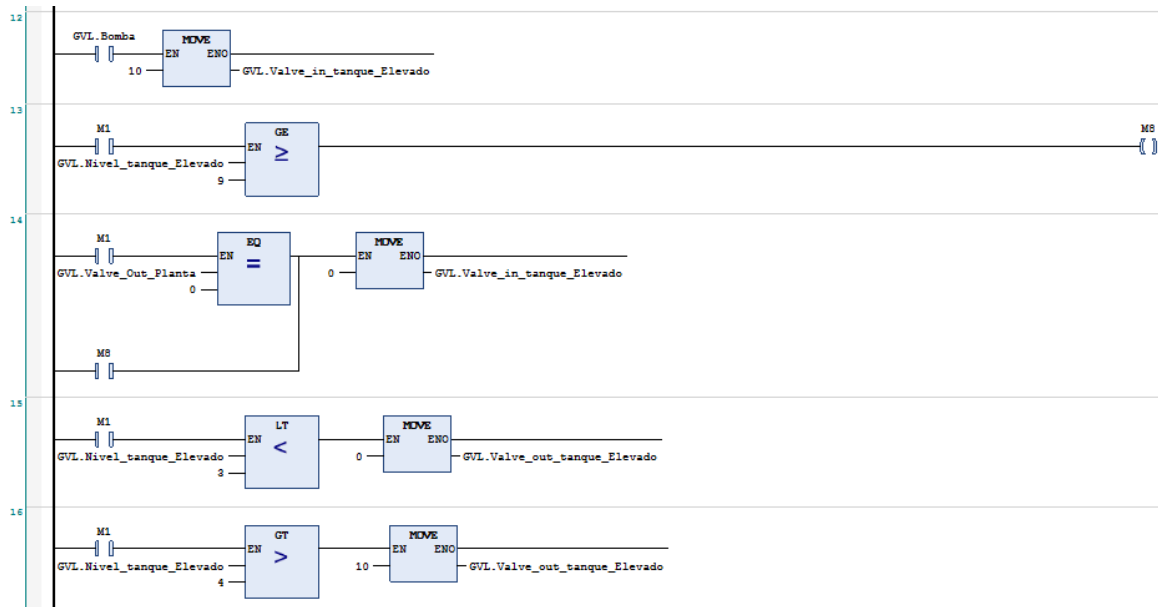


Fuente: el autor

Continuando con el proceso este cuenta con las válvulas de entrada y salida de la planta de tratamiento de agua potable, por lo cual la válvula de entrada abre siempre en cuando el valor del nivel del tanque del desarenador se encuentre por encima del 50% de agua y cierra si el nivel de la planta de tratamiento se encuentra por encima del 90%.

La válvula de salida abre cuando la planta se encuentra entre el 70% y 90% del nivel de agua potable para ser transportada al tanque elevado, además debe cerrar cuando el agua del tanque elevado o si el tanque de la planta se encuentra por debajo del 50%.

Figura 4-10 Tanque elevado



Fuente: el autor

Prolongando el proceso en el tanque elevado el proceso de vaciado el cual al depende en la vida real del consumo por familia, por el proceso de apertura se realiza en la simulación con un consumo constante del 50% de su capacidad de distribución.

La válvula de entrada se acciona con el bombeo que se activa cuando la planta de tratamiento de agua se encuentra entre el 70% y 90% de su capacidad, y cuando el tanque elevado se encuentra en su capacidad máxima para el proceso de bombeo al tanque para evitar el rebose del mismo.

Los procesos químicos no fueron automatizados ya que el proceso debe ser manual y los procesos de mezclado son por el paso del agua a través de los tubos.

## 4.5 CREACIÓN DE LA ESCENA

Para realizar la simulación de la escena con ayuda de la estación de tanque con la que cuenta el programa Factory I/O el cual fue usado para simular los 3 tanques del proceso de la PTAP, por lo cual se divide en tres partes la simulación del mismo.

