

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁNICO**

**GUIDO HERNÁN MORENO PÁEZ**

guido.moreno@epn.edu.ec

**DIRECTOR: ING. WILLAN LEOPOLDO MONAR MONAR MSC.**

william.monar@epn.edu.ec

**CODIRECTOR: ING. ÁLVARO GONZALO AGUINAGA BARRAGÁN PhD.**

alvaro.aguinaga@epn.edu.ec

**Quito, diciembre 2022**

## DECLARACIÓN

Yo, Guido Hernán Moreno Páez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



---

Guido Hernán Moreno Páez

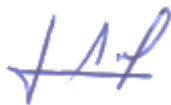
## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Guido Hernán Moreno Páez, bajo nuestra supervisión.



---

Ing. Willan Leopoldo Monar Monar Msc.  
DIRECTOR DEL PROYECTO



---

Ing. Álvaro Gonzalo Aguinaga Barragán PhD.  
CODIRECTOR DEL PROYECTO

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por la vida y sus bendiciones.  
A mis padres César y Lida, mi hermano Nelson, por  
su apoyo incondicional.*

*A la Escuela Politécnica Nacional y la Facultad  
de Ingeniería Mecánica por la oportunidad de  
formarme en sus aulas.*

*A todos mis profesores en especial a los  
Ingenieros Willan Monar y Álvaro Aguinaga por  
su acertada dirección.*

*A mis amigos y todas las personas que de  
una u otra manera me apoyaron para  
alcanzar este objetivo.*



## **DEDICATORIA**

*A mi madre por su amor y apoyo desinteresado.*

*A la memoria de mi padre César Augusto.*

*A mis bellas hijas Jennifer y Ariana.*

DECLARACIÓN.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.MARCO TEORICO.....	3
1.1. GENERALIDADES.....	3
1.2. AGUAS RESIDUALES.....	4
1.2.1. CLASIFICACIÓN.....	4
1.2.2. COMPOSICIÓN.....	5
1.2.3. CARACTERIZACIÓN.....	5
1.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	5
1.4. AGUAS GRISES.....	7
1.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS GRISES.....	7
1.4.2. PRODUCCIÓN DE AGUAS GRISES.....	8
1.5. REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES.....	8
1.6. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO.....	10
1.6.1. TECNOLOGÍAS FÍSICAS.....	11
1.6.2. TECNOLOGÍAS BIOLÓGICAS.....	11
1.6.3. TECNOLOGÍAS QUÍMICAS.....	12
1.6.4. TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS.....	13
1.6.5. ELECTROCOAGULACIÓN.....	13
1.6.6. DEPURACIÓN POR MEDIO DE MEMBRANAS.....	14
1.7. OPCIONES PARA PRETRAMIENTO Y TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.....	17
1.8. FIABILIDAD DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO.....	19

1.9.	LEGISLACIÓN ACERCA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES.....	19
2.	METODOLOGÍA .....	21
2.1.	ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....	21
2.1.1.	CONSIDERACIONES GENERALES .....	21
2.1.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	22
2.1.3.	ANÁLISIS FUNCIONAL.....	25
2.2.	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	25
2.2.1.	ALTERNATIVA A: DEPURACIÓN FISICOQUÍMICA, FILTRACIÓN Y CLORACIÓN.....	26
2.2.2.	ALTERNATIVA B: DEPURACIÓN ELECTROQUÍMICA, FILTRACIÓN Y CLORACIÓN.....	27
2.2.3.	ALTERNATIVA C: TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN, ULTRAFILTRACIÓN Y OZONIFICACIÓN.....	28
2.3.	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	29
2.3.1.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	30
2.3.2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	33
2.4.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES .....	34
2.4.1.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO .....	34
2.4.2.	DISEÑO DE COMPONENTES MECÁNICOS.....	41
2.4.3.	DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES HIDRÁULICOS .....	45
2.4.4.	INSTRUMENTACIÓN.....	63
2.4.5.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL .....	63
2.5.	CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.....	75
2.5.1.	FABRICACIÓN DEL BASTIDOR Y ELEMENTOS SOPORTANTES...76	76
2.5.2.	ELEMENTOS NORMALIZADOS .....	76
2.5.3.	MONTAJE DEL EQUIPO.....	77
2.6.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	82
2.6.1.	PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	82
2.6.2.	PRUEBA HIDROSTÁTICA .....	82
2.6.3.	CALIBRACIÓN DEL EQUIPO.....	83
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	84
3.1.	ANÁLISIS FUNCIONAL.....	84
3.1.1.	DIMENSIONES DEL EQUIPO.....	84

3.1.2. FUNCIONALIDAD DEL EQUIPO.....	84
3.1.3. CAPACIDAD DEL EQUIPO.....	84
3.2. ANÁLISIS DE COSTOS.....	85
3.2.1. COSTOS DIRECTOS.....	85
3.2.2. COSTOS INDIRECTOS.....	86
3.2.3. COSTO TOTAL.....	86
4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS.....	96
PLANOS.....	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Ambato .....	6
Figura 1.2. Distribución de las aguas grises producidas en una vivienda .....	8
Figura 1.3. Reutilización de aguas residuales domésticas .....	9
Figura 1.4. Distribución de las aguas residuales producidas en una vivienda. ....	10
Figura 1.5. Sistemas simples con desinfección y (a) sedimentación o (b) cribado. ...	11
Figura 1.6. Tecnologías físicas .....	11
Figura 1.7. a) Tecnologías biológicas típicas. b) Con membrana y MBR .....	12
Figura 1.8. Tratamiento por adición de químicos con separación por filtración o flotación. ....	13
Figura 1.9. Tratamiento de aguas grises en humedales artificiales .....	13
Figura 1.10. Esquema de reactores de electrocoagulación .....	14
Figura 1.11. Esquema de separación por membrana.....	14
Figura 1.12. Algunos tipos de membranas.....	15
Figura 1.13. Comparación de tamaños de partículas retenidas con diferentes tipos de membranas.....	16
Figura 1.14. Esquema comparativo de flujo .....	17
Figura 2.1. a) Planta de tratamiento fisicoquímico. b) Coagulación química con policloruro de aluminio en agua residual de un centro de faenamiento. ....	26
Figura 2.2. a) Planta de tratamiento por electrocoagulación. b) Reactor electrolítico en operación.....	28
Figura 2.3. a) Tratamiento de agua residual con membranas de UF. b) Membrana UF 4040 con su carcasa.....	29
Figura 2.4. Esquema de los componentes principales del equipo .....	35
Figura 2.5. Dosificador de cloro en tabletas. ....	36
Figura 2.6. a) Difusor de aire de burbuja fina. b) Blower regenerativo.....	37
Figura 2.7. Filtro malla .....	38
Figura 2.8. Filtros con válvulas automáticas.....	39
Figura 2.9. Perspectiva del bastidor realizada en Autodesk Inventor .....	41
Figura 2.10. Fuerzas aplicadas por las cargas puntuales y peso .....	42
Figura 2.11. Esfuerzos de Von Mises.....	43
Figura 2.12. Desplazamientos .....	43
Figura 2.13. Factor de seguridad .....	44
Figura 2.14. Representación esquemática simplificada del sistema.....	48

Figura 2.15. Esquema de la bomba de salida de agua tratada .....	56
Figura 2.16. Sistema de inyección de ozono.....	60
Figura 2.17. Interruptor de flotador magnético utilizado .....	64
Figura 2.18. Interruptor de presión.....	65
Figura 2.19. Software LOGO!Soft Confort.....	68
Figura 2.20. Lógica de programación.....	70
Figura 2.21. Lógica de programación (continuación).....	70
Figura 2.22. Entorno de programación DOPSoft.....	71
Figura 2.23. Pantalla principal.....	71
Figura 2.24. Pantalla de control de parámetros.....	72
Figura 2.25. Pantalla de control manual.....	72
Figura 2.26. Módulo GSM construido.....	75
Figura 2.27. Ensamblaje del rack.....	78
Figura 2.28. Partes de un filtro de medios múltiples.....	78
Figura 2.29. a) Montaje de los filtros y accesorios. b) Ensamblaje de difusores de aire y tubería.....	79
Figura 2.30. Montaje del sistema de recirculación de ozono .....	80
Figura 2.31. a) Ensamblaje del tablero de control. b) Conexión de los equipos eléctricos .....	81
Figura 2.32. Programación del PLC .....	81

Tabla 1.1. Contenido típico de las aguas grises .....	7
Tabla 1.2. Comparación de la presión de trabajo para MF, UF, NF y OI. ....	16
Tabla 1.3. Tipos de pretratamiento y tratamiento de aguas residuales.....	18
Tabla 2.1. Caracterización cualitativa de fuentes comunes de aguas grises. Todos los valores en mg/L excepto pH .....	22
Tabla 2.2. Especificaciones técnicas de la PTAR.....	23
Tabla 2.3. Consumo de agua potable en aplicaciones domésticas .....	24
Tabla 2.4. Alternativas de solución. ....	31
Tabla 2.5. Valores asignados en base a comparaciones entre criterios o soluciones. ....	31
Tabla 2.6. Evaluación del peso específico de cada criterio. ....	31
Tabla 2.7. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto a la funcionalidad.....	32
Tabla 2.8. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto a la automatización.....	32
Tabla 2.9. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto al mantenimiento. ....	32
Tabla 2.10. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto al montaje.....	33
Tabla 2.11. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto al costo. ....	33
Tabla 2.12. Conclusiones.....	33
Tabla 2.13. Propiedades mecánicas del acero A36 .....	42
Tabla 2.14. Factor de seguridad y desplazamiento en función del espesor del perfil. ....	44
Tabla 2.15. Índices de flujos y área en las membranas de UF. ....	46
Tabla 2.16. Factor de corrección para diferentes temperaturas de operación. ....	46
Tabla 2.17. Tamaños de filtro seleccionado y flujos de operación.....	47
Tabla 2.18. Consideraciones de diseño para el dimensionamiento de la bomba. ....	48
Tabla 2.19. Altura equivalente en las distintas unidades de filtración. ....	49
Tabla 2.20. Coeficientes de pérdida k para los accesorios hidráulicos instalados. ....	52
Tabla 2.21. Valores de presión de vapor y densidad del agua según la temperatura... ..	54

Tabla 2.22. Caudal y presiones de operación de las membranas. ....	55
Tabla 2.23. Resumen del cálculo de NPSHdisp para la bomba de flushing. ....	56
Tabla 2.24. Consideraciones de diseño para el dimensionamiento de la bomba. ....	57
Tabla 2.25. Accesorios en la tubería y coeficientes de pérdida localizada. ....	57
Tabla 2.26. Resumen del cálculo para selección ..... de la bomba de salida. ....	58
Tabla 2.27. Factor CT requerido para desinfectar con ozono.....	59
Tabla 2.28. Parámetros de operación del inyector seleccionado.....	61
Tabla 2.29. Resumen del cálculo del NPSHdisp. ....	62
Tabla 2.30. Asignación de variables de programación. ....	68
Tabla 2.31. Correspondencia de las direcciones de memoria y las variables asignadas. ....	73
Tabla 2.32. Información procesada por el módulo GSM.....	74
Tabla 3.1. Costos por mano de obra. ....	85
Tabla 3.2. Costos indirectos.....	86
Tabla 3.3. Costo total del proyecto.....	86

## RESUMEN



El presente proyecto tiene por objetivo el diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas grises para el edificio Zaigen ubicado en la ciudad de Quito. El documento ha sido dividido en cuatro capítulos, el primer capítulo presenta una introducción a las aguas residuales, su clasificación, opciones de reutilización, tecnologías de tratamiento, criterios para selección de tratamientos de agua residual y legislación acerca de la reutilización del agua residual. El segundo capítulo corresponde a la metodología, plantea el estudio de las alternativas de diseño, las especificaciones técnicas de la PTAR mediante las cuales se evalúa y selecciona de la mejor alternativa, así como la descripción del equipo a construirse, el diseño de elementos mecánicos, dimensionamiento y selección de elementos hidráulicos y normalizados, instrumentación, diseño e implementación del sistema de control, construcción de los elementos mecánicos, montaje de la planta y ejecución del protocolo de pruebas. En el tercer capítulo se analiza la funcionalidad, capacidad y desempeño de la PTAR, incluye también un resumen con los costos generados en el desarrollo del proyecto. El cuarto y último capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Palabras clave: Agua residual, aguas grises, PTAR, PLC, control automático.

## **ABSTRACT**

The present project aims at the design and construction of a greywater treatment plant for the Zaigen building located in the city of Quito. The document has been divided in four chapters, the first chapter presents an introduction to wastewater, its classification, reuse options, treatment technologies, criteria for the selection of wastewater treatments and legislation on the reuse of wastewater. The second chapter corresponds to the methodology, it establishes the study of design alternatives, technical specifications of the WWTP through which the best alternative is evaluated and selected, as well as the description of the equipment to be built, the design of mechanical elements, sizing and selection of hydraulic and standardized elements, instrumentation, design and implementation of the control system, construction of the mechanical elements, assembly of the plant and execution of the test protocol. The third chapter analyzes the functionality, capacity and performance of the WWTP, also includes a summary with the costs generated in the development of the project. The fourth and last chapter shows the conclusions and recommendations of the project.

Keywords: Wastewater, greywater, WWTP, PLC, automatic control.

## INTRODUCCIÓN

La producción de aguas residuales en Ecuador y el resto del mundo, es un problema real, al que se le ha venido atendiendo de manera ineficaz e insuficiente, pues no existe la infraestructura suficiente. El 90% de las aguas residuales (AR) en Ecuador sin tratamiento, se descargan en las fuentes de aguas dulces (Sánchez, 2014). Esto representa una problemática nacional; debido a la incipiente legislación y poco compromiso y efectividad de las entidades de control; la cual se agudizará en los próximos años si no se toman las acciones pertinentes y se genera conciencia de la importancia del tratamiento adecuado de las aguas residuales.

El sector de la construcción en la ciudad de Quito, se ha sumado a un proceso de construcción sostenible impulsado por el municipio de la ciudad; el cual está asociado a la autorización de incrementar el número de pisos edificables en algunas zonas específicas del Distrito Metropolitano. La resolución No. 13-2016, del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito permite esta ventaja, a proyectos que privilegien la reutilización de aguas servidas, garanticen limitaciones de consumo de energía y agua, y en general los que sean un aporte paisajístico, ambiental y tecnológico para la ciudad (Secretaría de Territorio Quito, 2016).

Las empresas constructoras han acogido esta iniciativa en sus proyectos, al aumentar el número de pisos, por lo que existe una demanda insatisfecha para implementación de plantas de tratamiento con nuevas y eficientes tecnologías, aplicables para la reutilización de aguas residuales y particularmente las aguas grises; con este proyecto se busca implementar estos recursos en el diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas grises, con una capacidad de 22 metros cúbicos por día, con sistema de control automático basado en PLC, para la reutilización del agua del edificio de oficinas Zaigen.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una planta de tratamiento de aguas grises.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar información bibliográfica.
- Determinar las especificaciones técnicas y condiciones de operación de la planta.
- Generar alternativas de solución.
- Diseñar la planta de tratamiento.
- Elaborar los planos eléctricos, hidráulicos y mecánicos de conjunto y de taller, mediante los cuales se garantice la construcción de la planta.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la planta.

## **1. MARCO TEORICO**

El presente capítulo presenta una introducción a las aguas residuales, su clasificación, opciones de reutilización, tecnologías de tratamiento, criterios para selección de tratamientos de agua residual y legislación acerca de la reutilización del agua residual.

### **1.1. GENERALIDADES**

Actualmente, la humanidad viene mostrando creciente preocupación por la conservación del entorno. Algunos mercados en Europa han limitado su dinámica transaccional a muchas industrias contaminadoras, obligándolas a adoptar estrategias o políticas de producción más limpia (PML), buenas prácticas de manufactura (BPM) y mejores tecnologías disponibles (BTA, por sus siglas en inglés), entre otras medidas enmarcadas en planes de mejoramiento continuo y de responsabilidad socioambiental empresarial (Lozano, 2012).

Las aguas residuales (al igual que los residuos sólidos) son un producto inevitable de la actividad humana. En la antigüedad, diferentes civilizaciones, desarrolladas en las riberas de ríos y lagos, hicieron uso de la capacidad de asimilación o autodepuración del agua, pero con descargas tan pequeñas que sus vertidos no presentaban mayor problema. No obstante, la densificación actual de las ciudades y el crecimiento poblacional e industrial, entre otros aspectos, ha ocasionado que esta capacidad limitada de auto purificación de los cuerpos hídricos haya sido excedida (Lozano, 2012).

Muchos de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en los sistemas naturales acuáticos han sido incorporados a los sistemas de tratamiento de agua residual creados por la ingeniería; en éstos se controlan las variables del sistema y se maximiza la rapidez de ocurrencia de los procesos minimizando el tiempo requerido para la purificación. En los sistemas de tratamiento creados por la ingeniería, las reacciones se completan en fracciones del tiempo y del espacio

que se requerirían en los ecosistemas acuáticos naturales para conseguir la misma eficiencia (Valdez y Vázquez, 2003).

## **1.2. AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales son aquellas aguas de desecho que contienen una gran cantidad de sustancias contaminantes y que han sido empleadas en alguna actividad humana sea doméstica, industrial, pecuaria, agrícola o recreativa (Bermeo, 2016).

### **1.2.1. CLASIFICACIÓN**

De acuerdo con Lozano (2012), las aguas residuales tienen diversos orígenes (p. ej. doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo) que determinan sus disímiles características. Las aguas residuales por su origen, pueden clasificarse de la siguiente manera:

Agua residual doméstica (ARD), son residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales. Estas, además, se pueden subdividir en dos tipos: 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), son residuos líquidos procedentes de una población o conglomerado urbano; incluye actividades domésticas e industriales y son transportadas por una red de alcantarillado.

Agua residual industrial (ARI), son los residuos líquidos provenientes de procesos productivos industriales, que incluso pueden tener origen agrícola o pecuario.

### **1.2.2. COMPOSICIÓN**

Por su origen las aguas residuales presentan en su composición diferentes elementos que se pueden resumir como: Componentes suspendidos, que pueden ser gruesos o finos, de origen orgánico e inorgánico. Componentes disueltos, que pueden ser orgánicos e inorgánicos (Lozano, 2012).

### **1.2.3. CARACTERIZACIÓN**

Las aguas residuales presentan características físicas, químicas y biológicas, las cuales deben ser determinadas para aplicar un tratamiento específico. Dependiendo del origen del agua residual se analizan los parámetros correspondientes al efluente generado (Bermeo, 2016).

Una caracterización de aguas residuales, sean domésticas, urbanas o industriales, deben incluir la estimación de los siguientes parámetros, como mínimo: Caudal (incluyendo los caudales pico y mínimos), temperatura, pH, sólidos sedimentables, DBO5 total y disuelta, DQO total y disuelta, Sólidos Totales (suspendidos y disueltos), Nitrógeno total Kjeldahl (NTK), fosfatos, grasas y aceites, sulfatos, tensoactivos, presencia de agentes de limpieza (tipo, volumen empleado, frecuencia de uso) (Lozano, 2012). En el Anexo I, se muestran los análisis comunes usados para estimar los constituyentes que están presentes en las aguas residuales.

## **1.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Los objetivos principales del tratamiento de aguas residuales, a cualquier escala, son la protección de la salud pública y la conservación de la calidad hidrobiológica de los ecosistemas acuáticos. El diseño de una planta de tratamiento dependerá del tipo de agua a tratar, de las características fisicoquímicas del efluente y del cumplimiento de la legislación vigente (Lozano, 2012). La Figura 1.1. Muestra la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Ambato.



Figura 1.1. Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Ambato. Fuente: (Río Ambato recibirá aguas limpias - La Hora, 2020).

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) o estación depuradora de aguas residuales (EDAR), es el conjunto de procesos y operaciones unitarias establecidas con el objetivo de depurar las aguas residuales antes de su vertido al cuerpo receptor, minimizando el impacto ambiental que esto produce (Lozano, 2012).

Las operaciones unitarias de una PTAR hacen referencia a unidades y procedimientos en donde se utilizan mecanismos de depuración de tipo físico, es decir, donde no se presentan cambios a nivel químico (p. ej. una criba de separación de sólidos, un desarenador, separador de grasas), por otro lado están los procesos unitarios donde intervienen reacciones químicas o bioquímicas y cambios a nivel molecular (p. ej. un módulo de coagulación y floculación, un reactor biológico, un filtro de adsorción, una cámara de desinfección) (Lozano, 2012).

La contaminación del agua puede ser reducida o eliminada mediante la aplicación de uno o más procesos de tipo físico (operaciones unitarias de separación física), químico (procesos unitarios de transformación química) o biológico (procesos unitarios de transformación bioquímica).



En los procesos biológicos (bioquímicos) la degradación de contaminantes se da a través de microorganismos que aprovechan la materia orgánica soluble e insoluble para alimentarse, generando nuevos compuestos, gases y energía, así como también para multiplicarse. Estos procesos pueden ser aerobios (con presencia de oxígeno libre) y anaerobios (sin presencia de oxígeno) (Lozano, 2012).

#### 1.4. AGUAS GRISES

Las aguas grises son las aguas residuales domésticas producidas por bañeras y/o duchas, lavabos, fregaderos de cocina, lavavajillas, lavanderías y lavadoras (Andreadakis et al., 2015). Puesto que las aguas grises proceden de las operaciones de lavado doméstico, su calidad varía según su ubicación, geográfica, demografía y nivel de ocupación, entre otras cosas (Liu et al., 2013).

##### 1.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS GRISES

Las aguas grises no tienen mal olor inmediatamente después de ser descargadas. Sin embargo, mayor tiempo de residencia en el tanque de almacenamiento puede estimular el crecimiento de bacterias y conducir a la degradación de la calidad del agua y posteriormente puede producir mal olor (Liu et al., 2013). La tabla 1.1. muestra el contenido típico de las aguas grises.

Tabla 1.1. Contenido típico de las aguas grises. Fuente: (Rodríguez, 2008).

Origen	Contenido	Observaciones
Ducha /tina	Jabón, shampoo, algunas grasas y bacterias.	
Fregadero/ lavaplataos	Materia orgánica, nutrientes, sólidos, detergente y altos niveles de grasa y aceite.	Normalmente necesita pretratamiento.
Lavadero/ lavadora	Altas concentraciones de detergentes y regulares de químicos como cloro, además de pelusa.	El lavado de pañales puede elevar drásticamente los niveles de patógenos.
Lavamanos	Jabones, pasta de dientes y otros productos de higiene.	
Sanitario	Altas cantidades de patógenos y materia orgánica.	No debe integrarse a un sistema de aguas grises.

### 1.4.2. PRODUCCIÓN DE AGUAS GRISES

La producción de aguas grises en los hogares está relacionada con las actividades diarias desarrolladas al interior de los mismos y depende de los hábitos de uso del agua de sus habitantes. La producción de aguas grises es variable y dispersa según la utilización de artefactos en el hogar, la época del año y la cantidad de personas que permanezcan o habiten las viviendas (Martínez y Niño, 2013). La figura 1.2 muestra la distribución de las aguas grises producidas en una vivienda típica en Sudamérica.

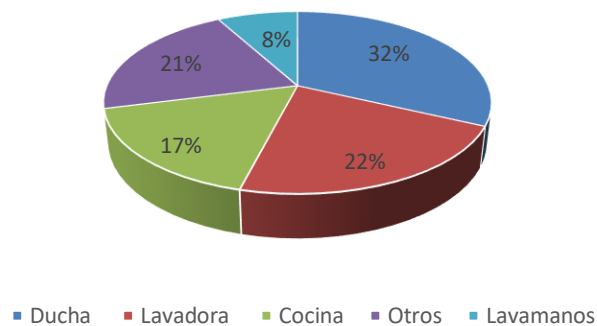


Figura 1.2. Distribución de las aguas grises producidas en una vivienda. Fuente: (Martínez y Niño, 2013).