Figura 4-11 simulación tanque del desarenador



Fuente: el autor

El tanque cuenta con una válvula de entrada, una válvula de salida y un sensor de nivel, para la programación del mismo se usó señales numéricas tipo entero debido a que las señales de las válvulas y sensor son numéricas con valores de 0 a 10, simulando válvulas de apertura variable.

Figura 4-12 simulación del conductor



Fuente: el autor

Debido a que el software no cuenta con una simulación dedicada a plantas de tratamiento de agua potable, se realizó la simulación por medio de una rampa con un ángulo para que por efecto de la gravedad el agua descienda hacia el siguiente proceso.



Figura 4-13 simulación PTAP



Fuente: el autor

En esta parte el agua se mezcla con productos químicos para limpieza y desinfección, además de pasar por filtros, los cuales no se encuentran en la simulación ya que estos procesos no requieren de automatización.

Figura 4-14 simulación tanque elevado



Fuente: el autor

En el proceso del tanque elevado cuando el agua sale de la planta de tratamiento por medio de una bomba se envía a un tanque elevado para que por el efecto de la energía potencial esta lleva el agua por medio de un acueducto a los usuarios finales.

Figura 4-15 vista panorámica de la PTAP

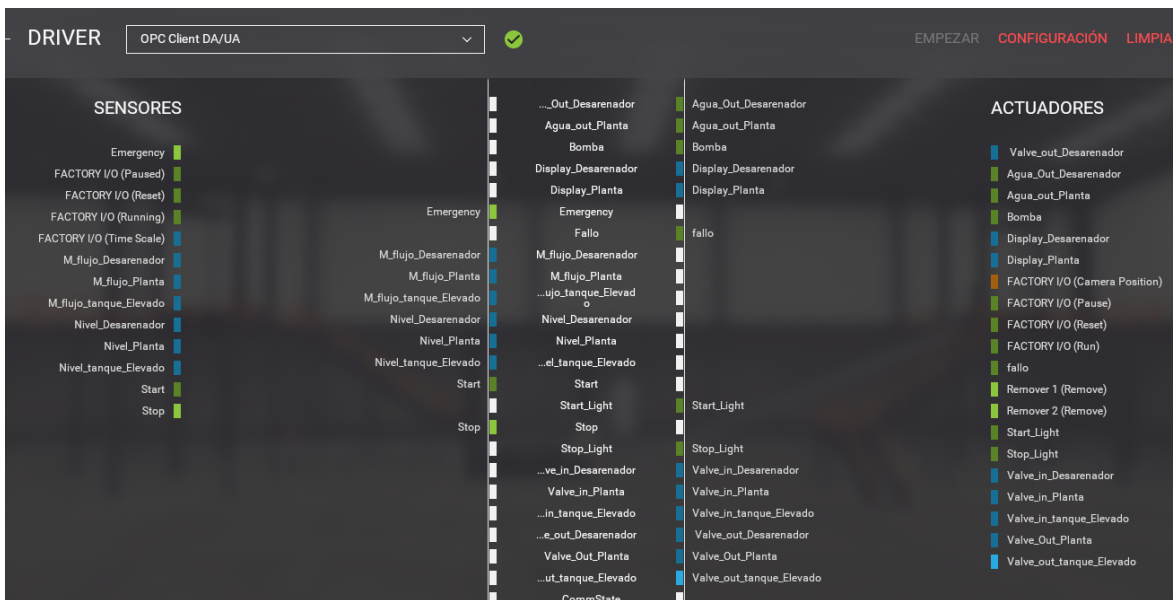


Fuente: el autor

En la imagen se puede observar los procesos básicos que se realizaron en la simulación de la PTAP la por lo cual se realizó una vista panorámica del proceso.

A continuación de muestran las variables del software Factory I/O para la conexión con el programa CODESYS.

Figura 4-16 variables Factory I/O



Fuente: el autor



## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

La demanda máxima del sistema se diseñó para 90 personas con un consumo promedio de 0.2 L/s por habitante, el cual es un consumo referente para una estación rural.

El proyecto cuenta con todos los procesos automatizados, ya que algunos se deben realizar de forma manual, pero sí reduce el número de horas de trabajo de operario y las posibles fallas que pueden ocurrir por el manejo manual de la planta.

Se realizaron cálculos de los sistemas de potencia en cuanto a la bomba y los elementos de mando en la parte de potencia, no se realizó de control ya que esto depende de las distancias de instalación entre el PLC y los elementos de potencia.

Algunos elementos no se tomaron referencias de fabricantes ya que no se requieren para el cálculo ya que se tomaron pérdidas adicionales teniendo en cuenta las pérdidas que generan los mismos.

## 5.2 Recomendaciones

Se espera que el proyecto se pueda complementar con el diseño completo de la planta, por medio de un proyecto de grado de estudiantes de ingeniería Ambiental para realizar todo el diseño del acueducto y tratamiento de agua.

En cuanto a los elementos tomados para el calculo de la bomba, solo se tomo de ejemplo ya que se puede tomar diferentes marcas para realizar el cálculo de la bomba, aunque las variaciones en cuanto el motor no es muy incúrrete en la potencia.