### 1.5. REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES

Para maximizar la posibilidad de reciclado y minimizar la energía requerida para el tratamiento, las aguas residuales industriales y domésticas se han tratado por separado y recientemente se ha promovido la separación de las aguas residuales domésticas en aguas grises y negras (Abu, 2009).

Entre las principales razones para el reciclaje de aguas residuales se encuentran aliviar la escasez de agua y la sequía, y fomentar la protección del medio ambiente y la salud pública (Pidou et al., 2007). Asimismo, el crecimiento de la poblacional mundial ha incrementado la demanda de agua y por ende la producción de aguas residuales. En consecuencia, las aguas residuales recicladas, son una importante fuente que potencialmente podría ayudar a los problemas causados por la falta de agua.

A nivel mundial, la aplicación más común para aguas residuales recicladas es el riego en la agricultura. Sin embargo, se han practicado otras opciones de reutilización en el campo industrial, recreativo, ambiental y urbano. Las fuentes potenciales identificadas para la reutilización urbana son aguas residuales, aguas grises y aguas de lluvia. En algunos casos, se han utilizado mezcla de agua lluvia y aguas grises, así como aguas grises ligeras, tomando como fuente solamente las duchas (Pidou et al., 2007). A continuación, en la figura 1.3 se muestra una ilustración de la reutilización de aguas residuales, cabe recalcar que, en la mayoría de los casos por la complejidad del proceso, no se utiliza el agua de los sanitarios para dicho propósito.

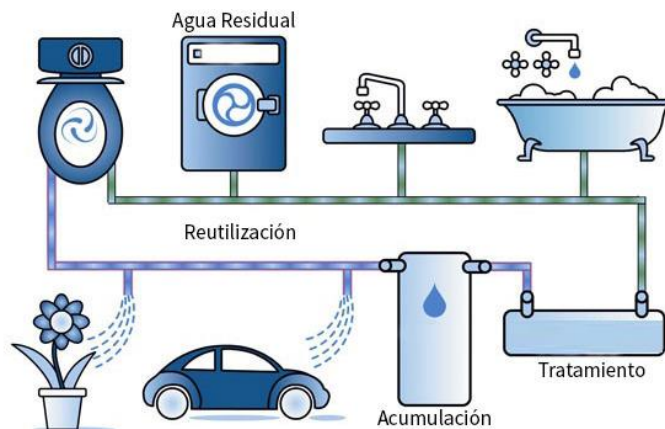


Figura 1.3. Reutilización de aguas residuales domésticas. Fuente: (Reutilización de aguas residuales domésticas - GSC, 2019).

Las aguas grises son el resultado de una o más de las aguas residuales domésticas menos contaminadas, excluyendo las descargas del inodoro (aguas negras), y a veces, las de la cocina (fregadero/lavavajillas). La contribución de aguas grises a las aguas residuales domésticas es del 60 al 75% del volumen de agua (Abu, 2009), la figura 1.4 muestra la distribución de las aguas residuales producidas en una vivienda típica.

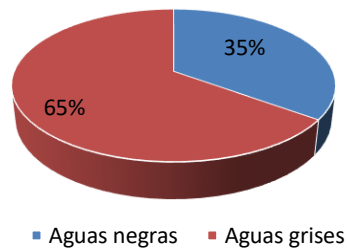


Figura 1.4. Distribución de las aguas residuales producidas en una vivienda. Fuente: (Rodríguez, 2008).

De acuerdo con Burbano (2015), la implementación de un sistema de tratamiento adecuado supone un paso importante al ahorro de agua potable; cabe recalcar que las aguas grises recicladas no se deben utilizar para el consumo humano, pero comúnmente tienen los siguientes usos: Uso doméstico, como en inodoros, riego de jardines, lavado doméstico de vehículos, limpiezas de pisos. Servicios municipales, como en riego de zonas verdes urbanas, baldeo de pavimentos. Usos agrícolas, como en riego por goteo en cultivos, riego de plantas ornamentales en invernaderos o jardines, etc.

## 1.6. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

Los criterios de calidad de agua, aplicables a las aguas residuales recicladas varían en función de cada caso de reutilización. La mayoría de las tecnologías para recuperación de aguas grises existentes en la actualidad son, esencialmente, las mismas que las empleadas para el tratamiento del agua de potable y de las aguas residuales. Sin embargo, en algunos casos, la eliminación de determinados contaminantes físicos, químicos y/o eliminación de contaminación microbiana, puede obligar a emplear procesos de tratamiento adicionales (Metcalf & Eddy, 1995). En el Anexo II se puede apreciar un resumen los procesos y operaciones unitarias más comúnmente empleados en el tratamiento de aguas residuales, así como los principales contaminantes eliminados.

### 1.6.1. TECNOLOGÍAS FÍSICAS

De la investigación sobre el tratamiento y reciclaje de aguas grises se tiene registro en el mundo desde la década de 1970. Las primeras tecnologías estudiadas fueron principalmente opciones de tratamiento físico, como sedimentación, filtración o membranas, junto con desinfección (Pidou et al., 2007). La figura 1.5 muestran los esquemas básicos de sedimentación, cribado y desinfección, la figura 1.6 muestra el esquema de depuración física.

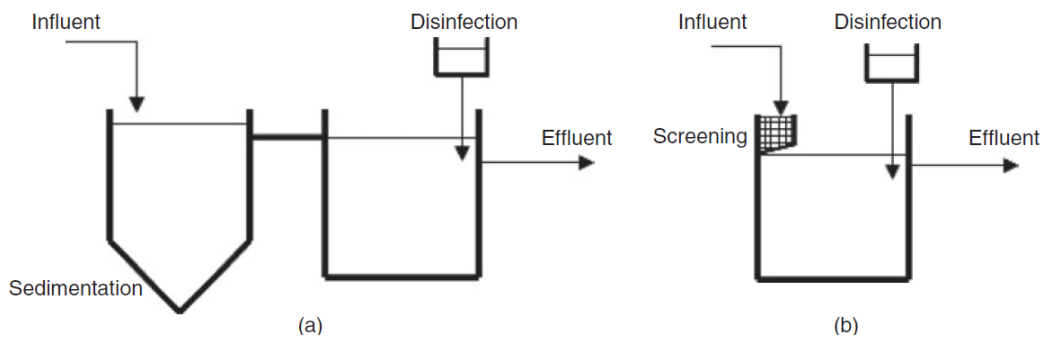


Figura 1.5. Sistemas simples con desinfección y (a) sedimentación o (b) cribado. Fuente: (Pidou et al., 2007).

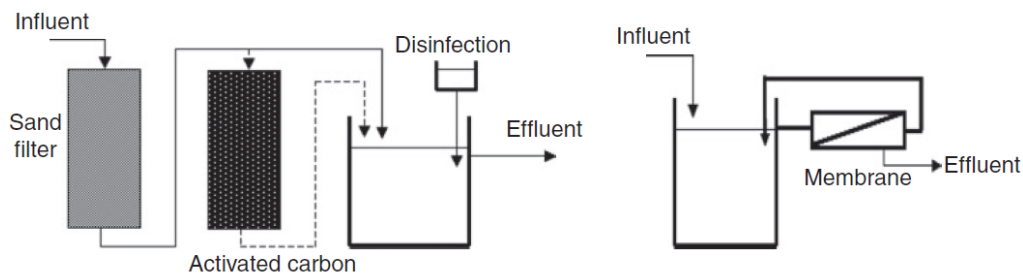


Figura 1.6. Tecnologías físicas. Fuente: (Pidou et al., 2007).

### 1.6.2. TECNOLOGÍAS BIOLÓGICAS

Posteriormente, en las décadas de 1980 y 1990, se investigaron las tecnologías de base biológica como contactores biológicos rotativos, filtros biológicos aireados y biorreactores aireados. A fines de la década de 1990, también surgieron tecnologías avanzadas como los biorreactores de membrana (MBR).

En la figura 1.7 se muestran las tecnologías biológicas más recientes para depuración de agua residual.

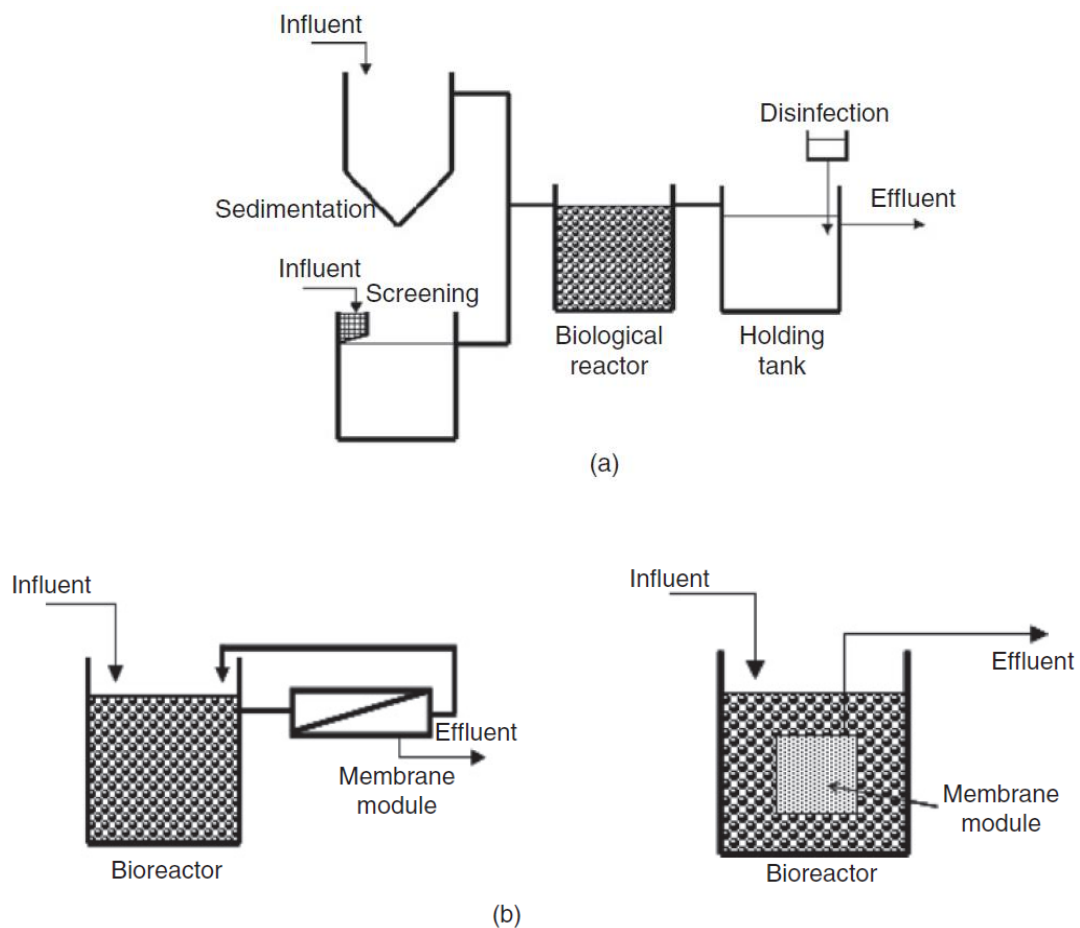


Figura 1.7. a) Tecnologías biológicas típicas. b) Con membrana y MBR. Fuente: (Pidou et al., 2007).

### 1.6.3. TECNOLOGÍAS QUÍMICAS

Los sistemas de tratamientos químicos para reutilización de aguas grises que más se han reportado en la literatura son: electrocoagulación, oxidación fotocatalítica y coagulación convencional (Pidou et al., 2007). La figura 1.8 muestra el esquema de tratamiento de agua por adición de medios químicos (coagulantes).

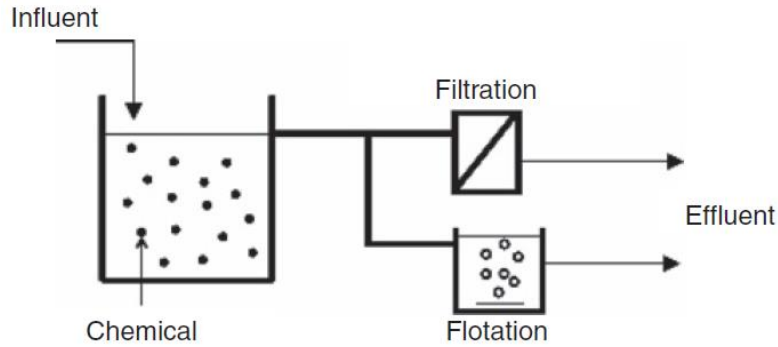


Figura 1.8. Tratamiento por adición de químicos con separación por filtración o flotación. Fuente: (Pidou et al., 2007).

#### 1.6.4. TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS

Las tecnologías de tratamiento extensivas para depuración de aguas grises, generalmente comprenden humedales construidos como cañaverales y estanques. A menudo van precedidos de sedimentación para eliminar partículas más grandes en las aguas grises y seguido de filtrado en arena para eliminar cualquier partícula o medio transportado por el agua tratada. La figura 1.9 muestra un esquema de humedales para tratamiento de agua.

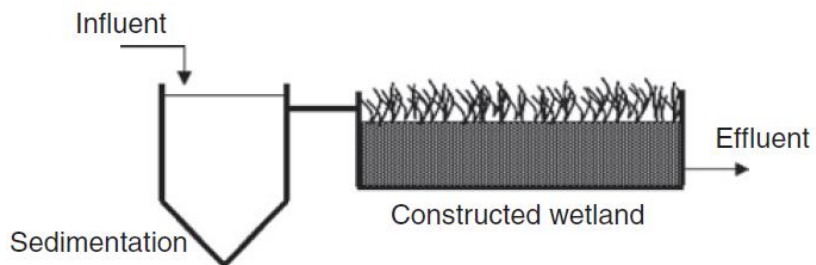


Figura 1.9. Tratamiento de aguas grises en humedales artificiales. Fuente: (Pidou et al., 2007).

#### 1.6.5. ELECTROCOAGULACIÓN

El tratamiento por electrocoagulación es un método electroquímico alternativo para la depuración de aguas residuales, ha sido una tecnología emergente

desde 1906 con la primera patente concedida en Estados Unidos (Arango, 2005). Consiste en un proceso de desestabilización de los contaminantes del agua ya sea que se encuentren en suspensión, emulsionados o disueltos, por la acción de corriente eléctrica directa de bajo voltaje mediante la implementación de electrodos metálicos, normalmente aluminio/hierro (Electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales – Condorchem, 2021). La figura 1.10 muestra las configuraciones de electrodos que más se utilizan en electrocoagulación.

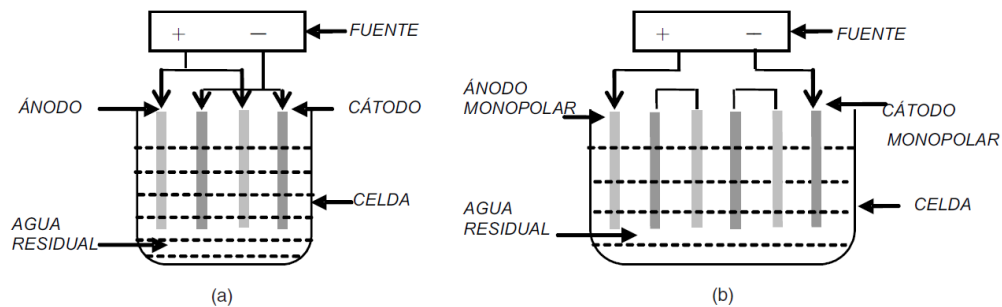


Figura 1.10. Esquema de reactores de electrocoagulación: (a) Reactor con electrodos conectados en paralelo. (b) Reactor con electrodos monopolares conectados en serie. Fuente: (Arango, 2005).

### 1.6.6. DEPURACIÓN POR MEDIO DE MEMBRANAS

El tratamiento de aguas residuales mediante membranas consiste en la utilización de una barrera de tipo físico (membrana), la cual separa dos fases, siendo permeable a algunos de los componentes de dichas fases, pero impermeable a otros, de manera que permite realizar una separación selectiva (García, 2009). La figura 1.11 muestra una membrana de forma esquemática.

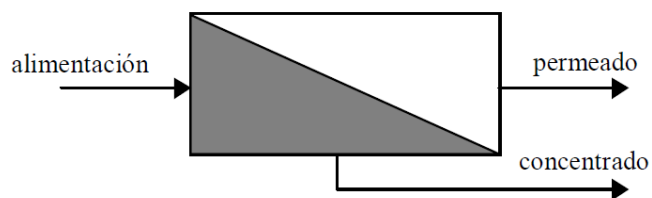


Figura 1.11. Esquema de separación por membrana. Fuente: Saavedra y Romero, s.f.).



La filtración a través de membranas está entre los procesos que más han evolucionado en las últimas décadas. De forma general, éste consiste en forzar el paso del líquido mediante presión, a través de una membrana que se encuentra dentro de un soporte rígido. La figura 1.12 muestra algunos tipos de membranas de uso industrial, comercial y doméstico, que se pueden adquirir.



Figura 1.12. Tipos de membranas. Fuente: (Elementos de Membrana Para Ósmosis Inversa - Pure Aqua, 2021).

Las operaciones de separación mediante membrana son cada vez más utilizadas y su uso es superior a los métodos convencionales de separación por la capacidad de separar de forma muy eficiente a temperatura ambiente y por la relación costo/eficiencia (Membranas para el tratamiento de aguas residuales – Condorchem, 2021).

En el Anexo III se muestra el espectro de filtración (El espectro de la filtración – Wasserlab, 2021), que indica en forma comparativa algunos procesos de separación por filtración tradicional y por membranas, considerando el tamaño de partícula que es capaz de retener y su peso molecular.

Cuando se menciona filtración por membranas, generalmente se refiere a los procesos que emplean un gradiente de presión, tales como la ósmosis inversa (OI), nanofiltración (NF), ultrafiltración (UF) y microfiltración (MF), desde un punto de vista económico, estas tecnologías cubren más del 60% del mercado mundial de la tecnología de membranas (García, 2009). A continuación, la tabla 1.2 muestra la comparativa de flujo y presión necesarios para los procesos más comunes de filtración por membrana.

Tabla 1.2. Comparación de la presión de trabajo para MF, UF, NF y OI. Fuente: (Saavedra y Romero, s.f.).

PROCESO	PRESIÓN (Bar)	FLUJO (l/m <sup>2</sup> h)
Microfiltración	0.1 - 5	100 - 1000
Ultrafiltración	1 - 10	10 - 200
Nanofiltración	5 - 20	10 - 100
Ósmosis inversa	10 - 100	5 - 100

Se observa que mientras la microfiltración ofrece altos flujos de permeado a bajas presiones (0.1 a 5 bar), la osmosis inversa requiere presiones entre 10 y 100 bar para dar flujos de permeado del orden de 100 l/m<sup>2</sup>h. En filtración con membranas, el término flujo se refiere al flujo volumétrico de permeado por unidad de superficie de membrana (Saavedra y Romero, s.f.).

La selección del tipo de membrana está en función del tamaño de las partículas que se deseen separar del líquido, siendo posible seleccionar entre las de microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa. La figura 1.13 indica los tipos de partículas que pueden ser separados.

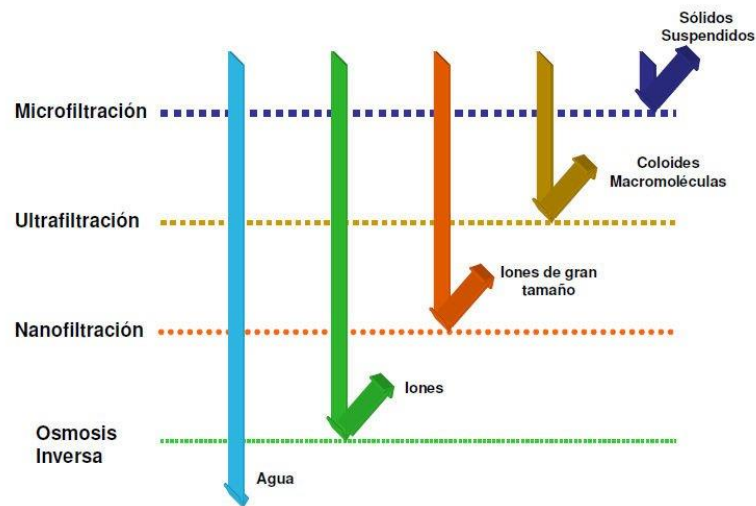


Figura 1.13. Comparación de tamaños de partículas retenidas con diferentes tipos de membranas. Fuente: (Membranas para el tratamiento de aguas residuales – Condorchem, 2021).

La ultrafiltración es un proceso de separación física y no se basa en principios osmóticos. Las membranas de UF se clasifican en base a su corte de peso molecular (MWCO), es decir, peso molecular de la molécula que es retenida en

un 90% por la membrana. El rango típico de MWCO para UF es de 1,000 a 500,000 Dalton, lo cual corresponde aproximadamente 0.005 - 0.1  $\mu\text{m}$  (Reyneke, 2021).

La estructura de la membrana puede variar de acuerdo al fabricante, existen membranas conformadas en espiral, tubulares y las de tipo de fibra hueca, las cuales son las más difundidas.

La UF es muy eficaz en la eliminación de sólidos suspendidos, coloides, bacterias, virus, quistes y compuestos orgánicos de alto peso molecular (macromoléculas). Las membranas de UF operan en configuración de flujo perpendicular o también de flujo cruzado (tangencial). La figura 1.14 muestra un esquema comparativo de flujo en la filtración por membranas.

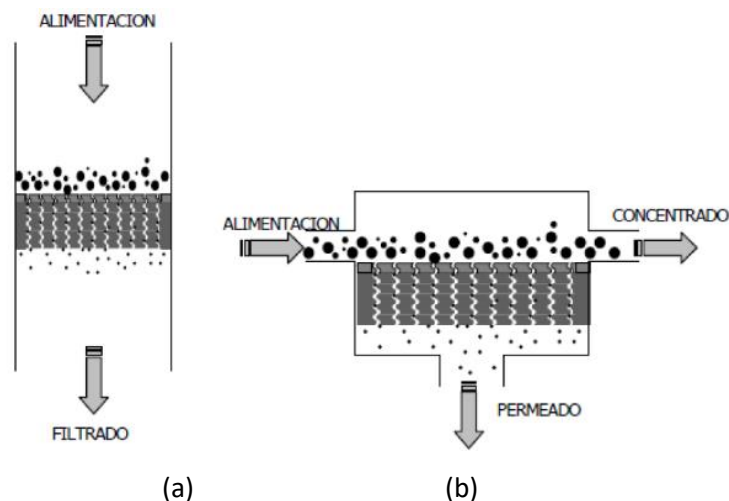


Figura 1.14. Esquema comparativo de flujo: a) Filtración perpendicular. b) Filtración tangencial. Fuente: (Coronel, 2012).

## 1.7. OPCIONES PARA PRETRAMIENTO Y TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales requieren un tratamiento antes de su descarga. La etapa inicial por lo general se realiza por medios físicos, estos corresponden a las operaciones unitarias, después se realizan procesos químicos y biológicos, conocidos como procesos unitarios para eliminar los sólidos suspendidos, comúnmente se establece una combinación de procesos y operaciones unitarias,

los cuales darán lugar a los tratamientos preliminares, primarios, secundarios y terciarios (Bermeo, 2016). A continuación, en la tabla 1.3 se muestra los diferentes tratamientos y pretratamientos más comunes en la depuración de efluentes.

Tabla 1.3. Tipos de pretratamiento y tratamiento de aguas residuales. Fuente: (Bermeo, 2016).

<b>PRETRATAMIENTO</b>	
Cribado	
Dilaceración	
Desarenado	
Desengrasado	
Homogeneización	
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>	
<b>Químico</b>	<b>Físico</b>
Coagulación	Sedimentación
Neutralización	Floculación
	Flotación
	Filtración
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>	
Lodos activados	
Aireación prolongada (Proceso de oxidación total)	
Estabilización por contacto	
Otras modificaciones de sistema convencional de lodos activados	
Lagunaje con aireación	
Filtros biológicos	
Biodiscos	
Tratamientos anaerobios	
Estabilización por lagunaje	
<b>TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO</b>	
Micro tamizado	
Filtración (lecho de arena, antracita, diatomeas)	
Precipitación y coagulación	
Adsorción (carbón activado)	
Intercambio iónico	
Ultrafiltración/Ósmosis inversa	
Electrocoagulación	
Cloración y ozonización	
Proceso de reducción de nutrientes	

Según Bermeo (2016), los factores importantes en la selección de los tratamientos de aguas residuales y que influyen en la fiabilidad del sistema, son: caracterización física, química y biológica del agua residual, la calidad del efluente requerido a la salida, la disponibilidad de área para la implantación del sistema y prever futuras ampliaciones.

## **1.8. FIABILIDAD DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO**

Metcalf & Eddy (1995), dice que la fiabilidad de una planta de tratamiento de aguas residuales está determinada por la capacidad de producir agua de calidad aceptable, de forma consistente. Existen dos tipos de problemas que pueden afectar el rendimiento y fiabilidad de una PTAR:

Problemas provocados por fallos mecánicos, errores de diseño, fallos operativos. Problemas provocados por variaciones en las características del agua residual a pesar de que el diseño, operación y mantenimiento de la PTAR sean los adecuados.

De esta forma, las variaciones en la calidad del agua tratada son indicadores de la existencia de problemas en la PTAR o como un problema provocado por las variaciones diarias o estacionales del caudal o las características del agua residual, así como por falencias en el control de los procesos. La evaluación de la variabilidad del rendimiento de las plantas de tratamiento se suele llevar a cabo mediante análisis estadísticos (Metcalf & Eddy, 1995).

## **1.9. LEGISLACIÓN ACERCA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES**

Ecuador no cuenta con una legislación con respecto a la reutilización de las aguas grises, por la misma razón, no se establece criterios de calidad para reuso de las mismas. No obstante, la reutilización de aguas grises es más común en la actualidad, a tal punto que la Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito en junio de 2016, ha incluido ciertos

incentivos a proyectos que privilegien la reutilización de aguas grises, entre otras exigencias de ecoeficiencia (Rodríguez, 2017).

Para el caso de aguas residuales en general, según el Acuerdo Ministerial No. 97 publicado en el Registro Oficial 387 del 4 noviembre de 2015 (Ministerio del Ambiente, 2015), se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas residuales tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en la tabla 3 y 4 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes (ver Anexo IV).

## **2. METODOLOGÍA**

En el presente capítulo se plantea el estudio de las alternativas de diseño, las especificaciones técnicas de la PTAR, mediante las cuales se evalúa y selecciona de la mejor alternativa, así como la descripción del equipo a construirse, el diseño de elementos mecánicos, dimensionamiento y selección de elementos hidráulicos y normalizados, instrumentación, diseño e implementación del sistema de control, construcción de los elementos mecánicos, montaje de la planta y ejecución del protocolo de pruebas.

### **2.1. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

En este apartado se establece las características funcionales y generales de la PTAR, con el soporte de la bibliografía, se analiza las opciones más adecuadas para la solución.

#### **2.1.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

De acuerdo con Bermeo (2016), se aplican generalmente cinco etapas en el tratamiento de aguas residuales para solucionar para mejorar la calidad de los efluentes y son las siguientes:

Determinación de caudales (caracterización cuantitativa). Caracterización cualitativa del agua residual cruda mediante la aplicación de la norma técnica ambiental y determinación de la carga contaminante. Selección de los procesos de cada sistema, los parámetros de diseño y comparación de las alternativas propuestas. Diseño y construcción. Operación y mantenimiento del sistema.

Para la selección y diseño de cualquier proceso de depuración, se parte por la caracterización cuantitativa y cualitativa del agua, en el caso del edificio Zaigen, está definido el tipo de agua que se va a tratar (aguas grises), las mismas que

tienen una caracterización fisicoquímica típica (Anexo V), asimismo, el caudal de diseño está establecido por el número de usuarios del edificio.

A continuación, en la tabla 2.1 se muestra la caracterización cualitativa fisicoquímica de aguas grises de distintas fuentes, con sus respectivos rangos de variación.

Tabla 2.1. Caracterización cualitativa de fuentes comunes de aguas grises. Todos los valores en mg/L excepto pH. Fuente: (Andreadakis et al., 2015).

Parameters	pH	TSS	CODt	CODs	TN	TP
Kitchen	6.9 ±0.4	319 ±209	1119 ±476	518 ± 225	6.5 ± 5.0	2.7 ±3.1
Bathtub	7.5 ±0.2	73.5 ±38.3	390 ±125	193 ±113	2.7 ±2.2	0.1 ±0.1
Laundry	8.2 ±0.8	169 ±96.1	2072 ±1401	1165 ±920	6.2 ±5.3	1.2 ±0.8
Hand basin	7.6 ±0.2	90.5 ±68.3	427 ±192	272 ±203	2.5 ±1.9	1.3 ±2.0
Dishwasher	10 ±0,2	11 ±1.3	411 ±59	307 ±2.9	<1	187,1 ±51

### 2.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones de la planta se obtienen de los requerimientos y deseos expresados por el cliente, y están establecidas como especificaciones técnicas a partir de la información que proporcionan. Otras especificaciones propuestas por el diseñador, son necesarias como complemento y permiten cumplir con las características funcionales del equipo.

Debido a que se trata de una petición explícita del cliente cuyo diseño tiene solución única, no se considera la elaboración de la casa de la calidad. La tabla 2.2 muestra las especificaciones técnicas de la planta de tratamiento.



Tabla 2.2. Especificaciones técnicas de la PTAR.

<b>Empresa cliente:</b> ALVAREZ BRAVO CONSTRUCTORES S.A.		<b>Producto:</b> PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS GRISES CODIGO: EWT-SDF-20200413		<b>Fecha inicial:</b> 07/04/2020 <b>Última revisión:</b> 13/04/2020
<b>Empresa de ingeniería:</b> TRATAMIENTO DE AGUA ECUADOR EWT S.A.				Página 1/1
<b>Especificaciones</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Fecha</b>	<b>Propone</b>	<b>R/D</b>	<b>Descripción</b>
Función	07/04/2020	C	R	Sistema de tratamiento de aguas grises para reutilización del agua
		C+I	R	Purificar el agua con capacidad 0.25 L/s
		I	R	Capacidad de operar continuamente
		C+I	R	Operación automática
Dimensión	07/04/2020	C+I	D	Equipo compacto y transportable
		C	R	Local disponible de: 4.7 x 5.1 m
Señales y control	07/04/2020	I	R	Tablero de control con HMI
	10/04/2020	C+I	R	Alarma remota de malfuncionamiento vía SMS
	13/04/2020	I	NR	Capacidad de encendido y apagado remoto vía SMS
Seguridad y ergonomía	07/04/2020	C+I	R	Bajo nivel de ruido
Impacto ambiental	07/04/2020	C+I	R	Bajo consumo energético < 10 kW
Vida útil	07/04/2020	I	R	En operación: 10 años
Costos y plazo	07/04/2020	I	R	Presupuesto: USD 20,000.00
		C+I	R	Tiempo de fabricación: 2 meses

Propone: C = Cliente; I = Ingeniería

R/D: R = Requerimiento; MR = Modificación requerimiento; NR = Nuevo requerimiento; D = Deseo

Para la determinación del caudal de aguas grises producido, se considera el número de oficinas del edificio, número de ocupantes de cada oficina y el gasto en litros por habitante y por día, cabe recalcar que este caudal corresponde exclusivamente al uso del lavabo. La tabla 2.3 muestra los consumos diarios en aplicaciones domésticas.

Tabla 2.3. Consumo de agua potable en aplicaciones domésticas. Fuente: (Peñúñuri, s.f.).

<b>Aparato / Actividad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Valor típico</b>
Lavadora automática	l/lavado	75 -190	115
Lavavajillas automático	l/ciclo	15-40	20
Bañera	l/baño	75-115	90
Fuente de caudal continuo (para beber)	l/min	4-8	4
Lavavajillas industrial:			
Tipo cinta transportadora, a 100 kN/m <sup>2</sup>	l/min	15-20	18
Tipo rejilla estacionaria, a 100 kN/m <sup>2</sup>	l/min	20-35	30
Manguera de incendios, 38 mm, 13 mm en boquilla, 20 m de carga	l/min	130-150	140
Manguera de incendios, 38m de carga, 19 mm	l/min	30 -45	38
Triturador de basura, uso doméstico	l/per*día	2-4	3
Manguera de jardín, 16 mm, 8 m de carga	l/min	10-15	13
Manguera de jardín, 19 mm, 8 m de carga	l/min	15-20	18
Aspersor	l/min	4-11	8
Aspersor para césped, 28 m <sup>2</sup> , 2.5 cm	l/semana	5700-7200	6800
Lavabo	l/uso	3-8	5
Retrete, válvula de descarga discontinua, a 170 kN/ m <sup>2</sup>	l/min	75-115	95
Retrete con cisterna	l/uso	15-20	18

Los grifos del edificio Zaigen poseen un sistema de ahorro de agua mediante aireadores, lo cual reduce el gasto considerablemente; asimismo, debido al cambio de hábitos de higiene recomendado por la OMS, es necesario establecer un factor de seguridad, el mismo que aumenta la fiabilidad del sistema de tratamiento. De acuerdo con Molina et al. (2018), la frecuencia de uso del lavabo se establece en 5 veces por día.

Para determinar el caudal diario producido se considera: 50 oficinas, 8 personas por oficina, un gasto de 5 l/uso, la frecuencia de uso es 5 y un factor de seguridad del doble, de cuyo cálculo se tiene que el caudal es 20000 l/día.

### **2.1.3. ANÁLISIS FUNCIONAL**

Dentro del análisis funcional de una máquina o equipo, se establece la función global, la misma que representa la tarea principal que va a realizar dicho equipo, posteriormente, se desglosa en subfunciones y se establecen las correlaciones de flujo entre ellas (Riba, 2002). Sin embargo, no es posible aplicar el criterio de modularidad en este diseño, debido a que el sistema seleccionado tendrá solución única, por lo que se valora y evalúa en conjunto cada alternativa.

## **2.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS**

En este apartado, mediante una revisión bibliográfica se establece las opciones de solución que más se ajustan a las especificaciones, esto permite conocer las tecnologías actuales disponibles, dentro de las cuales se selecciona la más apropiada.

De acuerdo con la tabla 1.5, el tratamiento seleccionado tendrá un pretratamiento; cuya finalidad es acondicionar el agua residual para facilitar los procesos posteriores, también evita posibles daños en las unidades de bombeo y/o tuberías. Por su importancia, es necesario proveer al sistema de un tanque de homogenización del afluente, para minimizar el efecto de las variaciones de caudal, temperatura y carga contaminante del agua, por lo que todas las alternativas de tratamiento estarán precedidas por un tanque de homogenización o igualación.

### 2.2.1. ALTERNATIVA A: DEPURACIÓN FISICOQUÍMICA, FILTRACIÓN Y CLORACIÓN

El tratamiento fisicoquímico es uno de los más utilizados y efectivos, consiste en adicionar un coagulante, se utiliza generalmente sales metálicas polimerizadas (policloruro de aluminio o sulfato de aluminio) en pequeñas cantidades, éste actúa sobre las partículas coloidales en el agua residual, desarrollándose el proceso de coagulación-floculación, el cual aglutina los contaminantes presentes en el agua y facilita su remoción por medios físicos como sedimentación, flotación o filtración. A continuación, en la figura 2.1 se ilustra el tratamiento de agua fisicoquímico.

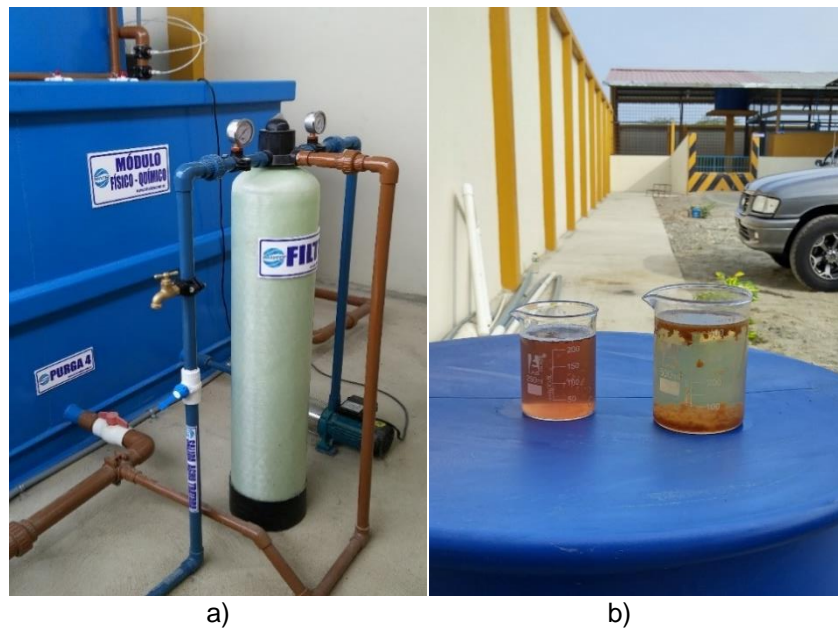


Figura 2.1. a) Planta de tratamiento fisicoquímico. b) Coagulación química con policloruro de aluminio en agua residual de un centro de faenamiento.

Ventajas: Sistema compacto con relación a sistemas biológicos de tratamiento (TRH bajo), menor sensibilidad a las variaciones tanto de caudal como de composición, flexibilidad en el diseño de la planta, gran adaptación según las características del vertido (puede ser aplicado a diversos efluentes), insumos químicos no costosos y de fácil adquisición.

Desventajas: Producción considerable de lodos, requiere preparación de insumos químicos periódicamente, el costo inicial de la planta puede ser alto según el grado de automatización, requiere sedimentación y filtración posterior, es necesario mantenimiento periódico.

### **2.2.2. ALTERNATIVA B: DEPURACIÓN ELECTROQUÍMICA, FILTRACIÓN Y CLORACIÓN**

La electrocoagulación es un método alternativo de tratamiento de efluentes, tiene similitud al tratamiento fisicoquímico convencional ya que está basado en el principio de depuración por coagulación-floculación. Produce la desestabilización coloidal en el agua residual a través de la aplicación de corriente continua de bajo voltaje dentro un reactor electrolítico, en donde, los electrodos regularmente fabricados de hierro (acero) y aluminio, están conectados a una fuente de alimentación la cual produce la diferencia de potencial necesaria.

En el proceso se genera una elevada carga de cationes que desestabilizan los contaminantes del agua, se forman hidróxidos complejos (reacción electroquímica), estos tienen capacidad de adsorción produciendo agregados sólidos (flóculos) con los contaminantes. La acción del gas formado genera turbulencia y empuja los flóculos producidos hacia la superficie (Electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales – Condorchem, 2021), finalmente, por medios físicos se separan los sólidos, se extraen los flotantes y los sedimentables mediante decantación o filtración.

A continuación, en la figura 2.2 se muestra la opción de depuración por electrocoagulación.



Figura 2.2. a) Planta de tratamiento por electrocoagulación. b) Reactor electrolítico en operación.

**Ventajas:** Sistema compacto, tratamiento de varios tipos de contaminantes en el mismo proceso, no es necesario la adición de químicos, baja generación de lodos, bajo costo de operación, precipita metales pesados como hierro, manganeso, incluso el cromo hexavalente, los cuales necesitarían tratamientos avanzados de depuración.

**Desventajas:** Requiere mantenimiento regular, los electrodos tienen que ser reemplazados periódicamente (ánodo de sacrificio), el costo inicial de la planta puede ser alto según el grado de automatización, requiere sedimentación y filtración, es necesario limpieza periódica de la celda electrolítica.

### **2.2.3. ALTERNATIVA C: TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN, ULTRAFILTRACIÓN Y OZONIFICACIÓN**

El tratamiento de agua residual por membranas, específicamente la ultrafiltración, es un método de depuración física en el cual, por medio de una bomba se proporciona un diferencial de presión a través de una membrana porosa, de tal forma que se retienen los contaminantes y del otro lado se obtiene agua más pura (permeado). Es totalmente equivalente a una filtración mediante una malla, las sustancias con un tamaño superior al de los poros no pasan al permeado y las más pequeñas si (Quero, 2007). En la figura 2.3 se muestra una

planta de depuración de agua residual por medio de membranas y una membrana 4040 con su carcasa.



Figura 2.3. a) Tratamiento de agua residual con membranas de UF. b) Membrana UF 4040 con su carcasa.

**Ventajas:** Es un proceso limpio, alta capacidad de automatización, sistema compacto por lo que necesita menor espacio para implantación comparado con métodos tradicionales, requiere poco mantenimiento, bajas presiones de operación en relación al proceso de osmosis inversa, bajo costo de operación, no requiere productos químicos para el proceso, alta tasa de remoción de contaminantes sólidos y otros (0,001  $\mu\text{m}$  a 0,05  $\mu\text{m}$ ).

**Desventajas:** La vida útil de las membranas puede ser corta dependiendo de la calidad del agua a tratar, los contaminantes son concentrados, en general solo elimina materia suspendida y bacterias, alto costo del equipo para caudales grandes, las membranas de recambio pueden tener un costo elevado, sensibilidad a productos químicos oxidantes, disminución del flujo de permeado con el tiempo.

### 2.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En el apartado anterior, se presentaron las alternativas que más se ajustan a la solución; a continuación, se plantea los criterios determinantes para la selección de la mejor alternativa, la evaluación de ciertos criterios permite converger a la

solución de una manera técnica y precisa. Estas evaluaciones deben ponderar distintos aspectos del sistema en base a criterios que a menudo implican juicios de valor (Riba, 2002).

Con base en el análisis de la tecnología de cada proceso y el planteamiento de las ventajas y desventajas en cada una de ellas, se evalúan los siguientes criterios: funcionalidad, nivel de automatización, facilidad de mantenimiento, facilidad de construcción y montaje y costo.

La funcionalidad, es la característica más importante de la máquina o equipo, establece si el mismo cumple con el propósito o función principal y/o secundarias para las que fue diseñado, así como su fiabilidad o robustez.

El nivel de automatización, es un requerimiento principal por parte del cliente, es que el equipo necesite mínima o nula intervención humana para la operación, esto es una gran ventaja con respecto a los costos operativos del mismo, aunque supone un mayor costo inicial.

En cuanto a la facilidad de mantenimiento, es deseable que el equipo garantice un acceso fácil y rápido para el mantenimiento preventivo y/o correctivo.

La facilidad de construcción y montaje, es una de las características principales con las que debe cumplir el equipo, debido a que, al estar dentro de un edificio de oficinas, el lugar de emplazamiento está restringido para maniobras grandes.

El costo del equipo o de la planta de tratamiento debe estar dentro de un rango competitivo en comparación con las opciones locales y/o de importación.

### **2.3.1. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA**

Una vez que se han planteado las alternativas, se determina la solución más adecuada utilizando el método ordinal corregido de criterios ponderados, debido a que sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener



que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos (Riba, 2002).

Para la determinación de la mejor alternativa entre las posibles soluciones, se escoge el resultado más alto de la evaluación global. Las alternativas de solución son presentadas en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Alternativas de solución.

DESIGNACIÓN	SOLUCIÓN
A	Tratamiento fisicoquímico + cloración
B	Tratamiento por electrocoagulación + cloración
C	Tratamiento por ultrafiltración + ozonificación

De acuerdo con Riba (2002), se asignan los valores para la evaluación, como se muestra a continuación en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Valores asignados en base a comparaciones entre criterios o soluciones.

VALOR	CRITERIO
1	Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas.
0,5	Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente (=) al de las columnas.
0	Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas.

En la tabla 2.6 se muestra la evaluación del peso específico para los criterios de selección de las alternativas.

Tabla 2.6. Evaluación del peso específico de cada criterio.

FUNCIONALIDAD = AUTOMATIZACIÓN > MONTAJE = COSTO > MANTENIMIENTO							
Criterios	Func.	Automat.	Mtto.	Montaje	Costo	Σ+1	Pond.
Funcionalidad		0.5	1	1	1	4.5	0.321
Automatización	0.5		1	1	1	4.5	0.321
Mantenimiento	0	0		0	0	1	0.071
Montaje	0	0	1		0	2	0.142
Costo	0	0	1	0		2	0.142
					Suma	14	1

A continuación, se presenta el cálculo de los pesos específicos de las distintas soluciones en cada uno de los criterios. Las tablas 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 y 2.11 muestran la evaluación de las alternativas con respecto a la funcionalidad, automatización, mantenimiento, montaje y costo, respectivamente.

Tabla 2.7. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto a la funcionalidad.

<b>SOLUCIÓN A = SOLUCIÓN C &gt; SOLUCIÓN B</b>					
<b>Funcionalidad</b>	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución A		1	0.5	2.5	0.416
Solución B	0		0	1	0.166
Solución C	0.5	1		2.5	0.416
			Suma	6	1.00

Tabla 2.8. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto a la automatización.

<b>SOLUCIÓN C &gt; SOLUCIÓN A = SOLUCIÓN B</b>					
<b>Automatización</b>	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución A		0.5	0	1.5	0.25
Solución B	0.5		0	1.5	0.25
Solución C	1	1		3	0.5
			Suma	6	1.00

Tabla 2.9. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto al mantenimiento.

<b>SOLUCIÓN C &gt; SOLUCIÓN A &gt; SOLUCIÓN B</b>					
<b>Mantenimiento</b>	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución A		1	0	2	0.33
Solución B	0		0	1	0.166
Solución C	1	1		3	0.5
			Suma	6	1.00

Tabla 2.10. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto al montaje.

<b>SOLUCIÓN C &gt; SOLUCIÓN A = SOLUCIÓN B</b>					
<b>Montaje</b>	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma +1$	Ponderación n
Solución A		0.5	0	1.5	0.25
Solución B	0.5		0	1.5	0.25
Solución C	1	1		3	0.5
			Suma	6	1.00

Tabla 2.11. Evaluación del peso específico de las alternativas con respecto al costo.

<b>SOLUCIÓN C &gt; SOLUCIÓN A = SOLUCIÓN B</b>					
<b>Costo</b>	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución A		1	0	2	0.25
Solución B	0		0	1	0.25
Solución C	1	1		3	0.5
			Suma	6	1.00

Los resultados del análisis se muestran a continuación en la tabla 2.12, mediante lo cual se concluye con la selección del sistema de depuración por ultrafiltración (solución C), al ser la que más se ajusta a los requerimientos de diseño.

Tabla 2.12. Conclusiones.

<b>Conclusión</b>	<b>Func.</b>	<b>Automat.</b>	<b>Mtto.</b>	<b>Montaje</b>	<b>Costo</b>	$\Sigma$	<b>Prioridad</b>
Solución A	0.13	0.08	0.02	0.04	0.05	0.32	2
Solución B	0.05	0.08	0.01	0.04	0.02	0.20	3
Solución C	0.13	0.16	0.04	0.07	0.07	0.47	1

### 2.3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema de depuración de agua está constituido por un tren de tratamiento, el cual incluye pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento avanzado.

Para acondicionar el agua residual se establece un pretratamiento compuesto por la siguiente secuencia: Dosificación de un agente oxidante (cloro), homogenización y oxidación del agua residual (se lo realiza mediante la inyección de aire a baja presión), finalmente, separación de sólidos gruesos (mayores a 500 micras) a través de un filtro de malla.

El tratamiento primario está compuesto por filtración mediante zeolita y adsorción con carbón activado. El tratamiento terciario o avanzado del agua corresponde a la ultrafiltración (proceso representativo del sistema), el cual corresponde a la última etapa de purificación, seguido de la desinfección por ozono como postratamiento.

## **2.4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES**

En este apartado se analiza y detalla cada uno de los componentes principales de la planta, comprende el estudio, diseño y selección de los elementos y accesorios que componen la PTAR, tales como bombas, membranas, filtros, válvulas, etc., incluye también el diseño e implementación del sistema de control.