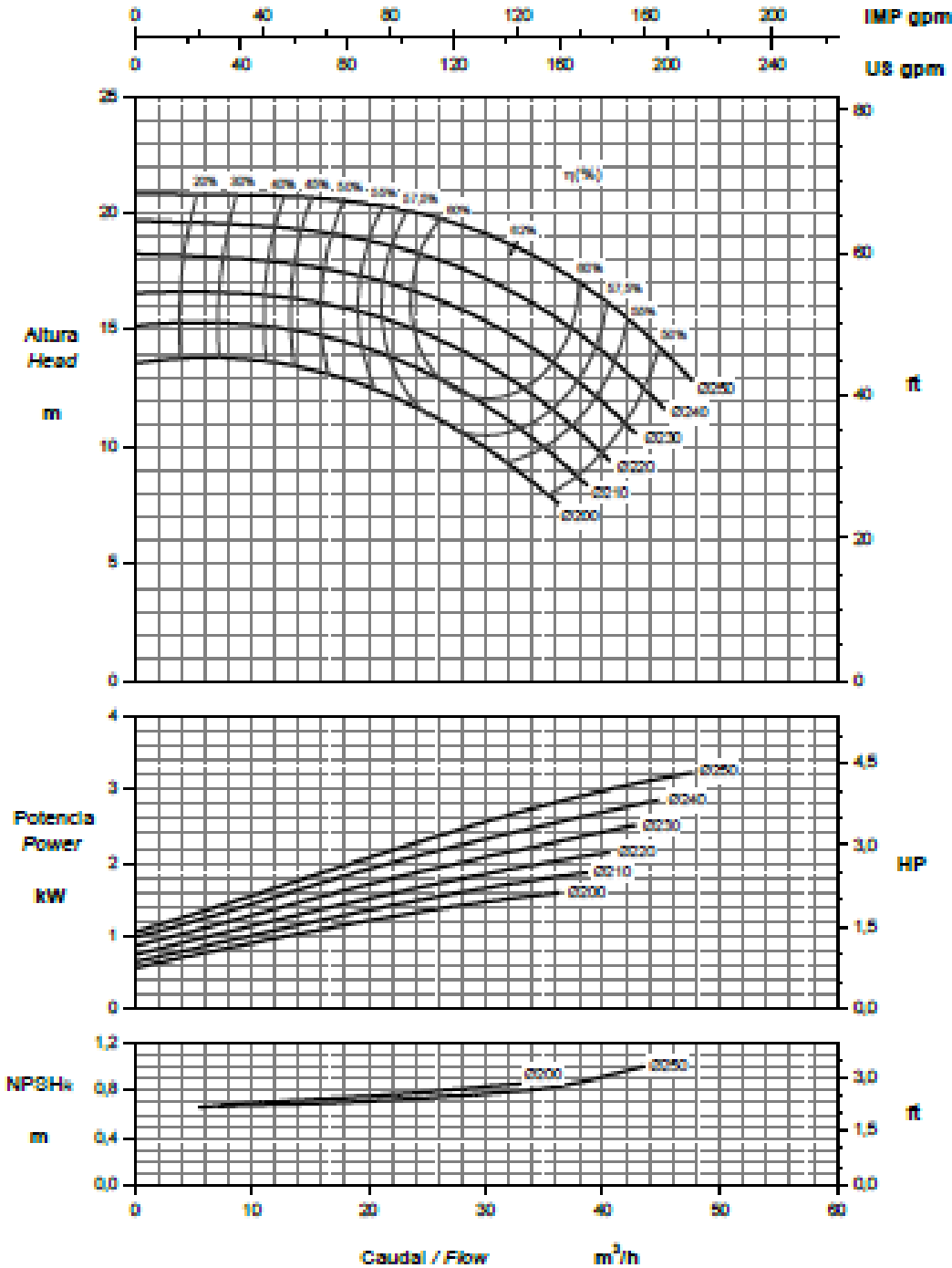
## **A. Anexo: CURVAS**

### **CARACTERÍSTICAS BOMBAS INXOPA**



CURVAS CARACTERÍSTICAS  
PERFORMANCE CURVES

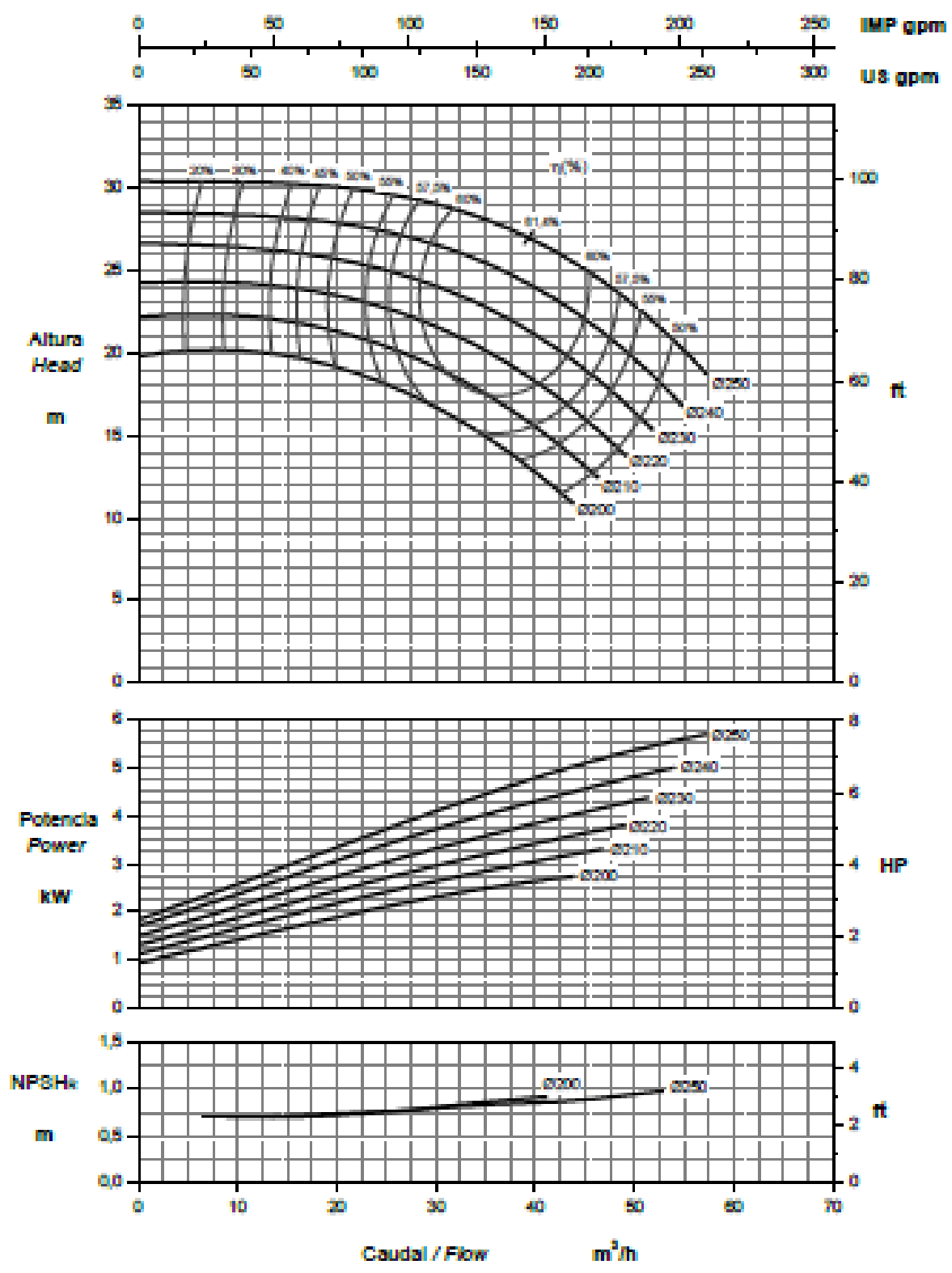
Modelo / Impeller <b>Abierto / Opened</b>	Ø boca imp. / Pump inlet <b>DN-80</b>	Bomba / Pump <b>HCP 65-250</b>
Número de pales / Blade number <b>6</b>	Ø boca imp. / Pump outlet <b>DN-85</b>	
Ø Mbx. salida / Ø Mbx. Impeller <b>250 mm</b>	Ø Mbx. salida / Ø Mbx. Impeller <b>200 mm</b>	Velocidad / Speed <b>1450 rpm</b>