Como parte del proceso de diseño del sistema y dada la naturaleza del equipo seleccionado, la mayoría de los componentes se adquiere ya prefabricados como es el caso de los filtros y membranas, entre otros; por lo que se requiere el dimensionamiento adecuado de cada uno de estos elementos.

### **2.4.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO**

Uno de los requerimientos funcionales es la capacidad de automatizar el proceso, por lo que es una característica importante dentro de la selección de cada elemento. A continuación, la figura 2.4 ilustra la secuencia de tratamiento del agua con sus componentes principales.

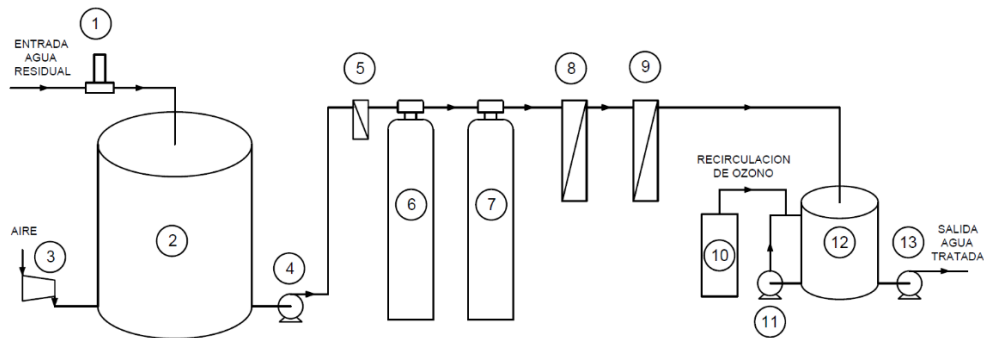


Figura 2.4. Esquema de los componentes principales del equipo.

1. Dosificador de cloro
2. Tanque de homogenización
3. Blower regenerativo
4. Bomba booster
5. Filtro malla
6. Filtro de zeolita
7. Filtro de carbón activado
8. Membranas UF
9. Membranas UF (poro fino)
10. Generador de ozono
11. Bomba de recirculación
12. Tanque de contacto
13. Bomba de salida de agua tratada

1. Dosificador de cloro en línea: El objetivo principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, tiene una gran importancia la oxidación de sustancias orgánicas e inorgánicas reducidas (hierro, manganeso, sulfuros, etc.), la eliminación de compuestos que producen olor y sabor, eliminación de algas y microorganismos, así como el efecto coadyuvante en la coagulación (Pérez y Espigares, 1995).

En este proceso se forman elementos insolubles que pueden eliminarse mediante filtración (UF), tiene la capacidad de oxidar materia disuelta y pasar a formas más fáciles para eliminar (p. ej. pasar de arsenito a arseniato) (Zúñiga y Samperio, 2019). La cloración se puede realizar mediante cloro gas licuado,

solución de hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio y por medio de generadores de cloro in situ.

Las bombas dosificadoras de químicos son muy versátiles en cuanto al rango de dosificación, sin embargo, demandan intervención permanente de un operador para la preparación de las soluciones; por lo que no es considerado en el presente proyecto; es su lugar, se selecciona un sistema de alimentación de cloro en tabletas, por las ventajas que este presenta ya que no requiere energía eléctrica, se ajusta al caudal irregular de vertido del agua residual, es posible ajustar la dosificación, los periodos de reposición de insumos son más largos y tiene menor costo. La figura 2.5 muestra un dosificador de cloro en tabletas.



Figura 2.5. Dosificador de cloro en tabletas. Fuente: (Bio-Dynamic, 2013).

2. Tanque de homogenización: La homogenización del afluente es un procedimiento que se emplea entre otras cosas, para minimizar problemas que pueden ocasionar las variaciones de caudal y concentraciones de los contaminantes en las PTAR. El edificio no cuenta con una cisterna destinada a este fin, y debido al limitado espacio disponible se opta por la adquisición de un tanque superficial de polietileno de 5000 litros de capacidad.

3. Blower: La agitación del agua residual se puede realizar mediante un sistema mecánico o a través de la inyección de aire comprimido, siendo este último, el método más simple y efectivo, además de la ventaja que presenta la adición de oxígeno al potenciar la oxidación.

El sistema consta principalmente de un soplador (blower), que inyecta del ambiente aire a baja presión por medio de difusores. En la figura 2.6 se muestra un blower regenerativo y un difusor de aire de burbuja fina, utilizados en el tratamiento de aguas residuales.

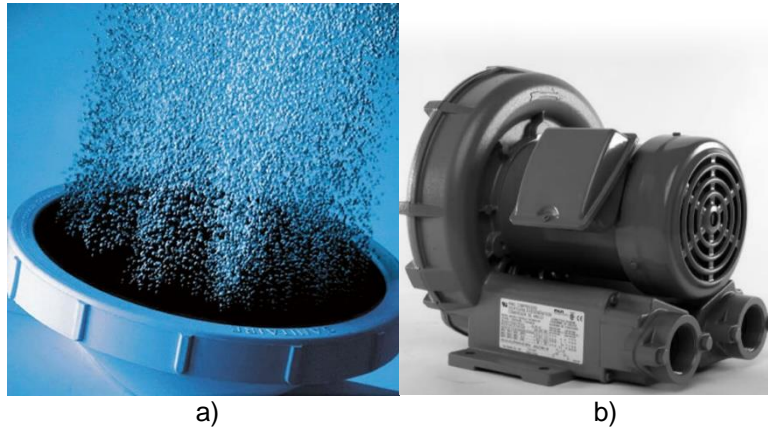


Figura 2.6. a) Difusor de aire de burbuja fina. b) Blower regenerativo. Fuente: (Fuji Electric, s.f.)

4. Bomba de impulsión (booster): Es la que impulsa el agua pretratada, se encarga de mantener el diferencial de presión en cada elemento del sistema (filtro malla, filtro de zeolita, filtro de carbón activado, membranas UF) durante el funcionamiento o servicio. Debido a la alta presencia de sustancias oxidantes, la bomba debe tener una elevada resistencia a la corrosión, además de ser apta para funcionamiento continuo.

5. Filtro de malla: Es un filtro de seguridad y su función es retener las partículas grandes que pueden estar suspendidas en el agua residual. Los filtros que se ofertan en el mercado local, solamente permiten la limpieza de forma manual, por lo que es necesario la implementación de un sistema de retrolavado automático por medio de electroválvulas (solenoides).

Durante el retrolavado del filtro, la bomba booster presuriza agua limpia en contraflujo, esto se efectúa mediante la conmutación de electroválvulas; de esta manera se limpia el cartucho y los sólidos retenidos son evacuados por el desagüe. A continuación, la figura 2.7 muestra los componentes del filtro malla seleccionado.



Figura 2.7. Filtro malla. Fuente: (Filter Housing w/screen cartridge – HydroGenics, 2021).

6. Filtro de Zeolita: Es un filtro a presión en el que se utiliza un filtro de medios múltiples (usados regularmente para filtración con arena sílice, zeolita, carbón activado, dióxido de manganeso, etc.), consta principalmente de un tanque FRP de presión y una válvula de control que puede ser manual o automática.

Las zeolitas son aluminosilicatos hidratados de metales alcalinos o alcalinotérreos (especialmente Na, K, Mg y Ca), se trata de un material absorbente natural por su alto grado de hidratación. Sus propiedades de intercambio iónico (cationes) neutralizan ciertos elementos a bajas concentraciones (Larrea, 2015).

La zeolita como medio filtrante tiene gran superficie de contacto debido a su porosidad, por lo que reduce sustancialmente la turbiedad del agua, reteniendo partículas de tamaño mayor o igual que 5  $\mu\text{m}$ .

Eventualmente el filtro acumula material retenido en las capas externas del lecho filtrante, bajando la eficiencia del proceso, por lo que es necesario realizar un retrolavado periódico (lavado a contraflujo) para recuperar el rendimiento del filtro. Para el control de los ciclos de trabajo (filtración/servicio, retrolavado y enjuague), es necesario seleccionar una válvula automática provista de salidas tipo relé para la integración al control mediante el PLC. La figura 2.8 muestra una batería de filtros automáticos con distintos medios filtrantes.





Figura 2.8. Filtros con válvulas automáticas.

7. Filtro de carbón activado: Al igual que el anterior es un filtro a presión, que su interior contiene carbón activo (activado) como medio filtrante.

El carbón activado es un material poroso de origen vegetal de distintas fuentes, en cuya preparación el material es calcinado (carbonización) para someterse luego a un proceso físico o químico de activación, lo cual aumenta la porosidad del material carbonizado (Carriazo et al., 2010). Posee una capacidad de adsorción elevada y se utiliza para la purificación de líquidos y gases.

En el caso del tratamiento de agua es muy útil para la eliminación de sustancias orgánicas, contribuye a la disminución de olores, sabores y colores no deseados en el agua, también es eficaz en la eliminación de cloro residual. Al igual que el filtro de zeolita, necesita de retrolavados periódicos, por lo que debe contar con una válvula automática.

8. Membranas UF: El tamaño del poro en las membranas puede variar dependiendo de la aplicación, para el presente proyecto se considera la instalación de un sistema de UF en dos pasos, es decir, se utiliza membranas de diferente tamaño de poro las cuales son instaladas en serie.

De acuerdo con Befesa Agua (s.f), este procedimiento mejora la calidad final del agua, aunque puede incrementar el costo y los consumos específicos, sin embargo, está justificado por la necesidad de obtener un agua con buenas

características a partir del agua residual. Las membranas que se van a utilizar en el primer paso tienen un MWCO de 300,000 kDa (0.1  $\mu\text{m}$  aproximadamente).

9. Membranas de UF (segundo paso): Las membranas a utilizarse en el segundo paso tienen un MWCO de 20,000 kDa (0.02  $\mu\text{m}$ ).

10. Generador de ozono: Es una máquina que produce ozono artificialmente a partir del aire, también hay generadores de mayor eficiencia que utilizan oxígeno gaseoso.

El ozono es reconocido por su alto potencial de oxidación y por un germicida muy eficaz, elimina un espectro más grande de microorganismos que el cloro. A diferencia de la cloración la ozonificación elimina olores y sabores desagradables del agua. Su efecto residual es de corto tiempo (Beutelspacher y Calderón, 2005). Es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, y a pesar de que tiene mayor solubilidad en el agua en comparación con el aire, tiene por desventaja que es un gas inestable, es decir, tiende a pasar a su forma más estable a corto plazo, el oxígeno molecular. Por tal motivo, no es factible almacenar el ozono por lo tiene que generarse in situ.

11. Bomba de recirculación de ozono: Esta bomba se encarga de presurizar el sistema de inyección de ozono, específicamente recircula el agua tratada del tanque de contacto y la fuerza a pasar por el Venturi para su desinfección; debido a la alta capacidad de oxidación del ozono, es indispensable que la bomba tenga una elevada resistencia a la corrosión.

12. Tanque de contacto: Es un tanque de polietileno con capacidad de 500 litros, forma parte del sistema de desinfección en el cual se consigue la transferencia del ozono al permanecer en contacto con el agua por un tiempo establecido.

13. Bomba de salida de agua tratada: Esta bomba se encuentra en la parte final de la secuencia de tratamiento, su función es conducir el agua tratada hasta una cisterna para su reutilización.

#### 2.4.2. DISEÑO DE COMPONENTES MECÁNICOS

Diseño del bastidor: La estructura de soporte o bastidor tiene la finalidad de sustentar las cargas producidas por el peso de las membranas, tubería, válvulas y accesorios, así como el de la estructura propia. En general el bastidor soporta cargas estáticas, debido a que las vibraciones producidas por el movimiento interno del agua son mínimas y pueden ser desestimadas, por lo que se puede realizar un análisis estático. La figura 2.9 muestra una perspectiva del bastidor diseñado.

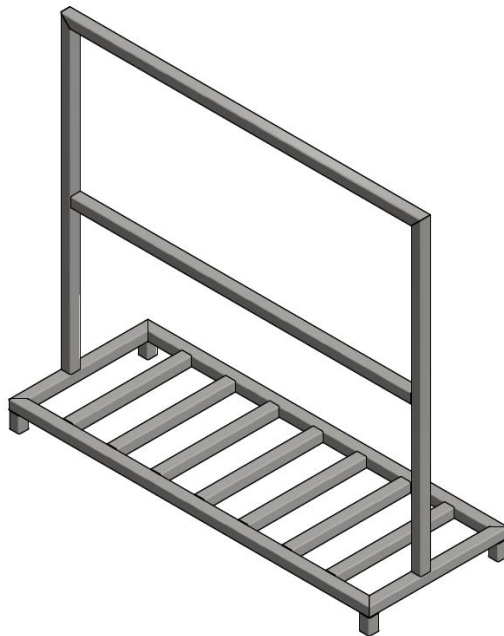


Figura 2.9. Perspectiva del bastidor realizada en Autodesk Inventor.

El análisis se lo realiza mediante simulación en el software Autodesk Inventor por medio de elementos finitos, para lo cual se tiene las siguientes consideraciones:

Se toma en cuenta solamente cargas estáticas, las cargas se consideran como concentradas, el material de construcción es tubo estructural cuadrado de 40

mm ASTM A36, las fuerzas concentradas corresponden al peso de los elementos soportados y es igual a 588 N. En la tabla 2.13 se muestran las propiedades mecánicas del acero.

Tabla 2.13. Propiedades mecánicas del acero A36.  
Fuente: Reporte de simulación en Autodesk Inventor.

Name	Steel ASTM A36	
General	Mass Density	7.85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	248.225 MPa
	Ultimate Tensile Strength	399.9 MPa
Stress	Young's Modulus	199.959 GPa
	Poisson's Ratio	0.3 ul
	Shear Modulus	76.9073 GPa

Luego, se ingresan las cargas y reacciones, se efectúa el mallado y finalmente se procede con la simulación. La figura 2.10 ilustra el mallado y las fuerzas a las que está sometida la estructura, las cargas externas están representadas en amarillo y la carga que corresponde al peso de la estructura, en rojo.

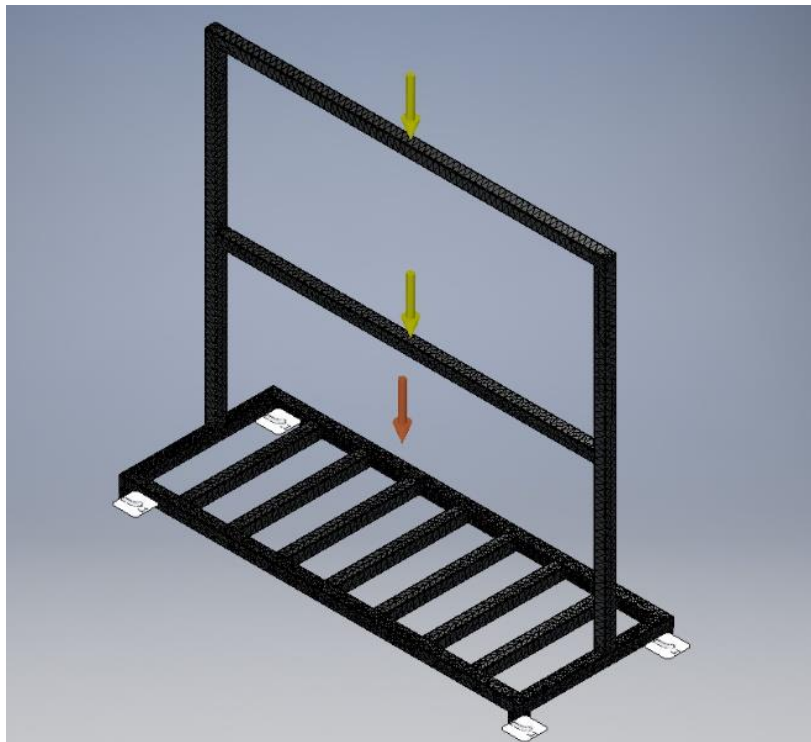


Figura 2.10. Mallado y fuerzas aplicadas a la estructura.

A continuación, se muestran los resultados de la simulación para los esfuerzos de Von Mises, desplazamientos y factor de seguridad, en las figuras 2.11, 2.12 y 2.13, respectivamente.

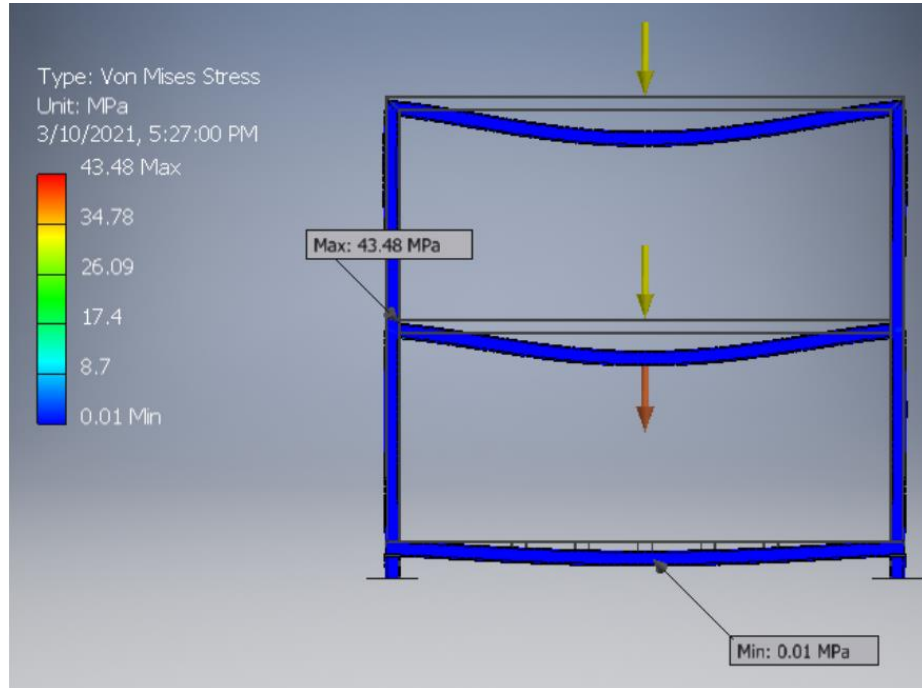


Figura 2.11. Esfuerzos de Von Mises.

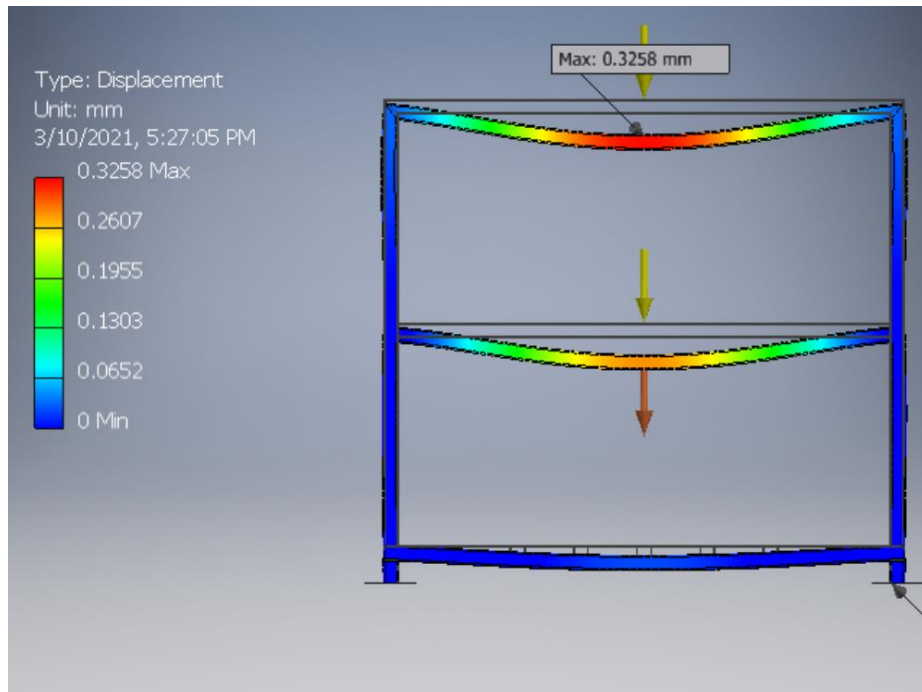


Figura 2.12. Desplazamientos.

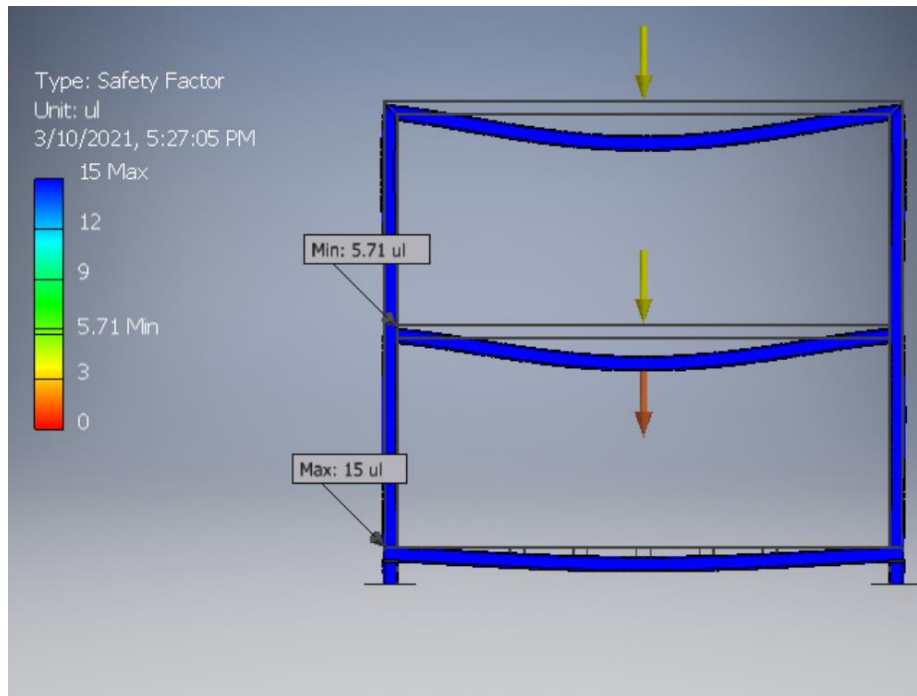


Figura 2.13. Factor de seguridad.

Para la selección del espesor del perfil se realizaron dos análisis con espesores de 2.5 mm y 2 mm, respectivamente, en ambos casos la estructura soporta las cargas sin dificultad, los factores de seguridad mínimos y desplazamientos máximos obtenidos se muestran a continuación en la tabla 2.14.

Tabla 2.14. Factor de seguridad y desplazamiento en función del espesor del perfil.

Espesor del perfil	Factor de	Desplazamiento [mm]
2	5.71	0.33
2.5	7.6	0.28

Con base en el análisis realizado, se selecciona el perfil 40 x 40 x 2 mm, cuya estructura presenta un factor de seguridad mínimo de 5.7, lo cual garantiza el soporte de sus componentes, adicionalmente, cuenta con un sobredimensionamiento adecuado considerando la deformación de los elementos por su esbeltez.

### **2.4.3. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES HIDRÁULICOS**

El banco de membranas de ultrafiltración UF, es el elemento principal del sistema, por lo que su selección adecuada es esencial para el desempeño de la planta, por lo que se plantea una configuración de membranas de doble paso.

Actualmente existe una extensa variedad para la selección de membranas UF, no obstante, en el mercado local no se cuenta con toda esa oferta, las membranas muy finas (0.001  $\mu\text{m}$  aproximadamente) se pueden conseguir bajo pedido y/o tienen costos muy elevados, por lo cual se selecciona para el primer paso membranas que están en el orden de 0.1  $\mu\text{m}$ , para el segundo paso se consideran membranas con poros más finos que bordean los 0.02  $\mu\text{m}$ .

El dimensionamiento del sistema de UF se lo realiza de acuerdo a los índices de flujo continuo y máximo. El índice de flujo máximo se basa en condiciones operativas normales y con las membranas no ensuciadas ni degradadas (en condición de nuevas). El índice de flujo máximo frecuentemente se usa para dimensionar sistemas residenciales, donde los flujos son intermitentes, y en muy pocas ocasiones son altos. No obstante, las aplicaciones comerciales e industriales experimenten períodos prolongados de flujo continuo, por lo que sus sistemas deben ser dimensionados en base al índice de flujo continuo de la membrana (Pentair, s.f.).

Generalmente, los fabricantes de membranas recomiendan utilizar los índices de flujo específicos (p. ej. litros por hora por metro cuadrado de superficie de membrana,  $\text{l}/\text{h}\text{m}^2$ ). Estos índices de flujo recomendados se deben usar como guía de dimensionamiento del sistema, sin embargo, muchas veces se deben ajustar basándose en las condiciones operativas y la calidad del agua a tratar. Según Pentair (s.f.), los estudios piloto son la mejor forma de determinar un índice de flujo. En la tabla 2.15 se muestra la información de flujos y áreas de membrana proporcionada por los fabricantes (Anexos VI y VII).

Tabla 2.15. Índices de flujos y área en las membranas de UF.

Membrana UF	Flujo específico [l/m <sup>2</sup> *h]	Área de membrana [m <sup>2</sup> ]	Flujo nominal [l/h]
Membrana UF-90	150	4.8	720
Membrana 4040	180	6	1,080

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, se determina que para cubrir el caudal de operación máximo de la PTAR (0.5 l/s), son necesarias 3 membranas UF-90 y 2 membranas 4040.

Según Pentair (s.f.), existe una disminución del rendimiento de la membrana en el orden del 2% al 3% por cada 1 °C de disminución en la temperatura del agua. Esta disminución en el flujo se puede contrarrestar aumentando la presión de trabajo, siempre y cuando no se supere la presión transmembrana máxima. La tabla 2.16 muestra la pérdida de flujo asociada con las temperaturas del agua de alimentación.

Tabla 2.16. Factor de corrección para diferentes temperaturas de operación. Fuente: (Pentair, s.f.).

TEMPERATURA		FACTOR DE CORRECCION
°C	°F	
25	77	1
22.5	72.5	0.93
20	68	0.86
17.5	63.5	0.80
15	59	0.74
12.5	54.5	0.69
10	50	0.64
7.5	45.5	0.60
5	41	0.55
2.5	36.5	0.51

Otro parámetro importante en el diseño de sistemas UF, es la presión transmembrana, la cual es una característica intrínseca de la membrana y depende del tipo, material, del tamaño de poro, entre otros factores. Está establecida por el diferencial de presión entre el lado del retenido y el



permeado, es decir, es la presión necesaria para pasar el agua a través de la membrana, generalmente es un rango que suele estar especificado en las fichas técnicas.

El dimensionamiento y selección de los filtros de medios múltiples consiste en la selección de los tanques de filtro con distintos medios filtrantes, se sustenta en procedimientos experimentales realizados por el fabricante y/o proveedores de los equipos, por lo que el dimensionamiento de los filtros de zeolita y carbón activo está basado en las tablas proporcionadas, las cuales están incluidas en el Anexo VIII.

De acuerdo con Redondo (2021), la velocidad de filtración será más lenta cuanto más sucia se encuentre el agua a tratar, por tal motivo, se establecen los flujos de filtración más lentos que se encuentran dentro de las tablas. A continuación, en la tabla 2.17 se muestra los tamaños y caudales de operación de los filtros seleccionados.

Tabla 2.17. Tamaños de filtro seleccionado y flujos de operación.

<b>Filtro</b>	<b>Tanque [pulg.]</b>	<b>Flujo de filtrado [l/h]</b>	<b>Flujo de retrolavado [l/h]</b>
Zeolita	18x65	36	102
Carbón activo	18x65	31	95

Las válvulas automáticas de los filtros son seleccionadas en base a las condiciones de diseño del sistema; de acuerdo al flujo de filtración máximo de la planta y la presión de la bomba a caudal cero (0.5 l/s y 80 PSI), se seleccionan válvulas de la marca Clack® modelo WS1TC con capacidad de filtrado de hasta 27 GPM y presión de hasta 125 PSI (ver Anexo VIII).

La selección de la bomba booster es muy importante en el diseño del sistema, al tratarse de la bomba principal, por lo que su dimensionamiento apropiado es indispensable para evitar daños o malfuncionamiento a causa de presión excesiva en los componentes más sensibles. La figura 2.14 muestra el esquema simplificado del sistema.

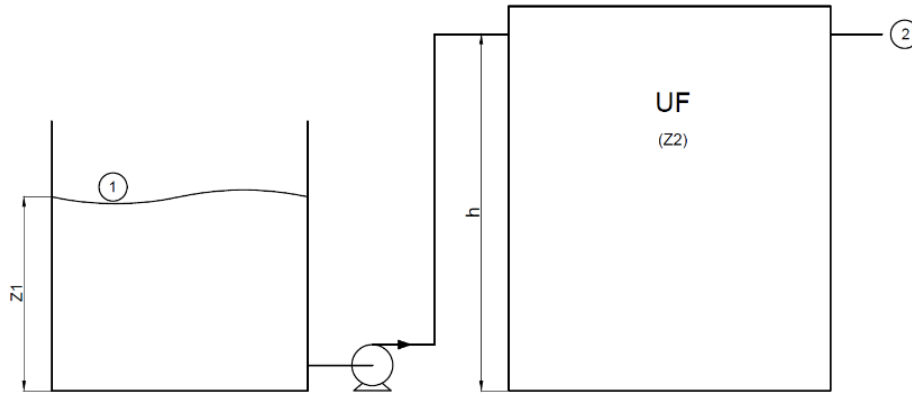


Figura 2.14. Representación esquemática simplificada del sistema.

Las consideraciones de diseño para el dimensionamiento de la bomba se muestran a continuación en la tabla 2.18.

Tabla 2.18. Consideraciones de diseño para el dimensionamiento de la bomba.

Caudal [Q]	0.5 l/s
Tipo de tubería	PVC C40
Diámetro de tubería	3/4 pulg.
Tubería de succión [Ls]	1 m
Tubería de descarga [Ld]	6 m
Altura de la tubería [h]	1.9 m
Altura manométrica en el punto 1 [Z1]	1 m

La altura manométrica alcanzada en el punto 2, se obtiene sumando la altura de la tubería, más la equivalencia en metros columna de agua (m.c.a.) de la presión de operación de cada uno de los componentes del sistema de filtración (suma de alturas manométricas parciales):

$$Z2 = h + \sum h_{equivalente} \quad \text{Ec. 2.1.}$$

Donde:

$h_{equivalente}$ : Presión de operación de cada componente en m.c.a.

Para el cálculo de la bomba se debe conocer la presión mínima necesaria para que funcione cada elemento (pérdida de presión en cada uno), las cuales son obtenidas de las hojas técnicas respectivas. La tabla 2.19 muestra los distintos

elementos del sistema con la presión de operación respectiva y su equivalencia en m.c.a.

Tabla 2.19. Altura equivalente en las distintas unidades de filtración.

Componente	Presión de operación [PSI]	h equivalente [m.c.a.]
Filtro malla	3	2.11
Filtro de zeolita	15	10.55
Filtro de carbón activado	10	7.03
Membranas UF gruesas	10	7.03
Membranas UF finas	10	7.03
Total	48	33.75

Al remplazar los valores en la ecuación 2.1 se tiene que la altura manométrica en el punto 2 es igual a 35.65 m.

Siguiendo el principio de conservación de la energía, se establece el balance energético en estado estable para el sistema descrito de la siguiente manera (Sotelo, 1994):

$$\left[ \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right] + h_B = \left[ \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] + h_f + h_{ext} \quad \text{Ec. 2.2a.}$$

Donde:

$P_1$  : Presión en el punto 1 [kPa]

$P_2$  : Presión en el punto 2 [kPa]

$Z_1$  : Altura en el punto 1 [m]

$Z_2$  : Altura en el punto 2 [m]

$V_1$  : Velocidad en el punto 1 [m/s]

$V_2$  : Velocidad en el punto 2 [m/s]

$h_B$  : Altura dinámica total TDH [m]

$h_f$  : Pérdidas por fricción [m]

$h_{ext}$  : Energía extraída del sistema [m]

$\gamma$  : Peso específico del agua [kN/m<sup>3</sup>]

$g$  : Gravedad [m/s<sup>2</sup>]

La presión en el punto 1 y 2 es la misma, y equivale a la presión atmosférica, la velocidad del fluido en el punto 1 no es significativa con respecto al punto 2 y se considera nula, de la misma manera, no existe extracción de energía del sistema, por lo que se tiene:

$$h_B = \frac{v^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + h_f \quad \text{Ec. 2.2b.}$$

Según Sotelo (1994), se puede obtener la velocidad aplicando la ecuación de continuidad para fluidos incompresibles:

$$Q = V \times A \quad \text{Ec. 2.3.}$$

Donde:

$Q$  : Caudal del fluido [ $m^3/s$ ]

$V$  : Velocidad del fluido [ $m/s$ ]

$A$  : Área de la sección de la tubería [ $m^2$ ]

Al remplazar los valores en la ecuación anterior se obtiene una velocidad igual a 1.5 m/s. De la ecuación 2.2b se obtiene la componente dinámica de pérdida y el diferencial de altura que es igual a 0.11 m y 34.65 m, respectivamente.

De acuerdo con Sotelo (1994), las pérdidas por fricción se establecen mediante la ecuación de Darcy-Weisbach para pérdidas mayores (en la tubería), luego se tiene las pérdidas menores (en los accesorios) que se calculan a partir de la fórmula general de pérdida localizada, por lo que la fórmula para las pérdidas totales por fricción es:

$$h_f = \left[ f \frac{v^2 L}{2g D} + \sum k \frac{v^2}{2g} \right] \quad \text{Ec. 2.4.}$$

Donde:

$f$  : Coeficiente de fricción en la tubería

$k$  : Coeficiente de pérdida en los accesorios

$L$  : Longitud de la tubería [m]

$D$  : Diámetro interior de la tubería [m]

Al simplificar la expresión se tiene:

$$h_f = \frac{V^2}{2g} \left[ f \frac{L}{D} + \sum k \right]$$

La ecuación 2.4 se debe aplicar para ambas secciones de tubería de la bomba; tanto en la tubería de succión (s) como en la de descarga (d), por lo que se puede expresar:

$$h_f = [h_{mayores} + h_{menores}]_s + [h_{mayores} + h_{menores}]_d$$

Como consideración de diseño se tiene que la tubería de succión y descarga son del mismo diámetro y material, por lo que se considera una sola longitud total y se suma los accesorios instalados:

$$h_f = h_{mayores} + h_{menores}$$

Según Sotelo (1994), para calcular el coeficiente de fricción  $f$ , primeramente, se evalúa el número de Reynolds con la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{VD}{\nu_T} \quad \text{Ec. 2.5.}$$

Donde:

$\nu_T$  : Viscosidad cinemática a cierta temperatura [ $m^2/s$ ] (Anexo IX)

Para el análisis se asume la temperatura del agua a 10° C, y reemplazando los valores en la ecuación 2.5 se tiene que el número de Reynolds es 23769.2, por lo tanto, está en régimen turbulento.

Con el tipo de flujo establecido, se determina el coeficiente  $f$  mediante la ecuación de Swamee-Jain, cuya fórmula tiene un error menor al 1% con

respecto a la ecuación iterativa de Colebrook-White, para las condiciones:  $10^{-6} \leq \frac{\varepsilon}{D} \leq 10^{-2}$  con  $5000 \leq Re \leq 10^8$  (Anaya et al., 2014).

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2} \quad \text{Ec. 2.6.}$$

Donde:

$\varepsilon$  : rugosidad absoluta de la tubería [mm] (Anexo X)

Una vez remplazados los valores en la ecuación 2.6 se tiene un coeficiente de fricción  $f$  igual a 0.011, el cual al multiplicarlo por la relación  $L/D$  se obtiene 3.84, estos factores son adimensionales.

Según la ecuación 2.4, es necesario calcular el sumatorio de los coeficientes de pérdida localizados  $k$ , por lo que se contabiliza los accesorios en la tubería de tal forma que se tiene:

$$\sum k = k_{entrada} + k_{codo} + k_{te} + k_{v.comp} + k_{v.globo} + k_{check} + k_{v.bola} \quad \text{Ec. 2.7.}$$

A continuación, en la tabla 2.20 se muestra la cantidad de accesorios instalados con sus respectivos coeficientes de pérdidas (Crane,1989).

Tabla 2.20. Coeficientes de pérdida  $k$  para los accesorios hidráulicos instalados.

Accesorios	Succión	Descarga	Total	Coefficiente k
Entrada de tubería	1	-	1	0.78
Codo 90°	1	19	20	30ft
Te	1	6	7	60ft
Válvula check	1	1	2	50ft
Válvula solenoide	1	4	5	340ft
Válvula de bola	1	4	5	3ft
Válvula de compuerta	-	2	2	8ft

Según Crane (1989), el factor de fricción se lo obtiene en tablas, de acuerdo al tipo y diámetro de tubería (Anexo XI), cuyo valor corresponde a  $f_{t_{\phi 25}} = 0.011$ . Este factor es remplazado en la ecuación 2.7 donde se tiene que el sumatorio igual a 32.14. Nuevamente este valor es remplazado en la ecuación 2.4, obteniéndose una pérdida total por fricción igual a 3.95 m. Finalmente, los valores calculados son remplazados en la ecuación 2.2b, donde la altura dinámica total es 38.71 m.

La cavitación de las bombas centrifugas es un problema común en los sistemas de bombeo debido a su selección inadecuada; además de determinar la altura dinámica total y el caudal de operación, es necesario aplicar el criterio de selección por cavitación. Según Monge (2017), para que una bomba centrífuga funcione sin cavitación debe cumplir que:

$$NPSH_{disp} \geq NPSH_{req} + 0.5 m \quad \text{Ec. 2.8.}$$

Donde:

$NPSH_{disp}$  = altura de aspiración neta positiva disponible

$NPSH_{req}$  = altura de aspiración neta positiva requerida

El valor de  $NPSH_{req}$  depende únicamente de las características de la bomba, esta información incluye en las hojas técnicas proporcionadas por los fabricantes. En cambio, el valor de  $NPSH_{disp}$  depende de las características de la instalación, y equivale a la reserva total de presión que está por encima de la presión de vapor del fluido, disponible en la zona de la boca de succión de la bomba. El cálculo de este valor se lo hace mediante la siguiente fórmula (Monge, 2017):

Para instalaciones en carga:

$$NPSH_{disp} = 10^5 \frac{P_l - P_v}{\rho \times g} + H_a - h_a \quad \text{Ec. 2.9a.}$$

Para instalaciones en succión:

$$NPSH_{disp} = 10^5 \frac{P_l - P_v}{\rho \times g} - H_a - h_a \quad \text{Ec. 2.9b.}$$

Donde:

$P_l$  : Presión del líquido [bar]

$P_v$  : Presión de vapor [bar]

$H_a$  : Altura de succión [m]

$h_a$  : Pérdida de carga en el tramo de succión [m]

Evidentemente cuando una instalación está dispuesta en succión, la altura de succión  $H_a$  es un factor desfavorable. En el caso de las bombas instaladas en la PTAR, todas están dispuestas en carga.

A continuación, la tabla 2.21 muestra los valores de presión de vapor y densidad del agua según la temperatura.

Tabla 2.21. Valores de presión de vapor y densidad del agua según la temperatura. Fuente: (Monge, 2017).

Temperatura [°C]	0	4	10	20	30	40	50	60	80	100
Presión de vapor [m.c.a.]	0.06	0.08	0.12	0.24	0.43	0.75	1.26	2.03	4.83	10.33
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	999.9	1.000	999.7	998.2	995.7	992.2	988.1	983.2	971.8	958.4

La presión del líquido, en este caso la presión atmosférica, está afectada por la altitud a la que se encuentra la instalación, por lo que se corrige con la siguiente expresión (Monge, 2017):

$$P_{atm} = 10.33 - \frac{altitud}{900} \quad \text{Ec. 2.10.}$$

Donde:

$P_{atm}$  : Presión atmosférica [m. c. a.]

altitud : Altitud sobre el nivel del mar [m]

La presión atmosférica a 2850 m.s.n.m. es de 0.7 bar, la pérdida de carga en el tramo de succión se calcula con la ecuación 2.4 y es igual a 1.27 m, la



presión de vapor del agua a 10 °C es 0.011 bar, la altura de succión es 1 m; al remplazar estos valores en la ecuación 2.9b se tiene que la NPSH<sub>disp</sub> es de 6.8 m, por lo que se tiene que seleccionar una bomba con un valor de NPSH<sub>req</sub> menor que 6.3 m.

De acuerdo con catálogo de bombas Foras® y con los datos de altura total calculada, caudal de operación y NPSH<sub>disp</sub>, se selecciona el modelo JXM 125/5 (ver Anexo XII).

A continuación, se realiza el dimensionamiento de la bomba de flushing, que es la que se encarga del retrolavado programado de las membranas de UF, la bomba toma el agua ultrafiltrada del tanque de flushing, y periódicamente la impulsa en contraflujo a través del banco de membranas de forma simultánea, este proceso desprende las sustancias retenidas en la superficie de las mismas para ser eliminadas por el drenaje.

El dimensionamiento de esta bomba está basado en la información de las hojas técnicas de las membranas, por lo que es necesario conocer los rangos de caudal y presiones de funcionamiento (Anexo VI y VII). Las pérdidas ocasionadas por la altura y por fricción en tubería, así como las pérdidas localizadas en accesorios, son desestimadas debido a la distancia y cantidad de accesorios escasas. Los datos de caudal y presión obtenidos en las fichas técnicas de las membranas, se muestran a continuación en la tabla 2.22.

Tabla 2.22. Caudal y presiones de operación de las membranas.

<b>Membrana UF</b>	<b>Cant.</b>	<b>Presión transmembrana [PSI]</b>	<b>Máxima presión [PSI]</b>	<b>Caudal de flushing [l/min]</b>	<b>Caudal total [l/min]</b>
Membrana UF-90	3	29	58	8	24
Membrana 4040	2	40	120	25	50
				<b>Total</b>	<b>74</b>

Las membranas UF-90 están diseñadas con una presión máxima de operación de 58 PSI, lo cual limita la presión de flushing del sistema, de tal manera que la bomba debe suministrar un caudal de hasta 74 l/min con una presión no

mayor a 58 PSI. El resumen del cálculo del valor de NPSH<sub>disp</sub> está resumido a continuación en la tabla 2.23.

Tabla 2.23. Resumen del cálculo de NPSH<sub>disp</sub> para la bomba de flushing.

Cálculo	Ecuación
$V = 3.7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Ec. 2.3
$Re = 58630.8$	Ec. 2.5
$f = 0.02$	Ec. 2.6
$f_{t_{\phi 34.6}} = 0.011$	Anexo XI
$\sum k_{\text{suc}} = 2.68$	Ec. 2.7
$h_{\text{fsuc}} = 2.54 \text{ m}$	Ec. 2.4
$NPSH_{\text{disp}} = 5.5 \text{ m}$	Ec. 2.9a

Con los valores de presión, caudal y NPSH<sub>disp</sub> definidos, se selecciona la bomba Foras® modelo Plus P3V-120/4, cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo XIII.

A continuación, se realiza el dimensionamiento de la bomba de salida de agua tratada, esta bomba se encarga de conducir el agua tratada de la PTAR hasta el reservorio ubicado en la terraza del edificio, para su posterior reutilización. En la figura 2.15 se muestra el esquema simplificado del sistema.

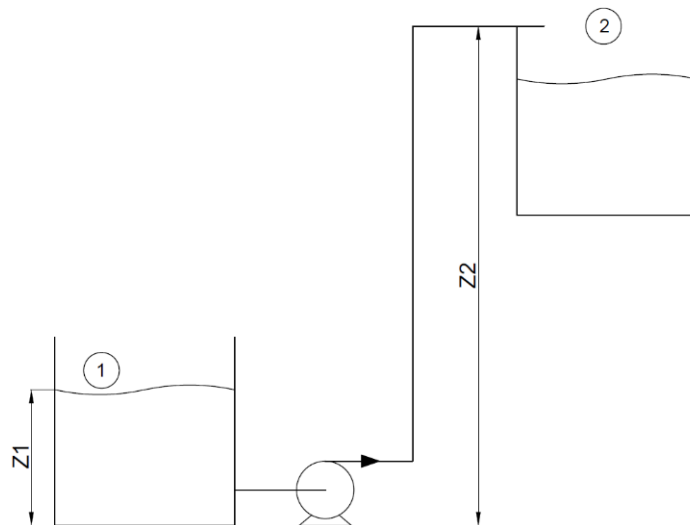


Figura 2.15. Esquema de la bomba de salida de agua tratada.

Las consideraciones de diseño para el dimensionamiento de la bomba de salida se muestran a continuación en la tabla 2.24.

Tabla 2.24. Consideraciones de diseño para el dimensionamiento de la bomba.

Caudal [Q]	1 l/s
Tipo de tubería	PVC C40
Diámetro de tubería	1 1/4 pulg.
Tubería de succión [Ls]	1 m
Tubería de descarga [Ld]	97 m
Altura manométrica en el punto 1 [Z1]	1 m
Altura manométrica en el punto 2 [Z2]	67 m

La tubería empleada en la succión y descarga de la bomba son de iguales características, por lo tanto, se contabiliza el total de los accesorios y se considera un solo cálculo para las pérdidas. La tabla 2.25 muestra la cantidad de accesorios utilizados en la tubería y su respectivo coeficiente k.

Tabla 2.25. Accesorios en la tubería y coeficientes de pérdida localizada.

Accesorios	Succión	Descarga	Total	Coficiente k
Entrada de tubería	1	-	1	0.78
Codo 90°	-	12	12	30ft
Codo 45°	2	1	3	16ft
Válvula de retención	-	3	3	50ft
Válvula de bola	1	1	2	3ft
Válvula de compuerta	-	2	2	8ft

Para el cálculo de la altura dinámica total y NPSH<sub>disp</sub>, se aplica la misma teoría y ecuaciones usadas en el dimensionamiento de la bomba booster, estos resultados se presentan en la tabla 2.26 a continuación.

Tabla 2.26. Resumen del cálculo para selección de la bomba de salida.

<b>Cálculo</b>	<b>Ecuación</b>
$V = 1.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Ec. 2.3
$\frac{V^2}{2g} = 0.06 \text{ m}$	Ec. 2.2b
$Re = 28212.3$	Ec. 2.5
$f = 0.023$	Ec. 2.6
$ft_{\phi 34.6} = 0.01025$	Anexo XI
$\sum k = 6.725$	Ec. 2.7
$h_f = 4.31 \text{ m}$	Ec. 2.4
$h_B = 70.37 \text{ m}$	Ec. 2.2b
$\sum k_{\text{suc}} = 1.94$	Ec. 2.7
$h_{\text{fsuc}} = 0.15 \text{ m}$	Ec. 2.4
$NPSH_{\text{disp}} = 7.88 \text{ m}$	Ec. 2.9a

De acuerdo con el catálogo de bombas Foras®, y con los datos obtenidos de altura dinámica total, NPSH<sub>disp</sub> y caudal de operación, se selecciona el modelo Plus P3V-300/8 (Anexo XIII).

Para el dimensionamiento del generador de ozono, se considera la dosificación recomendada para desinfectar agua potable; la dosis de desinfectante aplicado al agua está relacionada con un factor denominado CT, que es resultado de la multiplicación de la concentración residual del ozono en el agua (mg/l) por el tiempo de contacto (minutos). La práctica europea considera la aplicación de 0.4 mg/l con un tiempo de contacto de 4 minutos, es decir, un CT = 1.6. Sin embargo, la EPA (Environmental Protection Agency) en EEUU, señala que un CT = 0.72 aplicados al agua a 20°C es suficiente para desactivar 99.9 % de parásitos transmitidos por el agua y el 99.9% de virus entéricos (Beutelspacher y Calderón, 2005). La tabla 2.27 muestra los CT recomendados por la EPA para distintas temperaturas de agua.