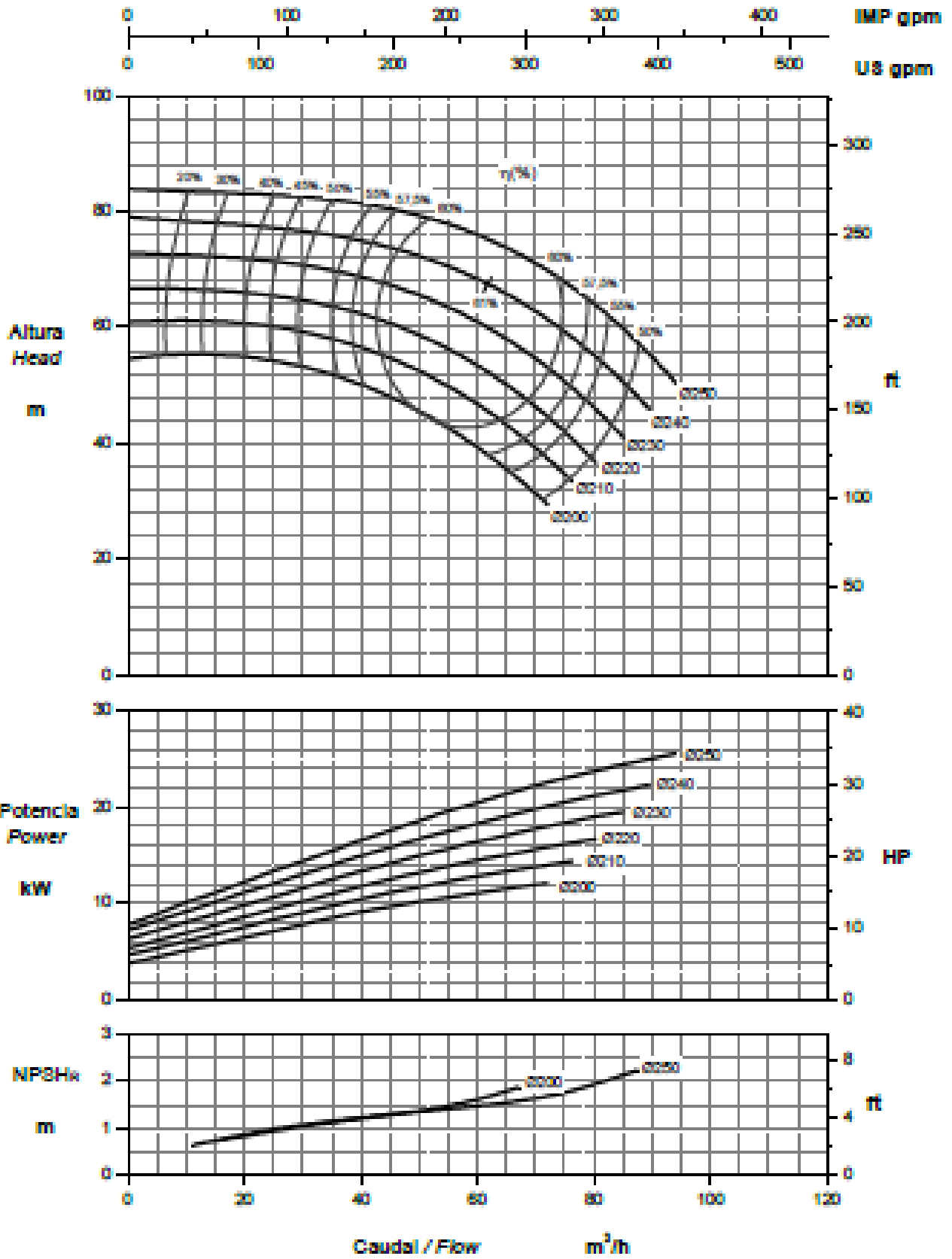


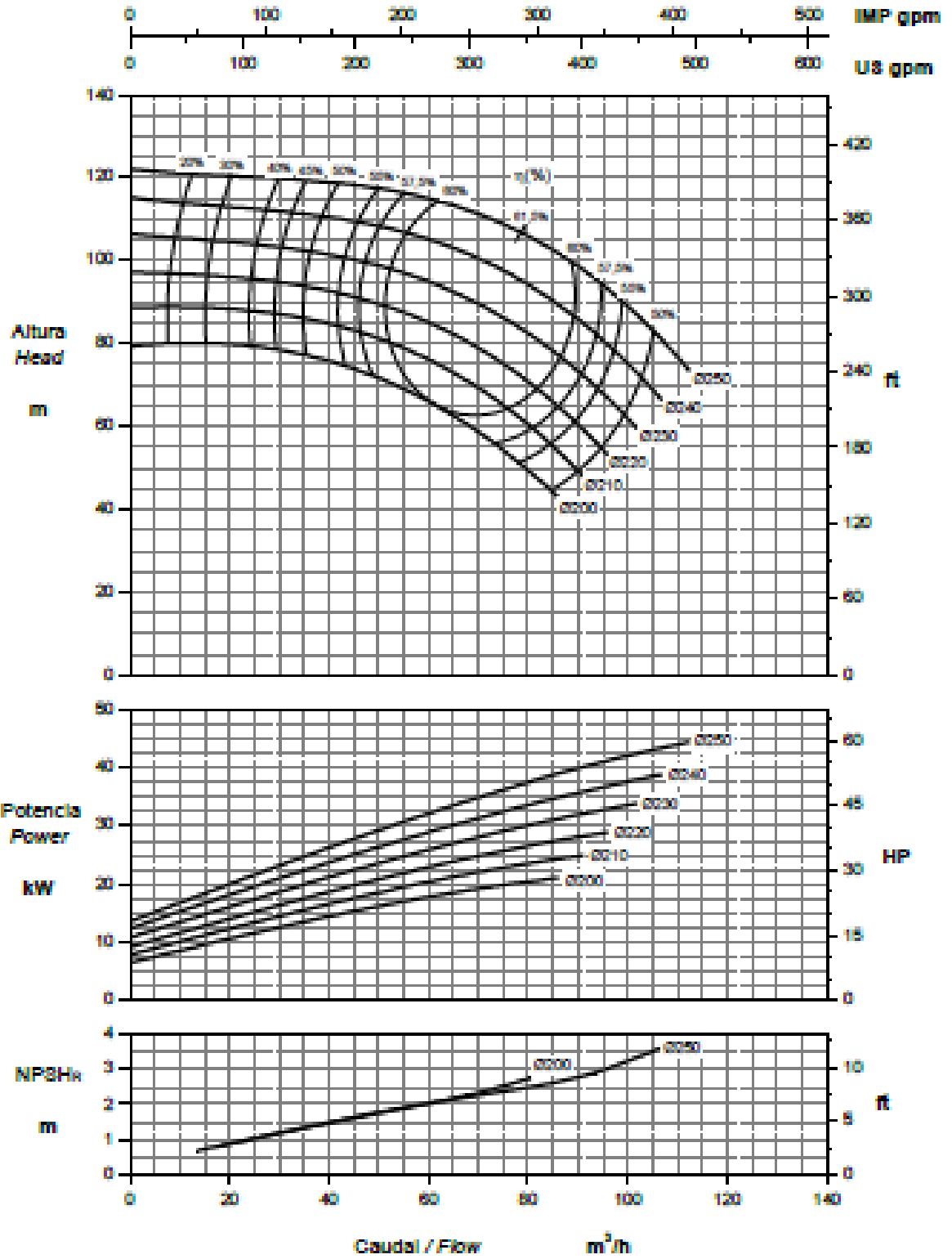
Los datos a base de referencias a agua limpia a 20°C. (Data based on clean water at 20°C)

Todos los derechos reservados. Inoxtec S.A. (All rights reserved. Inoxtec S.A.)











## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Chulluncuy-Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 0(029), 153. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>
- CODESYS. (2020). *The System*. THE COMPREHENSIVE SOFTWARE SUITE FOR AUTOMATION TECHNOLOGY. <https://www.codesys.com/the-system.html>
- Games, R. (2021). *Factory I/O*. About Factory I/O. <https://docs.factoryio.com/>
- Griswold Dover Pump Company. (2009). *Performance curves* (Issue 34). [www.inoxpa](http://www.inoxpa.com)
- Guevara Castillo, F. J., Franco Quintanilla, J. A., & Garza Castaño, D. (2016). *POTENCIA FLUIDA* (P. Educacion (ed.)). Person Educacion.
- Jiménez Jiménez, C. Y., & Sabogal Jiménez, M. Á. (2017). Diagnóstico Y Optimización De La Ptap Del Municipio De Fómeque (Cundinamarca). *Universidad Católica de Colombia*, 135.
- Keifer, G., & Effenberger, F. (1967). AUTOMATISMOS Y CUADROS ELECTRICOS. In *Angewandte Chemie International Edition* (Vol. 6, Issue 11).
- López Cualla, R. A. (1995). *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS* (Escuela Co).
- Marín Ortiz, L. M. (2020). Plan De Mejora De La Operación Y Mantenimiento De La Planta De Tratamiento De Agua Potable ( Ptap ) En Los Campamentos Tacuí Y Cuní Del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. *Universidad de Antioquia*, 16.
- Morris, A. S. (2001). *Measurement & Instrumentation Principles* (B.- Heinemann (ed.); Ththird edi).
- Tuvalrep S.A. (2021). *Válvulas Tipos y Usos – Tuvalrep*. <https://tuvalrep.com.co/2018/10/16/valvulas-tipos-y-usos/>