Tabla 2.27. Factor CT requerido para desinfectar con ozono. Fuente: (Beutelspacher y Calderón, 2005).

Temperatura del agua	
°C	CT
<1	2.9
5	1.9
10	1.4
15	0.95
20	0.72
>25	0.48

La IBWA (International Bottled Water Association) recomienda una dosis de 1 a 2 mg de ozono por litro de agua aplicados en un tiempo entre 4 y 10 minutos, manteniendo un título de ozono residual de 0.1 a 0.4 mg/l por un tiempo de contacto de 4 a 10 minutos (Beutelspacher y Calderón, 2005).

La cantidad necesaria de ozono suministrado por el generador para la desinfección puede ser calculada mediante la siguiente ecuación (Beutelspacher y Calderón, 2005).

$$\dot{m}_{\text{ozono}} = D_s \times C_s \quad \text{Ec. 2.11.}$$

Donde,  $\dot{m}_{\text{ozono}}$  es el flujo másico de ozono requerido (g/h),  $D_s$  es la dosificación de ozono (g/l), es decir, la cantidad de ozono (gramos) necesaria para desinfectar un litro de agua y  $C_s$  es la capacidad de desinfección del sistema (l/h), es decir, la cantidad de litros de agua que se desea desinfectar en una hora.

La capacidad de desinfección del sistema es 1800 l/h y equivale a la máxima capacidad de tratamiento de la PTAR; de acuerdo con la IBWA, la dosificación de ozono es 2 mg/l, el tiempo de contacto es de 13 minutos con un volumen de 400 litros de agua. Al remplazar estos valores en la ecuación 2.11, se tiene que el flujo másico de ozono necesario es 3.6 g/h.

Los generadores de ozono comercialmente se encuentran disponibles de 3 y 5 g/h, por lo que se selecciona un generador con capacidad de 5 g/h cuya ficha técnica se incluye en el Anexo XIV.

A continuación, se dimensiona el inyector de ozono, uno de los métodos más utilizados para la aplicación de ozono en el agua para desinfección, es la inyección por tubo Venturi. La selección adecuada del inyector determina en gran medida la eficiencia del proceso, por lo que para su dimensionamiento es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros: el flujo de inyección de gas, el flujo de agua que circula por el tubo y las presiones de operación del mismo (entrada y salida).

En su funcionamiento normal, el sistema de inyección descarga la mezcla agua ozono, a una presión mayor o igual que la existente en el fondo del tanque de contacto, por lo que es necesario calcular la presión en la descarga. A continuación, la figura 2.16 muestra el esquema del sistema de inyección de ozono.

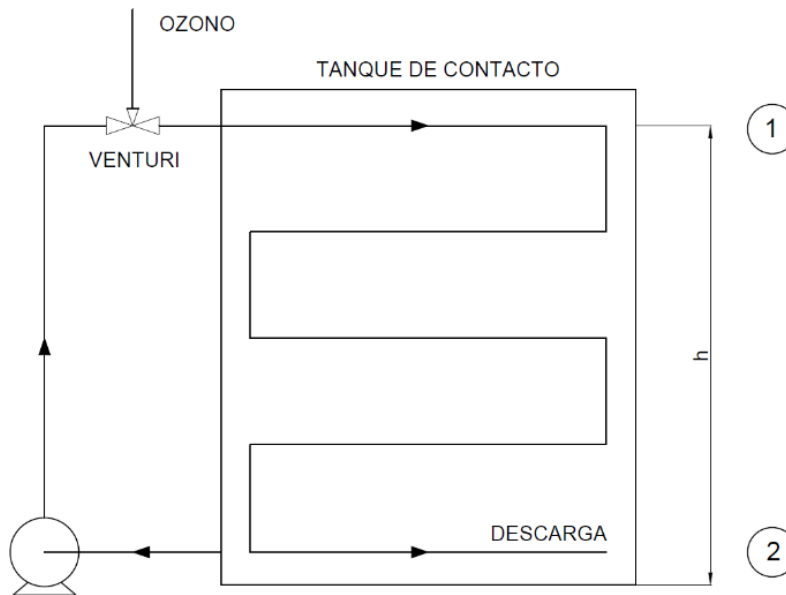


Figura 2.16. Sistema de inyección de ozono.

De acuerdo con Crane (1989), aplicado la ecuación de Bernoulli entre el punto 1 y 2, la presión en la zona de descarga es:

$$P_{descarga} = P + \rho gh \quad \text{Ec. 2.12.}$$

Considerando que la presión es 1 atmósfera (101325 Pa), la densidad el agua es 1000 kg/m<sup>3</sup>, la gravedad es 9.81 m/s<sup>2</sup> y la altura h de 1 m, y al remplazar los valores en la ecuación 2.12 se obtiene que la presión en el fondo del tanque de contacto es 111 kPa o 16.12 PSI.

De acuerdo con la tabla de desempeño proporcionada por Mazzei® (Anexo XV), se selecciona el inyector que cumple con los parámetros de flujo y presión. Para el presente caso, la presión de descarga debe ser mayor a 16.12 PSI, de acuerdo con la ficha técnica del generador de ozono, el flujo de inyección de gas en el Venturi tiene que ser mayor o igual que 21,19 SCFH, con lo que se obtiene los resultados que se muestran a continuación en la tabla 2.28.

Tabla 2.28. Parámetros de operación del inyector seleccionado.

<b>Inyector tipo Venturi modelo 1078-03</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>
Presión de entrada	60	PSI
Presión de salida	20	PSI
Flujo de gas	24.3	SCFH
Flujo de agua	18.2	GPM
Diámetro de tubería	1	pulgada

La selección de la bomba de recirculación de ozono está basada en las condiciones de operación del Venturi, donde las pérdidas por fricción y altura son mínimas con relación a las perdidas en el inyector, esto se debe a la longitud de tubería y número de accesorios escasos en el tramo, por lo que no son consideradas. Para el criterio de selección por cavitación, se resume el cálculo del NPSH<sub>disp</sub> en la tabla 2.29.

Tabla 2.29. Resumen del cálculo del NPSH<sub>disp</sub>.

<b>Cálculo</b>	<b>Ecuación</b>
$V = 2.13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Ec. 2.3
$Re = 42927.7$	Ec. 2.5
$f = 0.021$	Ec. 2.6
$f_{t_{\phi 26.2}} = 0.0108$	Anexo XI
$\sum k_{\text{suc}} = 2$	Ec. 2.7
$h_{\text{fsuc}} = 0.55 \text{ m}$	Ec. 2.4
$NPSH_{\text{disp}} = 7.48 \text{ m}$	Ec. 2.9a

De acuerdo con el catálogo de bombas Foras® y los datos obtenidos en las tablas 2.28 y 2.29, se selecciona el modelo Plus 5-180/4 (ver Anexo XVI).

A continuación, se dimensiona el sistema de aireación del tanque de homogenización que está compuesto por el blower regenerativo y los difusores de burbuja fina. El dimensionamiento del blower está basado en la cantidad mínima de aire para que un tanque se considere agitado, según Pallarés (2016), son necesarios 18 m<sup>3</sup>/min de aire por cada 1000 m<sup>3</sup> de agua.

Considerando el volumen máximo del tanque de homogenización se necesita un caudal de aire de 5.4 m<sup>3</sup>/h, es decir, 3.18 CFM como mínimo, de acuerdo a la geometría del tanque, la altura máxima que puede alcanzar el agua residual es 1.35 m, y para que la agitación sea homogénea es necesario instalar 5 difusores en la base del tanque; el fabricante de los difusores recomienda un flujo de diseño de 3 CFM por unidad (ver Anexo XVII), con lo que se obtiene un total de 15 CFM, satisfaciendo el requerimiento de flujo de aire mínimo, calculado inicialmente.

De acuerdo con el catálogo de Fuji Electric® y con los datos de flujo de aire calculado y altura de agua en el tanque, se selecciona el blower VFC40, cuyas características técnicas se incluyen en el Anexo XVIII.



#### **2.4.4. INSTRUMENTACIÓN**

Los elementos de instrumentación optimizan los recursos utilizados dentro de un proceso, dichos elementos permiten medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de proceso y permiten tomar decisiones al usuario o dentro del sistema de control.

Para el caso de la PTAR, las variables de proceso a controlar son la presión y caudal del agua dentro de las diferentes líneas, por lo que se considera la instalación de tres manómetros, un presostato y un medidor de flujo (rotámetro), representados por PG, PSL y FEI, respectivamente, como se muestran en el diagrama PI&D incluido en el Anexo XIX.

El dimensionamiento de estos elementos está basado en la presión máxima que pueden aportar las bombas booster y de flushing; esta presión no supera los 90 PSI, de acuerdo a sus hojas técnicas. De tal manera que se selecciona los manómetros con glicerina de 2.5", cuyo rango de operación está entre 0 - 150 PSI, en el caso del presostato su rango de operación es de 0 - 145 PSI, con un diferencial de presión de 60 PSI (ver figura 2.18).

El medidor de flujo es seleccionado en base al caudal de operación, la presión y el diámetro de la tubería, pero debido a la ubicación del flujómetro en el sistema, la presión de trabajo no es un criterio determinante para su selección, por lo que se ha considerado un rotámetro de cuerpo acrílico con conexiones de 3/4" y con un rango de operación de 1 – 10 GPM.

#### **2.4.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL**

El sistema de control o simplemente control, es un sistema físico y por lo tanto está definido como un conjunto de elementos que interaccionan con el fin de posibilitar que determinado sistema cumpla con sus objetivos (Aguinaga,

2008). El control corresponde a uno de los sistemas más importantes en el desarrollo del presente proyecto.

Al analizar la planta de tratamiento, se toma en consideración que los componentes ejecutan procesos cíclicos y que la señal de control cambiará entre totalmente ON y totalmente OFF y viceversa, sin estados intermedios, es decir, serán controlados mediante señales discretas, por lo que se establece el control secuencial como método de control.

Las variables de proceso a controlar son el caudal y la presión, y para la implementación del control, una vez establecido el funcionamiento del sistema es necesario definir los elementos que se van a utilizar, esta información se muestra en la siguiente descripción:

Interruptor de nivel de líquido, es un tipo de sensor que detecta el momento que un líquido alcanza un nivel predeterminado en un recipiente, enviando una señal; es utilizado cuando no se necesita la medición de los posibles niveles intermedios, los cuales pueden ser medidos por un sensor analógico, por ejemplo. Para el presente proyecto se utilizan interruptores de nivel con flotador magnético, el mismo que se muestra a continuación en la figura 2.17.



Figura 2.17. Interruptor de nivel de líquido con flotador magnético.

Presostato, es un dispositivo que, al detectar dentro de una tubería, el cambio de presión en los límites de un rango preestablecido, conmuta un interruptor eléctrico. Para el caso de la PTAR, este instrumento se desempeña como un

elemento de seguridad, el cual envía una señal cuando existe sobrepresión en la línea, deteniendo todos los procesos y enviando una alerta. La figura 2.18 muestra el presostato implementado.



Figura 2.18. Presostato implementado en el proyecto.

Controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) o autómata programable, se define como un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de configuración de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos (Aguinaga, 2008).

Existe una amplia variedad de controladores en el mercado local, siendo la marca SIEMENS® una de las más difundidas. Para el proyecto se ha seleccionado el módulo lógico LOGO 230 RCE por su versatilidad y simplicidad en la programación, se ajusta completamente al tipo de control a implementarse, y al no contar con entradas ni salidas analógicas integradas, es más económico en comparación con otras opciones. No obstante, el número de entradas y salidas digitales integradas no satisface el requerimiento, por lo que es necesario adquirir un módulo de expansión 8 DI/DO, el tipo de salida utilizada es de relé. Las características técnicas del PLC y módulo de expansión se muestran en el Anexo XX.

Relé, es un elemento electromecánico que actúa como interruptor eléctrico, está provisto de contactos los cuales conmutan al energizar una bobina con

cierto voltaje y amperaje bajo, pudiendo controlar circuitos de mayor potencia que el utilizado en dicha bobina.

Contactores, al igual que los arrancadores electrónicos suaves y variadores de frecuencia son considerados pre-actuadores. Los contactores son elementos electromecánicos accionados por una bobina, están diseñados para la conexión y desconexión de circuitos de potencia, pudiendo controlar motores eléctricos, electrobombas u otro tipo cargas de hasta miles de amperios.

Electroválvulas, son elementos finales de control que actúan sobre un sistema o proceso. Las electroválvulas, en este caso del tipo todo o nada, permiten o no el paso de un fluido dentro de una tubería, están potenciados por un actuador eléctrico ya sea de motor o solenoide.

Para el presente proyecto, basado en la configuración hidráulica del sistema y la presión máxima de operación (90 PSI), se seleccionan válvulas NO y NC de acción directa, accionados por un solenoide de corriente alterna, cuya presión de operación máxima es 150 PSI. Las especificaciones técnicas completas se incluyen en el Anexo XXI.

Bomba centrífuga, es un tipo de actuador, específicamente es una máquina hidráulica rotativa cuyo mecanismo transfiere energía a un fluido incompresible. En el caso de electrobombas se energizan por medio de un contactor eléctrico, arrancador suave o variador de frecuencia, los mismos que están gobernados por el controlador.

Interfase Hombre-Máquina, el HMI (Human-Machine Interface) es un panel electrónico usado en control para la interacción entre humanos y máquinas (usualmente utilizado en el entorno industrial), recupera o ingresa información y/o convierte variables de proceso en el momento que se requiera. En la PTAR, el HMI permite supervisar los procesos, verificar el estado de los sistemas eléctricos en los electrobombas y presión en las líneas, permite ejecutar procesos de forma manual, entre otras funciones.

Una de las características necesarias para la selección del HMI es que esté provisto de puerto Ethernet para la comunicación con el módulo lógico, esta característica ofrece el panel táctil seleccionado modelo DOP-B03E211 de la marca Delta Electronics® (ver Anexo XXII).

Para la implementación del control, es necesario establecer y analizar el funcionamiento completo de la planta de tratamiento, por lo cual es preciso establecer el diagrama P&ID (Anexo XIX), el mismo que permite la identificación de los equipos e instrumentos de una manera sencilla, y además proporciona una idea clara de las condiciones de diseño del proceso y su funcionamiento.

De acuerdo con el diagrama PI&D existen 7 lazos de control que actúan de manera independiente, sin embargo, en algunos casos pueden compartir elementos como interruptores de nivel o bombas.

A continuación, se identifican las señales de entrada y salida, en la mayoría de los lazos de control las señales digitales de entrada son el nivel de agua en los tanques TK 01, TK 02 Y TK 03 y presión en la tubería detectado por el interruptor de presión PSL, en el lazo de control 02 y 04 además del nivel, es necesario el uso de temporizadores y generadores de pulsos para la ejecución de los procesos. En el caso del lazo 03 las entradas son señales enviadas por los filtros FTR 01 y FTR 02 a través de las salidas de relé, las válvulas automáticas de los filtros tienen su propia programación, no dependen del PLC.

De forma semejante, las señales de salida son digitales, básicamente controlan los relés y contactores, los cuales corresponden a las electroválvulas, bombas, y otros equipos hidráulicos y neumáticos descritos anteriormente.

Con respecto al entorno de programación, la programación del módulo lógico se realizó en el software LOGO!soft Confort provisto por el fabricante, cuenta

con un entorno simple e intuitivo para programación mediante diagramas de bloques. En la figura 2.19 se muestra la ventana principal del software.

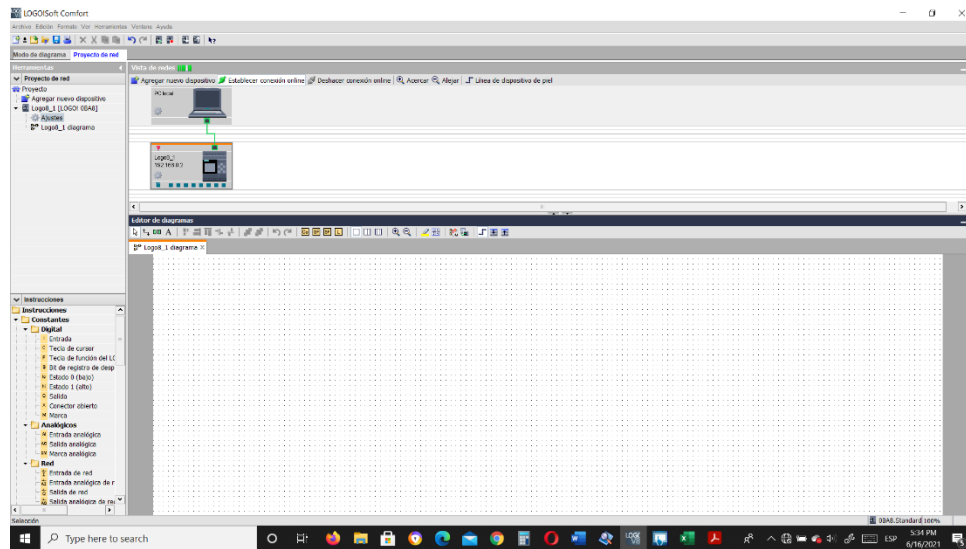


Figura 2.19. Software LOGO!Soft Confort.

Para la programación, además de establecer las entradas y salidas, es necesario la utilización y asignación de variables, tales como memorias, contadores, generadores de impulsos, temporizadores, entre otros. A continuación, en la tabla 2.30 se muestra la tabla de asignación de variables utilizadas en la programación del PLC.

Tabla 2.30. Asignación de variables de programación.

Variable	Tipo	ID plano eléctrico	Función/Descripción	NC/NO
I1	DI	L1	Nivel tanque de homogenización TK 01	NO
I2	DI	L2	Nivel tanque de flushing TK 02	NC
I3	DI	L3	Nivel máximo tanque de contacto TK 03	NO
I4	DI	L4	Nivel mínimo tanque de contacto TK 03	NC
I5	DI	S4	Inicio retrolavado filtros FTR 02 y FTR 03	NO
I6	DI	S5	Transición de proceso en FTR 02 y FTR 03	NC
I7	DI	P1	Interruptor de presión PSL	NC
I8	DI	-	Supervisor tercera fase	NC
I9	DI	S6	Paro de emergencia	NC
I10	DI	PMP01	Sobrecarga PUMP 01	NC
I11	DI	PMP02	Sobrecarga PUMP 02	NC
I12	DI	PMP03	Sobrecarga PUMP 03	NC

I13	DI	PMP04	Sobrecarga PUMP 04	NC
I14	DI	S7	Encendido remoto	NO
I15	DI	L5	Nivel máximo cisterna agua tratada	NC
M1	Marca	-	Memoria mantenimiento	-
M2	Marca	-	Memoria sobrecarga eléctrica	-
M3	Marca	-	Memoria sobrepresión	-
M4	Marca	-	Memoria falla de fase	-
M5	Marca	-	Memoria paro de emergencia	-
M6	Marca	-	Memoria Backwash (BW) HMI filtro malla	-
M7	Marca	-	Indicador HMI Flushing	-
M8	Marca	-	Indicador HMI Ozono	-
M9	Marca	-	Memoria encendido sistema de ozono HMI	-
M10	Marca	-	Memoria encendido bomba de salida HMI	-
M11	Marca	-	Memoria flushing membranas HMI	-
M12	Marca	-	Indicador HMI Backwash filtro malla	-
M13	Marca	-	Indicador HMI Servicio	-
B010	Bloque	-	Generador de impulsos asíncrono flushing	-
B015	Bloque	-	Generador de impulsos asíncrono ozono	-
B020	Bloque	-	Generador de impulsos asíncrono envío SMS	-
B023	Bloque	-	Temporizador semanal BW filtro malla	-
B036	Bloque	-	Generador de impulsos asíncrono blower	-
B042	Bloque	-	Temporizador semanal blower	-
Q1	DO	KA1	Relé electroválvulas EV 01, EV 02	-
Q2	DO	KA2, KA3	Relés electroválvulas EV 03, 04, 05, 06	-
Q3	DO	KA5, KA5	Relés electroválvulas EV 07, 08, 09, 10	-
Q4	DO	KM1	Contactador bomba booster PUMP 01	-
Q5	DO	KM2	Contactador bomba flushing PUMP 02	-
Q6	DO	KM3	Contactador bomba de salida PUMP 03	-
Q7	DO	KA6	Relé generador de ozono OG 01	-
Q8	DO	KM4	Contactador bomba recirc. ozono PUMP 04	-
Q9	DO	GSM1	Alarma 1 módulo GSM	-
Q10	DO	GSM2	Confirmación de encendido remoto	-
Q11	DO	BUZZER	Buzzer mantenimiento	-
Q12	DO	KM5	Contactador blower RC01	-

Para transferir el programa, se establece la comunicación entre el PLC y el computador mediante el puerto Ethernet y la asignación de IP fijas. Las figuras 2.20 y 2.21 muestran la lógica de programación del PLC.

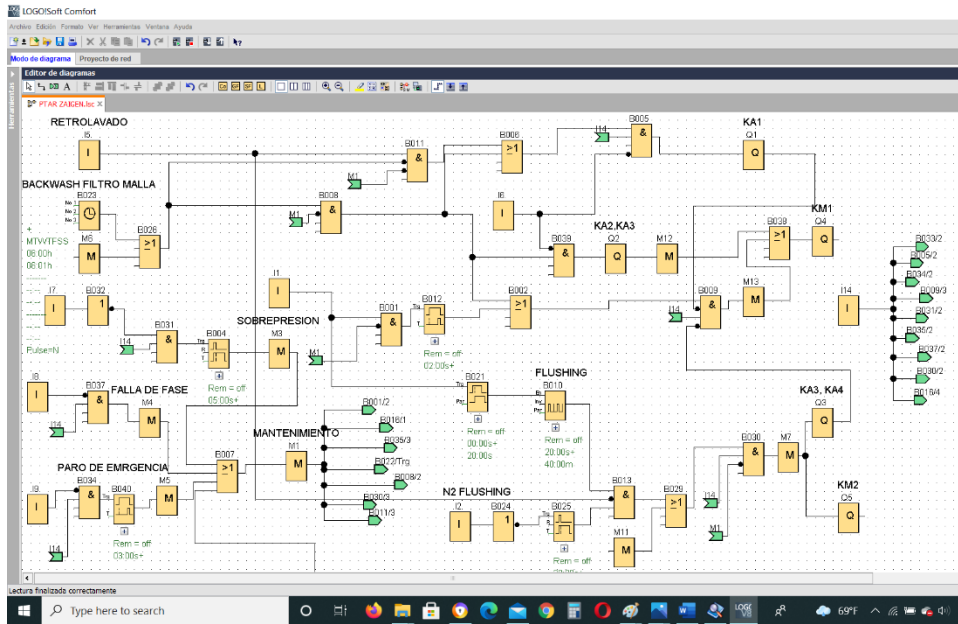


Figura 2.20. Lógica de programación.

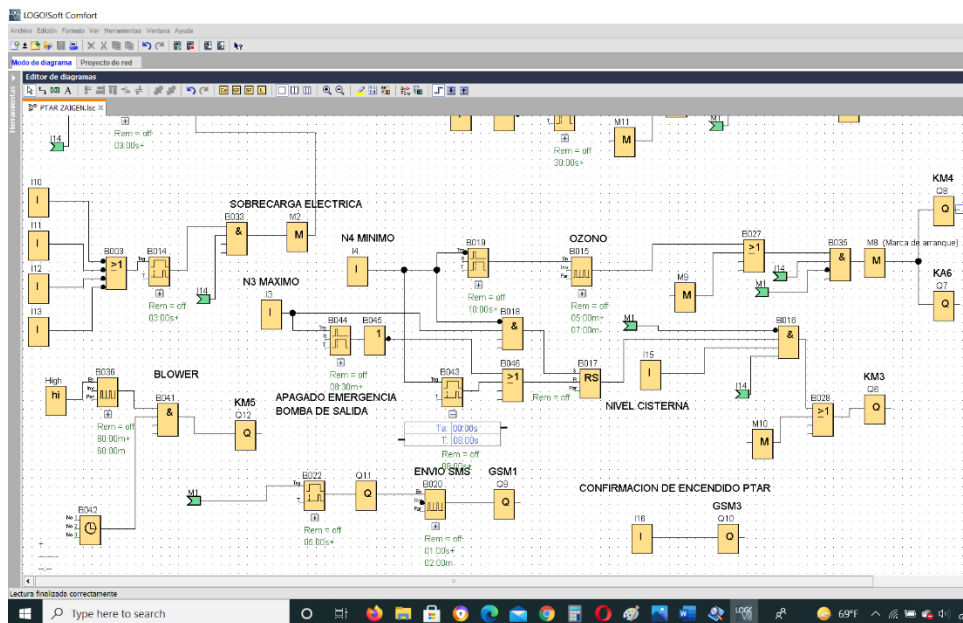


Figura 2.21. Lógica de programación (continuación).

Posteriormente, se procede con la programación del HMI, la interfase del HMI por defecto debe ser sencilla y amigable con el usuario, debe contar con los recursos necesarios para facilitar el control o monitoreo de los procesos. La programación del HMI se realiza mediante el software DOPSoft provisto por el fabricante (figura 2.22).



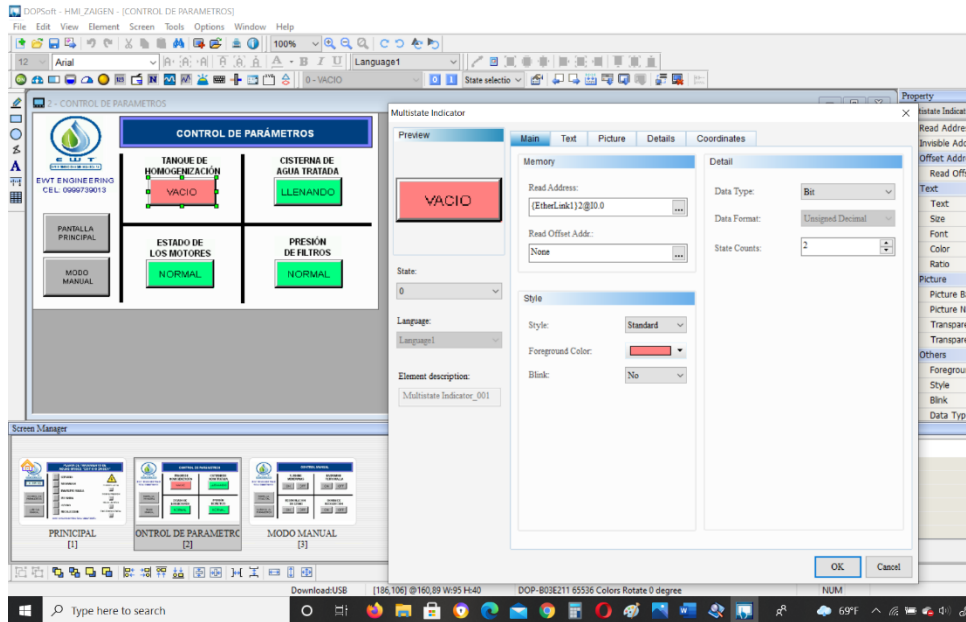


Figura 2.22. Entorno de programación DOPSoft.

Se genera el entorno gráfico en tres pantallas, la primera o principal es la que se mostrará por defecto, contiene información básica del proceso que se está ejecutando, también incluyen indicadores de alerta en caso de malfuncionamiento y botones de acceso a las otras pantallas. La figura 2.23 muestra la pantalla principal del HMI.



Figura 2.23. Pantalla principal.

La segunda pantalla está diseñada para la supervisión de algunos elementos, se incluye el estado de los tanques de homogenización y de agua tratada, carga eléctrica en las bombas, presión en la línea principal de filtración y

accesos a las otras pantallas. La figura 2.24 muestra la segunda pantalla del HMI correspondiente al control de parámetros.

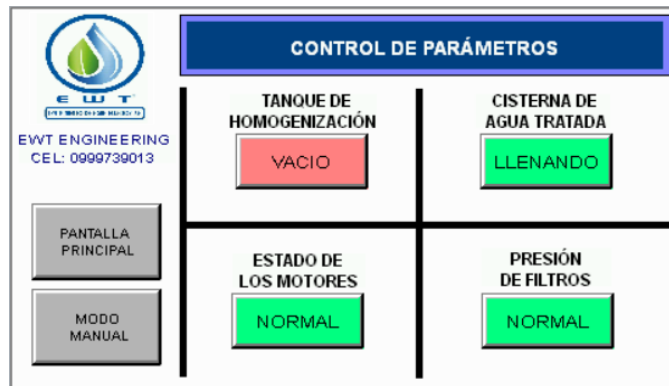


Figura 2.24. Pantalla de control de parámetros.

En la tercera pantalla se configura el control manual de los diferentes procesos para efecto de mantenimiento, los cuales corresponden a los distintos lazos de control preestablecidos. A continuación, la figura 2.25 muestra la tercera pantalla del HMI que corresponde al control manual.

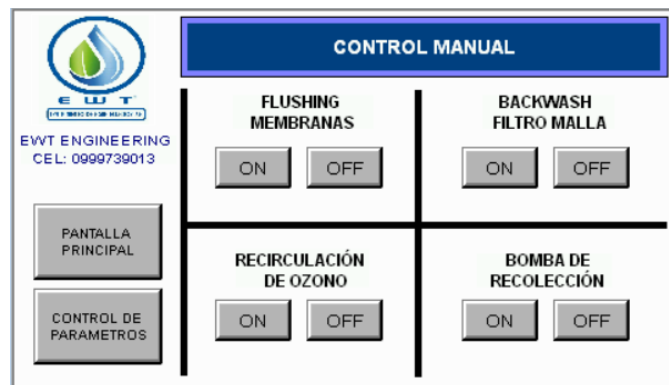


Figura 2.25. Pantalla de control manual.

La comunicación entre el HMI y el PLC se establece mediante conexión Ethernet, y para la vinculación de sus elementos es necesario asignar direcciones en la memoria, de acuerdo con las variables establecidas previamente en el módulo lógico, los datos manejados son de tipo booleano.

Para concluir, una vez finalizado el proceso de diseño del entorno gráfico y asignación de direcciones, se transfiere el programa al HMI mediante conexión

USB. A continuación, la tabla 2.31 muestra la correspondencia de las direcciones de memoria y las variables asignadas.

Tabla 2.31. Correspondencia de las direcciones de memoria y las variables asignadas.

<b>Tags</b>	<b>Tipo de elemento</b>	<b>Dirección de memoria</b>	<b>Variable asignada</b>
Pantalla Principal	Goto Screen	-	-
Control de Parámetros	Goto Screen	-	-
Modo Manual	Goto Screen	-	-
Servicio	Multistate Indicator	2@M1.4	M13
Backwash	Multistate Indicator	2@I0.4	I5
BW Filtro Malla	Multistate Indicator	2@M1.3	M12
Flushing	Multistate Indicator	2@M0.6	M7
Ozono	Multistate Indicator	2@M0.7	M8
Recolección	Multistate Indicator	2@Q0.5	Q6
Sobrecarga	Multistate Indicator	2@M0.1	M2
Sobrepresión	Multistate Indicator	2@M0.2	M3
Falla de Fase	Multistate Indicator	2@M0.3	M4
SMS Emergencia	Multistate Indicator	2@Q1.0	Q9
Tanque de Homogenización	Multistate Indicator	2@I0.0	I1
Cisterna de Agua Tratada	Multistate Indicator	2@I1.5	I14
Estado de los Motores	Multistate Indicator	2@M0.1	M2
Presión de Filtros	Multistate Indicator	2@M0.2	M3
Flushing Membranas	Set/Reset	2@M1.2	M11
Backwash Filtro Malla	Set/Reset	2@M0.5	M6
Recirculación de Ozono	Set/Reset	2@M1.0	M9
Bomba de Recolección	Set/Reset	2@M1.1	M10

Módulo GSM. Una de las características de diseño de la PTAR es la capacidad de encendido/apagado y envío de alertas vía remota, por lo que es necesario la integración de un dispositivo que interactúe a larga distancia con el sistema de control de la planta; en la actualidad existen tecnologías para control remoto como WIFI, LORA, servidores Web o GSM, siendo esta última la que más se ajusta al requerimiento.

En la selección del módulo GSM también se tomó en cuenta más de una opción, donde se evaluó su funcionalidad y costos de implementación, finalmente se optó por utilizar una placa de desarrollo de uso profesional para la creación de un dispositivo personalizado, en este caso la MKR1400 de la marca Arduino® (ver Anexo XXIII).

Descripción del módulo. El módulo GSM es un dispositivo con capacidad de envío y recepción de información vía mensajes de texto, el cual controla una salida de relé. En su diseño se ha considerado 4 entradas digitales que reciben información desde el PLC, o a su vez, puede recibir comandos de texto desde un teléfono celular y en ambos casos, ejecutar una acción determinada. En la tabla 2.32 se detalla la información que procesa el módulo.

Tabla 2.32. Información procesada por el módulo GSM.

<b>Entrada/Comando</b>	<b>Origen</b>	<b>Salida de relé</b>	<b>Mensaje enviado al usuario</b>
Alarma 1	Señal PLC	-	“Mantenimiento requerido”
Alarma 2	Señal PLC	-	“Mensaje para alarma 2”
Alarma 3	Señal PLC	-	“Mensaje para alarma 3”
“Prender Planta”	SMS	ON	“Planta Encendida”
“Apagar Planta”	SMS	OFF	“Planta Apagada”
Confirmación de encendido	Señal PLC	-	-

Para el encendido remoto, el usuario envía el comando “Prender Planta” por SMS, el microcontrolador del módulo activa la salida de relé, éste a su vez enciende un contactor en el tablero de control energizando el sistema de control, si el proceso de encendido fue exitoso, el PLC retorna una señal de confirmación al módulo GSM, de forma seguida envía un mensaje de confirmación al usuario, en este caso “Planta Encendida”, si el encendido no fue correcto, enviará “Planta Apagada”. Para apagar la PTAR el usuario envía el comando “Apagar Planta”, el módulo confirmará enviando el mensaje “Planta Apagada”.

Para el envío de alertas remotas, el módulo tiene la capacidad administrar hasta 3 alarmas de forma independiente, en este caso son utilizadas para monitorear posibles fallos en la planta; eventualmente el PLC envía una señal al módulo GSM, este procesa la información y enviará al usuario el mensaje de alerta correspondiente.

La programación de la placa de desarrollo se realizó utilizando el IDE de Arduino de licencia libre, donde se establece el código de programa por medio de una serie de comandos, en el Anexo XXIV se muestra la programación del dispositivo.

El hardware utilizado en el desarrollo del módulo consta de 1 placa MKR1400, 1 módulo relé de DC 5V, 2 diodos led, 3 resistencias 1/2 W, 1 transistor NPN, 1 bornera, 1 baquelita perforada, 1 antena GSM y 1 carcasa. A continuación, en la figura 2.26 se muestra el módulo GSM construido.

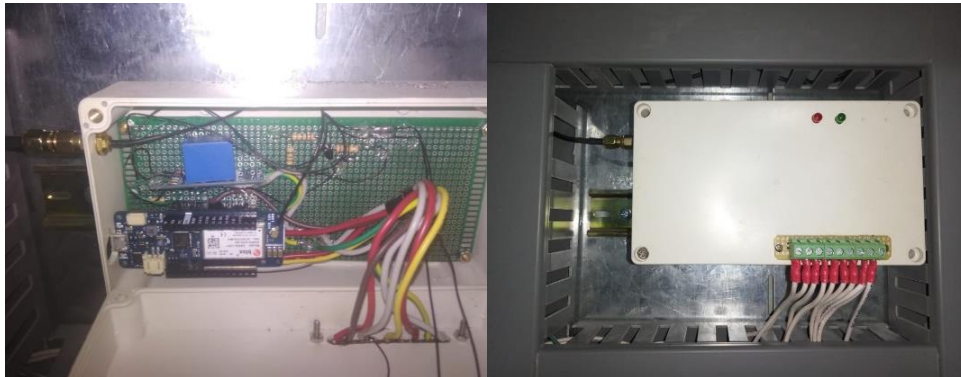


Figura 2.26. Módulo GSM construido.

## 2.5. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

En el presente apartado se detalla la construcción de elementos mecánicos como el bastidor de las membranas y accesorios, así como los elementos soportantes de las bombas y el blower, también muestra el dimensionamiento de elementos normalizados y finalmente el montaje del equipo.

### **2.5.1. FABRICACIÓN DEL BASTIDOR Y ELEMENTOS SOPORTANTES**

La fabricación del bastidor se realizó con perfil estructural cuadrado de 40 x 40 x 2 mm, el material seleccionado es acero al carbono A36, el cual garantiza una buena soldabilidad. De acuerdo con el plano de detalle (ver Anexo XXV), se procede a medir, trazar y cortar con las medidas establecidas, para el corte se utiliza una tronzadora de metales.

Cuando se han obtenidos todos los segmentos que componen la estructura, se procede a armar verificando dimensiones, alineación y perpendicularidad entre los elementos, la soldadura se realiza siguiendo las especificaciones del plano de detalle aplicando el proceso GMAW-MIG con alambre de 0.9 mm de diámetro. Para la aplicación del recubrimiento y por motivo enteramente estético, el acabado en la soldadura debe ser totalmente liso, mediante una amoladora angular se pule hasta lograr una apariencia uniforme entre la superficie del cordón y el metal base. Una vez terminado el proceso de soldadura, la estructura es acondicionada para la aplicación de pintura electrostática, con lo cual finaliza su construcción.

Los soportes de las bombas fueron fabricados con planchas de acero AISI 304 de 3 mm de espesor con acabado 2B. Primeramente, se traza las dimensiones generales de cada soporte, por medio de una cizalla hidráulica se obtienen las 5 secciones correspondientes, luego, se marcan los centros y se procede a taladrar los alojamientos para los respectivos anclajes, para concluir, se traza las líneas de plegado y mediante una dobladora hidráulica se conforma las planchas según se especifica en el plano de detalle correspondiente (ver Anexo XXV).

### **2.5.2. ELEMENTOS NORMALIZADOS**

Para la sujeción de equipos como las bombas centrífugas y el blower, se utilizaron elementos de acero inoxidable de 5/16" de diámetro; pernos de anclaje en el caso de los soportes que van fijos en el piso, y de cabeza hexagonal para la sujeción en los soportes y el bastidor.

Es necesario conocer el tipo de esfuerzos que están presentes en la estructura. En el caso de los esfuerzos, un perno puede estar solicitado a tracción y/o a corte, en los elementos de anclaje y sujeción de las bombas, de manera general se producen esfuerzos normales y los pernos están sometidos enteramente a tracción, por lo que se analizan de esta forma. Los esfuerzos que están presentes en la estructura son producidos por el peso de la bomba y por la fuerza que esta genera durante su operación.

Dentro del análisis se consideró la bomba de mayor potencia del sistema (P 3V-300/8), se debe obtener los esfuerzos normales por lo que es necesario conocer las condiciones críticas de operación, es decir, cuando la bomba

entrega la máxima presión; de acuerdo con el catálogo se tiene que este valor es de 127 m.c.a. y el diámetro de descarga es de 1 1/4", aplicando la definición de presión, se obtiene que la bomba está sometida a una fuerza de 221 lbf y su peso corresponde a 56.4 lbf.

Para encontrar el esfuerzo que soporta cada perno utilizamos la ecuación de esfuerzo simple (ecuación 2.13), considerando que el diámetro del perno es 5/16", se tiene que el esfuerzo en el perno es de 3616.7 PSI (se considera un solo perno); el esfuerzo de fluencia del acero AISI 316 es de 70 KSI, con lo que se comprueba que los pernos están adecuadamente dimensionados.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 2.13.}$$

### **2.5.3. MONTAJE DEL EQUIPO**

El montaje de la planta corresponde al ensamblaje, ubicación y fijación ordenada y distribuida de cada uno de los componentes dimensionados previamente, para facilitar este proceso se ha dividido en cuatro pasos siguiendo un orden establecido.

En el primer paso es necesario ensamblar y ubicar los subconjuntos más grandes, éstos corresponden a los filtros de medios múltiples, el rack (bastidor) de las membranas y el tanque de homogenización (TK01), de esta forma se

visualiza el espacio disponible para las conexiones de los otros componentes, la figura 2.27 muestra el ensamblaje del rack de las membranas.



Figura 2.27. Ensamblaje del rack.

A continuación, se procede a ensamblar los filtros, los filtros de zeolita (FTR02) y carbón activado (FTR03) tienen 5 componentes principales, el tanque, válvula de control, canastilla superior, canastilla inferior y tubo central o bajante, como se muestra en la figura 2.28.

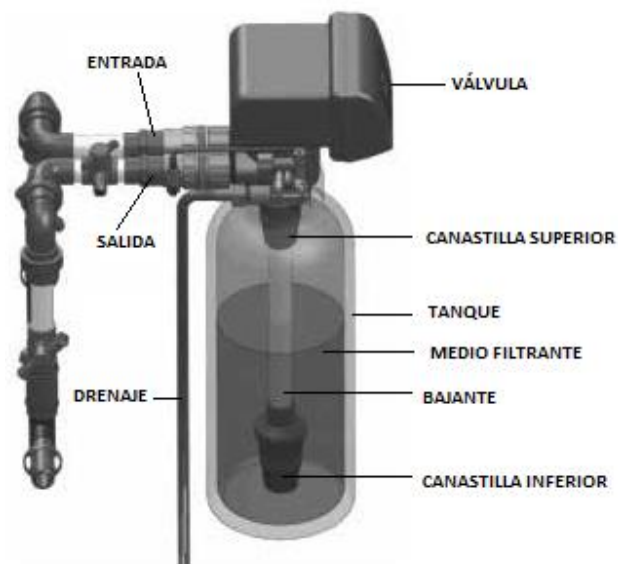


Figura 2.28. Partes de un filtro de medios múltiples.



Para el ensamblaje del rack, primeramente, se procede a ensamblar las membranas de UF (UFM01-05) cuyas carcasas vienen por separado; para sellar los empaques en los extremos se utiliza lubricante a base de silicón de grado alimenticio; luego, las membranas son distribuidas y fijadas en el rack con sus respectivos soportes; finalmente, se instalan las electroválvulas (EV07-10), válvulas manuales y demás elementos y accesorios definidos previamente, de acuerdo con el diagrama PI&D. Toda la tubería utilizada en la planta es de tipo pegable, para lo cual se utiliza pega de secado rápido marca Weld-on®.

En el segundo paso, las bombas que van ancladas al piso (PMP01/03/04) son ubicadas y fijadas, al igual que el tanque de flushing (TK02) y el tanque de contacto (TK03), luego, se ubica y se fija el blower regenerativo (RC01), se instala la tubería de aire y los difusores dentro del tanque de aireación, posteriormente, mediante riel galvanizada para sujeción (riel chanel) y abrazaderas se fija en la pared el filtro malla (FTR01) con su respectivo conjunto de accesorios, electroválvulas (EV01-06), manómetro (PG01), interruptor de presión (PSL01) y tubería, de acuerdo con el diagrama PI&D. La figura 2.29 muestra el montaje de los filtros y los difusores de aire con sus respectivos accesorios. La figura 2.30 muestra el sistema de recirculación de ozono ensamblado.



Figura 2.29. a) Montaje de los filtros y accesorios. b) Ensamblaje de difusores de aire y tubería.



Figura 2.30. Montaje del sistema de recirculación de ozono.

En el tercer paso, se fija el generador de ozono (OG01) en el lugar previamente establecido, basándose nuevamente en el diagrama PI&D se ensambla el sistema de inyección, por medio de tubería pegable y utilizando uniones universales se interconectan los subconjuntos previamente ensamblados, finalmente se conecta y se fija la tubería de entrada de agua potable y de salida de agua tratada, mediante riel chanel y abrazaderas.

Finalmente, el cuarto paso corresponde al montaje del sistema eléctrico, el tablero de control que ha sido ensamblado previamente se fija en el lugar establecido, utilizando riel chanel y abrazaderas se instala la tubería EMT de 1" y cajas de paso tipo condulet hacia los diferentes puntos de conexión, luego, de acuerdo a las características eléctricas de cada componente, y utilizando conductores eléctricos flexibles, se instala el cableado correspondiente. La figura 2.31 muestra el ensamblaje y conexión del tablero de control.

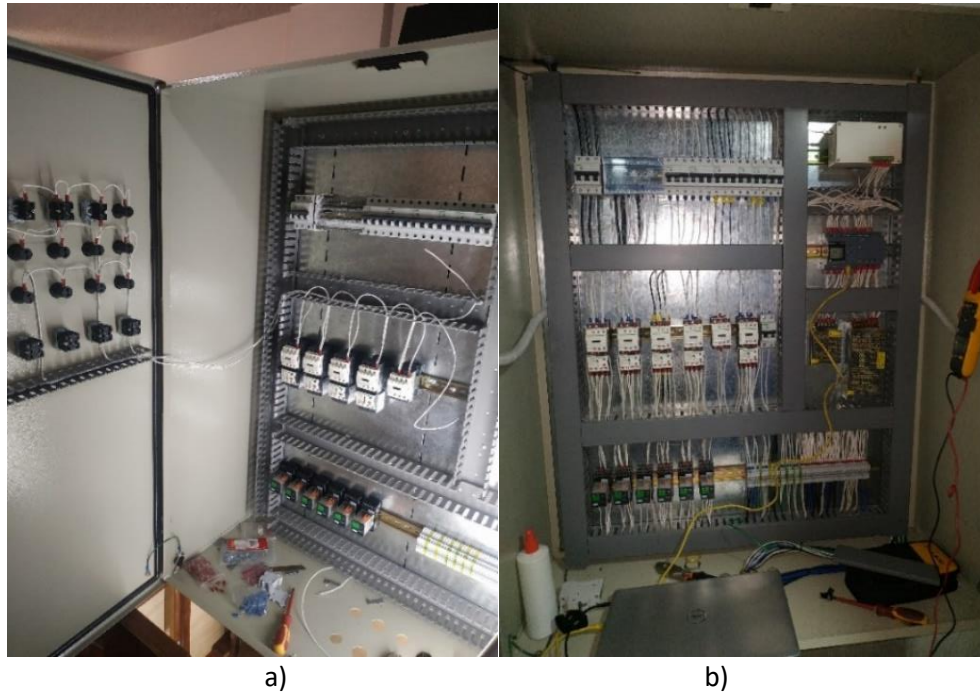


Figura 2.31. a) Ensamblaje del tablero de control. b) Conexión de los equipos eléctricos.

Para concluir, se conectan todos los equipos eléctricos al tablero de control, como se muestra en el plano eléctrico detallado en el Anexo XXVI. La figura 2.32 muestra la programación del PLC.



Figura 2.32. Programación del PLC.

Con la programación del PLC y HMI finaliza la construcción de la PTAR, los ajustes respectivos del sistema hidráulico, así como de programación se los

realizó durante la ejecución del protocolo de pruebas. En el Anexo XXVII se muestra el registro fotográfico de la planta de tratamiento terminada.

## **2.6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

En el presente apartado se establece el protocolo de pruebas y se presentan sus resultados, incluye el criterio para realización de pruebas hidrostáticas en tuberías y accesorios, así como la calibración del equipo.

### **2.6.1. PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Una vez finalizado la construcción y montaje del equipo, se elabora un protocolo de pruebas con el fin de verificar el correcto funcionamiento de la PTAR. Se realiza una prueba integral del equipo, mediante el funcionamiento continuo del mismo; se evalúa y comprueba la funcionalidad de cada sistema, los resultados de la ejecución del protocolo de pruebas se muestran en el Anexo XXVIII.

En el caso de las pruebas de desempeño de la planta, éstas se realizan con agua residual producida por los usuarios del edificio, para lo cual, se evalúa el agua tratada mediante un análisis fisicoquímico cuyo resultado se presenta en el Anexo XXIX; en las pruebas hidrostáticas, calibraciones de caudal, presión y tiempos de proceso, se utilizó agua limpia.

### **2.6.2. PRUEBA HIDROSTÁTICA**

La prueba hidrostática de tuberías y demás accesorios se realizó utilizando agua potable, consiste en la aplicación de una presión superior a la presión nominal de trabajo en línea de tuberías (utilizando una bomba manual para pruebas), con el fin de verificar la hermeticidad de las juntas y accesorios. Para la ejecución de esta prueba, los equipos deben estar fuera de operación.

La Norma ASTM D2274-08 establece que, en ausencia de regulaciones locales, debe presurizarse la tubería a 150% de la presión de operación de diseño del sistema; pero no menos de 15 PSIG y sin exceder la presión de diseño según la clase de la tubería, y debe ser medida en el punto más bajo del tramo de prueba (Tercero, 2011). No define la duración de la prueba, pero se acogió las recomendaciones de la normativa NTP ISO 4191 y se realizó la misma por el lapso una hora.

Para tuberías que no exceden los 30 metros de longitud y 63 mm de diámetro, la pérdida de presión luego de un período de ensayo de una hora no debe exceder de 0,05 MPa (Amanco, 2008).

### **2.6.3. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO**

Utilizando los equipos de instrumentación y las válvulas de control se configura la presión de trabajo dentro de los rangos establecidos en cada proceso, asimismo, se establece los caudales de operación del equipo, tiempos de flushing y retrolavado de las unidades. Se configura los intervalos de aireación del blower, finalmente, se calibra el sistema de protección del equipo por sobrepresión.

### **3. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se analiza la funcionalidad, capacidad y desempeño de la PTAR, también se presenta un resumen con los costos generados en el desarrollo del proyecto.

#### **3.1. ANÁLISIS FUNCIONAL**

Los resultados aceptados de las pruebas de campo y el análisis del agua tratada, certifican que el equipo está funcionando correctamente y cumple con el propósito de su diseño.

##### **3.1.1. DIMENSIONES DEL EQUIPO**

Las dimensiones del equipo están de acuerdo con las establecidas en los planos. Estas dimensiones y la disposición de los componentes del equipo corroboran que hay un adecuado espacio para la operación y mantenimiento de la planta.

##### **3.1.2. FUNCIONALIDAD DEL EQUIPO**

Se verificó el funcionamiento en conjunto y por separado de cada subconjunto del sistema. El funcionamiento continuo tanto con agua limpia y con agua residual indican que el equipo funciona adecuadamente de forma automática. Asimismo, se comprobó los sistemas de seguridad y alerta vía GSM del equipo.

##### **3.1.3. CAPACIDAD DEL EQUIPO**

El equipo fue probado con diferentes caudales de trabajo, en los cuales muestra un desempeño muy deseable en todos los rangos, de esta manera, se tiene un equipo con diseño robusto y flexible tanto con la cantidad de agua a tratar, así como la variabilidad en la concentración de contaminantes del agua.

### 3.2. ANÁLISIS DE COSTOS

En este apartado se presentan los costos asociados al diseño construcción y montaje de la planta de tratamiento. se determina la cantidad de recursos económicos necesarios para la ejecución del proyecto, desde la concepción como idea hasta su funcionamiento. Para esto es necesario separar los costos indirectos y los de incidencia directa sobre el costo total del proyecto.

#### 3.2.1. COSTOS DIRECTOS

Son los costos que guardan una relación directa con la obtención del producto o proyecto, el cual se ha dividido en materiales y en mano de obra.

Los materiales son todos los artículos involucrados en la manufactura de la PTAR, en los que se incluyen costos de materia prima directa, costos de elementos normalizados o prefabricados y costos de consumibles o insumos. El Anexo XXX muestra los equipos y materiales necesarios para la construcción de la planta de tratamiento y sus costos.

La mano de obra se refiere al grupo humano que está involucrado en el desarrollo del proyecto, los cuales generan costos por conceptualización y diseño, costos por mano de obra directa y costos por maquinado/mano de obra externa. A continuación, la tabla 3.1 muestra los costos generados por concepto de mano de obra.

Tabla 3.1. Costos por mano de obra.

DESCRIPCIÓN	CANT.	C. UNITARIO	C. TOTAL
Costo por hora diseñador/supervisor	80	11.25	900.00
Costo por hora técnico hidráulico	400	4.38	1752.00
Costo por hora técnico eléctrico	160	5.31	849.60
Soldadura y pintura electrostática del rack	1	95.00	95.00
Cortes plancha acero inoxidable 3 mm	10	1.25	12.50
Doble plancha acero inoxidable 3 mm	16	1.00	16.00
		TOTAL	3625.10

### 3.2.2. COSTOS INDIRECTOS

No guardan relación directa con el proyecto y no son aplicables directamente al costo del producto, sin embargo, inciden en su precio final. La tabla 3.2 muestra los costos indirectos del proyecto.

Tabla 3.2. Costos indirectos.

DESCRIPCIÓN	CANT.	C. UNITARIO	C. TOTAL
Servicios básicos (GLB)	1	40.00	40.00
Movilización/combustible (GLB)	1	180.00	180.00
Fletes (GLB)	1	80.00	80.00
Gastos administrativos	1	205.52	205.52
Imprevistos	1	616.57	616.57
		TOTAL	1122.09

### 3.2.3. COSTO TOTAL

Es generado por la suma de todos los costos directos e indirectos que intervienen en el desarrollo del proyecto. La tabla 3.3 muestra el costo de la PTAR.

Tabla 3.3. Costo total del proyecto.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	C. UNITARIO	C. TOTAL
Materiales	1	16927.11	16927.11
Mano de obra	1	3625.10	3625.10
Costos indirectos	1	1122.09	1122.09
		TOTAL USD	21674.30



#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### CONCLUSIONES:

Se diseñó y construyó la planta de tratamiento de aguas grises para el Edificio Zaigen, haciendo énfasis en los requerimientos propuestos por el cliente. Se determinó las especificaciones técnicas y parámetros funcionales, se planteó las alternativas de solución; se estableció el diseño definitivo y sus condiciones de operación, se elaboró los planos eléctricos, hidráulicos y mecánicos. De esta manera se cumple satisfactoriamente con todos los objetivos planteados en el proyecto.

El diseño del equipo y la implementación de sistemas de tratamiento limpios y compactos, en este caso la ultrafiltración, permite que el mantenimiento preventivo sea rápido y relativamente fácil, el cual no necesita la intervención de técnicos altamente calificados, por lo que se reduce el costo por mantenimiento del equipo.

Se desarrolló un nuevo sistema completamente automático para el tratamiento de este tipo de agua, con un precio competitivo; ya que a nivel local se ofertan plantas de tratamiento convencionales, que requieren intervención de personas para su operación, no son compactas o son significativamente más costosas al ser importadas.

Se propuso una solución limpia y compacta, en un creciente nicho de mercado en el sector de la construcción, por lo que incentiva en gran medida a nuevos emprendedores a la incursión, investigación y desarrollo de nuevos productos competitivos, lo cual es muy deseable en un país en vías de desarrollo.

Se conceptualizó un diseño robusto, por lo que, se puede incrementar la capacidad del tratamiento, sin reducir la calidad del agua obtenida, de la misma manera, la implementación de herramientas tecnológicas para alerta de fallos, permite una asistencia técnica más rápida y directa.

La implementación de sistemas de control autónomos incrementa significativamente la productividad dentro de cualquier proceso, reduciendo errores que pueden causar daños prematuros o resultados no deseados, por lo que el desarrollo del sistema de control en el presente proyecto es uno de los temas más importantes dentro del mismo.

El incursionar en temas como el tratamiento de desechos sólidos o líquidos, da cuenta de la problemática ambiental existente en el mundo entero, y de cierta manera, permite que las nuevas generaciones se involucren y propongan un crecimiento industrial y tecnológico sensibilizado, tomando en cuenta los efectos negativos del desarrollo industrial y la creación de nuevos productos, como la huella de carbono, los que hasta no hace mucho tiempo eran totalmente desestimados.

## **RECOMEDACIONES:**

Al momento de realizar mantenimientos es necesario seguir los protocolos de seguridad y manejo de los elementos de ultrafiltración y otros equipos, establecidos en los manuales de operación y mantenimiento del equipo, para evitar daños y prolongar la vida útil del mismo. Se debe cumplir con los periodos de mantenimiento preventivo de los equipos, de esta forma, se garantiza la calidad del efluente y la integridad del equipo.

Al tratarse de un sistema de tratamiento de agua, es recomendable hacer un seguimiento del funcionamiento de la planta de tratamiento, hasta que el proceso se haya estabilizado, debido a que existe una variabilidad en cuanto a la cantidad de agua producida en el edificio, así como en las concentraciones o carga contaminante, más aún al tratarse de una edificación nueva; se dispondría en este caso una recalibración del equipo a corto plazo.

A pesar que el sistema de tratamiento no genera malos olores, en la acumulación de agua residual siempre existirá esta tendencia, por lo que es recomendable mantener cerrado e instalar un extractor de olores en el tanque de homogenización de la planta. En cuanto a la operación del equipo, se recomienda establecer un caudal de trabajo alto, dentro de los límites permitidos, para minimizar el tiempo de funcionamiento y así favorecer el ahorro energético.

Es muy recomendable fomentar la ejecución de proyectos que favorecen la reutilización del agua y otros desechos; el gobierno debe implementar mecanismos financieros para el incentivo o promoción de este tipo de proyectos, donde coexisten la preservación de nuestro entorno natural y el aprovechamiento económico a partir de estos recursos.

Se recomienda profundizar el estudio en el área de la depuración de agua residual y el desarrollo de nuevos equipos, especialmente en el campo de electrocoagulación y la combinación de este proceso con otros por medio de membranas, como la ultrafiltración o electrodiálisis (remoción de iones

mediante el uso de membranas aniónicas y/o catiónicas, cuyo consumo energético es menor que la osmosis inversa), por ejemplo; ya que si bien es cierto no son procesos muy difundidos en nuestro país, pero tienen un gran potencial de desarrollo tecnológico en el tratamiento de efluentes industriales.

## REFERENCIAS

1. Sánchez, A. (2014). *Aguas Residuales: Realidad y Perspectivas*. Secretaria del Agua. Recuperado de: [https://es2.slideshare.net/CCIFEC/20-gestin-de-aguas-residuales-en-ecuador-senagua?from\\_action=save](https://es2.slideshare.net/CCIFEC/20-gestin-de-aguas-residuales-en-ecuador-senagua?from_action=save)
2. Secretaria de Territorio Quito (2016). *Resolución N° 13-2016 Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda Distrito Metropolitano de Quito*. Recuperado de: [http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/RESOLUCION\\_AUMENTO\\_DE\\_EDIFICABILIDAD\\_FINAL\\_FIRMADA.pdf](http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/RESOLUCION_AUMENTO_DE_EDIFICABILIDAD_FINAL_FIRMADA.pdf)
3. Lozano, W. (2012). *Curso fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia.
4. Valdez, E., Vázquez, A. (2003). *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*. Fundación ICA. ISBN 968-7508 05-4
5. Bermeo, M. (2016). *Tratamiento de Aguas Residuales: Técnicas Convencionales*. Segunda edición. ISBN: 978-9942-13-872-9.
6. La Hora, (2020). *Río Ambato recibirá aguas limpias*. lahora.com.ec. Recuperado de: <https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102307831/rio-ambato-recibira-aguas-limpias>
7. Andreadakis, A., Noutsopoulos, C.; Mantziaras, I., Kouris N. (2015). *Greywater characterization and treatment*. IWA Balkan Young Water Professionals 2015. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/283686808\\_Grey\\_Water\\_Characterization\\_and\\_Treatment](https://www.researchgate.net/publication/283686808_Grey_Water_Characterization_and_Treatment)
8. Liu, S., Butler, D., Memon, F., Makropoulos, C., Avery, L., Jefferson, B. (2013). *Impacts of residence time during storage on potential of water saving for grey water recycling system*. Open Research Exeter. Recuperado de: <https://ore.exeter.ac.uk/repository/handle/10871/9773>
9. Rodríguez, R. (2008). *Reutilización de aguas grises*. Universidad Tecnológica Nacional. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. Recuperado de: <https://document.onl/documents/agua-reutilizacion-aguas-grisespdf.html>
10. Martínez, N., Niño, E. (2013). *Estudio de las Aguas Grises Domésticas en Tres Niveles Socioeconómicos de la Ciudad de Bogotá* [Trabajo de Titulación]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

11. Abu, L. (2009). *Characterization and Treatment of Grey Water; Options for (re)use* [Ph.D. Thesis]. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
12. Pidou, M., Memon, F., Stephenson, T., Jefferson, B., Jeffrey, P. (2007). *Greywater recycling: treatment options and applications*. Engineering Sustainability 160. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/245409045\\_Greywater\\_recycling\\_Treatment\\_options\\_and\\_applications](https://www.researchgate.net/publication/245409045_Greywater_recycling_Treatment_options_and_applications)
13. GSC (2019). *Reutilización de aguas residuales domésticas*. gscservicios.es Recuperado de: <https://www.gscservicios.es/noticias/reutilizacion-de-aguas-residuales-domesticas/>
14. Burbano, J. (2015). *Análisis de la Reutilización de las Aguas Grises en Edificaciones Domiciliarias* [Trabajo de Titulación]. Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Samborondón, Ecuador.
15. Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales Volumen 1: Tratamiento Vertido y Reutilización*. Tercera Edición. McGraw-Hill. ISBN: 0-07-041690-7.
16. Arango, A. (2005). *La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales*. Revista Lasallista de Investigación, Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520109>
17. Condorchem (2021). *Electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales*. condorchem.com. Recuperado de: <https://condorchem.com/es/blog/electrocoagulacion-aguas-residuales/>
18. García, M. (2009). *Tratamientos específicos de vertidos industriales parte II* [Curso]. Universidad de Granada. Granada, España.
19. Saavedra, A., Romero, J. (s.f.). *Aspectos generales sobre procesos y tecnologías de membranas* [Curso]. Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile.
20. Pure Aqua. (2021). *Elementos de Membrana Para Ósmosis Inversa*. es.pureaqua.com. Recuperado de: <https://es.pureaqua.com/membranas-de-osmosis-inversa/?page=9>
21. Condorchem. (2021). *Membranas para el tratamiento de aguas residuales*. condorchem.com. Recuperado de: <https://condorchem.com/es/blog/membranas-tratamiento-aguas-residuales/>

22. Wasserlab. (2021). *El espectro de la filtración*. wasserlab.com. Recuperado de: <https://www.wasserlab.com/es/agua-pura/el-espectro-de-la-filtracion-2>
23. Reyneke, G. (2021). *Membrane Separation – Things to know*. gregknowswater.com. Recuperado de: <https://gregknowswater.com/membrane-separation-things-to-know/>
24. Coronel, M. (2012). *Microfiltración tangencial*. Enfoque UTE. E-ISSN: 1390-6542. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/5722/572260835001.pdf>
25. Rodríguez, D. (2017). *Aprobación Matriz de Ecoeficiencia*. entedesign.com. Recuperado de: [https://www.entedesign.com/blog/matriz\\_ecoeficiencia/](https://www.entedesign.com/blog/matriz_ecoeficiencia/)
26. Ministerio del Ambiente. (2015). *Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua*. Recuperado de: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
27. Molina, E., Quesada, F., Calle, A., Ortiz, J., Orellana, D. (2018). *Consumo sustentable de agua en viviendas de la ciudad de Cuenca*. Revista de Ciencia y Tecnología Ingenius N°20. Recuperado de: <https://ingenius.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/20.2018.03>
28. Peñúñuri, C. (s.f.). *Estimación de los caudales de aguas residuales a partir de los datos de abastecimiento de agua*. Universidad De La Salle Bajío. León, México.
29. Riba, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya. ISBN: 84-8301-598-6.
30. Condorchem (2021). *Electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales*. condorchem.com. Recuperado de: <https://condorchem.com/es/blog/electrocoagulacion-aguas-residuales/>
31. Quero, H. (2007). *Comparativa de Ampliación E.D.A.R. Mediante Reactor Biológico Convencional o MBR* [Master Thesis]. Universitat Politècnica de Catalunya. Cataluña, España.
32. Pérez, J., Espigares, M. (1995). *Desinfección del agua. Cloración*. Universidad de Granada. Recuperado de: <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/CLORACION.pdf>

33. Zúñiga, I., Samperio, H. (2019). *Importancia de la cloración del agua: sitios de abastecimiento con presencia de bacterias patógenas*. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología* Vol. 39. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/337290298\\_Importancia\\_de\\_la\\_cloracion\\_del\\_agua\\_sitios\\_de\\_abastecimiento\\_con\\_presencia\\_de\\_bacterias\\_patogenas](https://www.researchgate.net/publication/337290298_Importancia_de_la_cloracion_del_agua_sitios_de_abastecimiento_con_presencia_de_bacterias_patogenas)
34. Bio-Dynamic. (2013). *Dry chemical tablet feeders and tablets* [Brochure]. Recuperado de: <https://www.norweco.com/wp-content/uploads/2018/10/Bio-Dynamic-Brochure.pdf>
35. Fuji Electric. (s.f.). *Ring compressors & vacuum pumps*. [Catálogo]. Recuperado de: <https://www.centralvacuumstores.com/meta/pdfs/info/Fuji%2BElectric%2BRing%2BCompressors.pdf>
36. HydroGenics. (2021). *Filter Housing w/screen cartridge, stainless steel, 20"L cartridges, HydroGenics*. ebay.com. <https://www.ebay.com/itm/193424365444?hash=item2d08fd9784:g:b3QAAOSwoZJb-w4k>
37. Larrea, C. (2015). *Aplicación de un Filtro de Zeolita para Potabilización del Agua Nivel Domiciliario Sitio Palestina Cantón El Guabo Provincia El Oro* [Trabajo de Titulación]. Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador.
38. Carriazo, J., Saavedra, M., Molina, M. (2010). *Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo*. *Cómo se experimenta*. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v21n3/v21n3a7.pdf>
39. Befesa Agua. (s.f.). *Análisis de Configuraciones del Proceso O.I. en Desalación*. Recuperado de: [https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/19S5-P1-Jorge\\_Salas-PPTACC.pdf](https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/19S5-P1-Jorge_Salas-PPTACC.pdf)
40. Beutelspacher E., Calderón J. (2005). *Diseño y Construcción de un Generador de Ozono para Aplicaciones de Purificación de Agua* [Tesis de Maestría]. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Cuernavaca, México.
41. Pentair. (s.f.). *Guía de aplicaciones de ultrafiltración freshpoint*. Recuperado de: <https://fdocuments.ec/reader/full/guia-de-aplicaciones-de-ultrafiltracion-pentair-pentek-el-grafico-de-abajo>



42. Redondo, M. (2021). *Filtración (II): Selección del equipo de filtrado*. iagua.es. Recuperado de: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/filtracion-ii-seleccion-equipo-filtrado>
43. Sotelo, G. (1994). *Hidráulica General Vol. 1 Fundamentos*. Limusa. ISBN 968-18-0503-8.
44. Anaya, A., Cauich, G., Funabazama, O., Gracia, V. (2014). *Evaluación de ecuaciones de factor de fricción explícito para tuberías*. Educación Química. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v25n2/v25n2a7.pdf>
45. Crane. (1989). *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. Mcgraw-Hill. ISBN: 968-451-846-3.
46. Pallarés, C. (2016). *Diseño y Dimensionamiento de la Línea de Agua de una PTAR Procedente de un Matadero Porcino* [Trabajo de Titulación]. Universidad Jaime I, Castellón, España.
47. Aguinaga, A. (2008). *Introducción a la Automatización. Autómatas Programables*. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
48. Tercero, S. (2011). *Pruebas de presión hidrostática de tuberías de agua potable*. Recuperado de: <http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/pdf2/terc/apphtap.pdf>
49. Amanco. (2008). *Manual de instalación de tuberías de PVC-U y polietileno (PEAD)*. Recuperado de: <https://fddocuments.ec/document/93330445-manual-instalacion-amanco.html>
50. Monge, M. (2017). *Qué es y cómo se calcula el NPSH<sub>disp</sub> de una bomba centrífuga*. iagua.es. Recuperado de: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/que-es-y-como-se-calcula-npsdisp-bomba-centrifuga>

# ANEXOS

Anexo I. Análisis comunes usados para estimar los constituyentes encontrados en las aguas residuales.

Prueba	Abreviatura/definición	Uso o significados del resultado
<b>Características físicas</b>		
Sólidos totales	ST	Determinar la clase de proceso u operación más apropiada para su tratamiento
Sólidos volátiles totales	SVT	
Sólidos fijos totales	SFT	
Sólidos suspendidos totales	SST	
Sólidos suspendidos volátiles	SSV	
Sólidos suspendidos fijos	SSF	
Sólidos disueltos totales	SDT (ST-SST)	
Sólidos disueltos volátiles	SDV	Estimar la reutilización potencial del agua residual
Sólidos disueltos fijos totales	SDF	
Sólidos sedimentables		
		Determinar aquellos sólidos que se sedimentan por gravedad en un tiempo específico
Distribución de partículas por tamaño	DPT	Evaluar el desempeño de los procesos de tratamiento
Turbiedad	UNT	Evaluar la calidad del agua residual tratada
Color	Café claro, gris, negro	Estimar la condición del agua residual (fresca o séptica)
Transmitancia	%T	Estimar si el efluente tratado es apropiado para desinfección con radiación UV
Olor	NUO	Determinar si el olor puede ser un problema
Temperatura	°C o °F	Importante en el diseño y operación de instalaciones de tratamiento con procesos biológicos
Densidad	P	Estimar si el efluente tratado es apto para su uso agrícola
Conductividad	CE	

Anexo II. Procesos y operaciones unitarios empleados en recuperación de agua residual y potencial de eliminación de contaminantes.

Constituyentes	PROCESO U OPERACIÓN UNITARIA																	
	Tratamiento primario	Lodos activados	Nitrificación	Desnitrificación	Filtro percolador	RBCs	Coagulación-floculación-Sedimentación	Filtración después de lodos activados	Absorción sobre carbón activado	Stripping de amoniaco	Intercambio iónico selectivo	Cloración al breakpoint	Osmosis inversa	Riego superficial	Riego	Infiltración-percolación	Cloración	Ozono
DBO	x	+	+	o	+	+	+	x	+		x	+	+	+	+	+		o
DQO	x	+	+	o	+	+	+	x	x	o	x	+	+	+	+	+		+
SST	+	+	+	o	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+		
NH3-N	o	+	+	x		+	o	x	x	+	+	+	+	+	+	+		
NH3-N				+				x	o					x				
Fósforo	o	x	+	+			+	+	+			+	+	+	+	+		
Alcalinidad		x					x	+								x		
Grasas y aceites	+	+	+				x		x					+	+	+		
Coliformes totales		+	+		o		+		+		+			+	+	+	+	+
SDT												+						
Arsénico	x	x	x				x	+	o									
Bario		x	o				x	o										
Cadmio	x	+	+		o	x	+	x	o							o		
Cromo	x	+	+		o	+	+	x	x									
Cobre	x	+	+		+	+	+	o	x							+		
Flúor							x		o							x		
Hierro	x	+	+		x	+	+	+	+									
Plomo	+	+	+		x	+	+	o	x							x		
Manganeso	o	x	x		o		x	+	x			+						
Mercurio	o	o	o		o	+	o	x										
Selenio	o							+	o									
Plata	+	+	+		x		+		x									
Cinc	x	x	+		+	+	+		+									
Color	o	x	x		o		+	x	+			+	+	+	+	+		+
Agentes espumantes	x	+	+		+		x		+			+	+	+	+	+		o
Turbiedad	x	+	+	o	x		+	+	+			+	+	+	+	+		
COT	x	+	+	o	x		+	x	+	o		+	+	+	+	+		+

o indica eliminación del 25% de concentración del afluente.

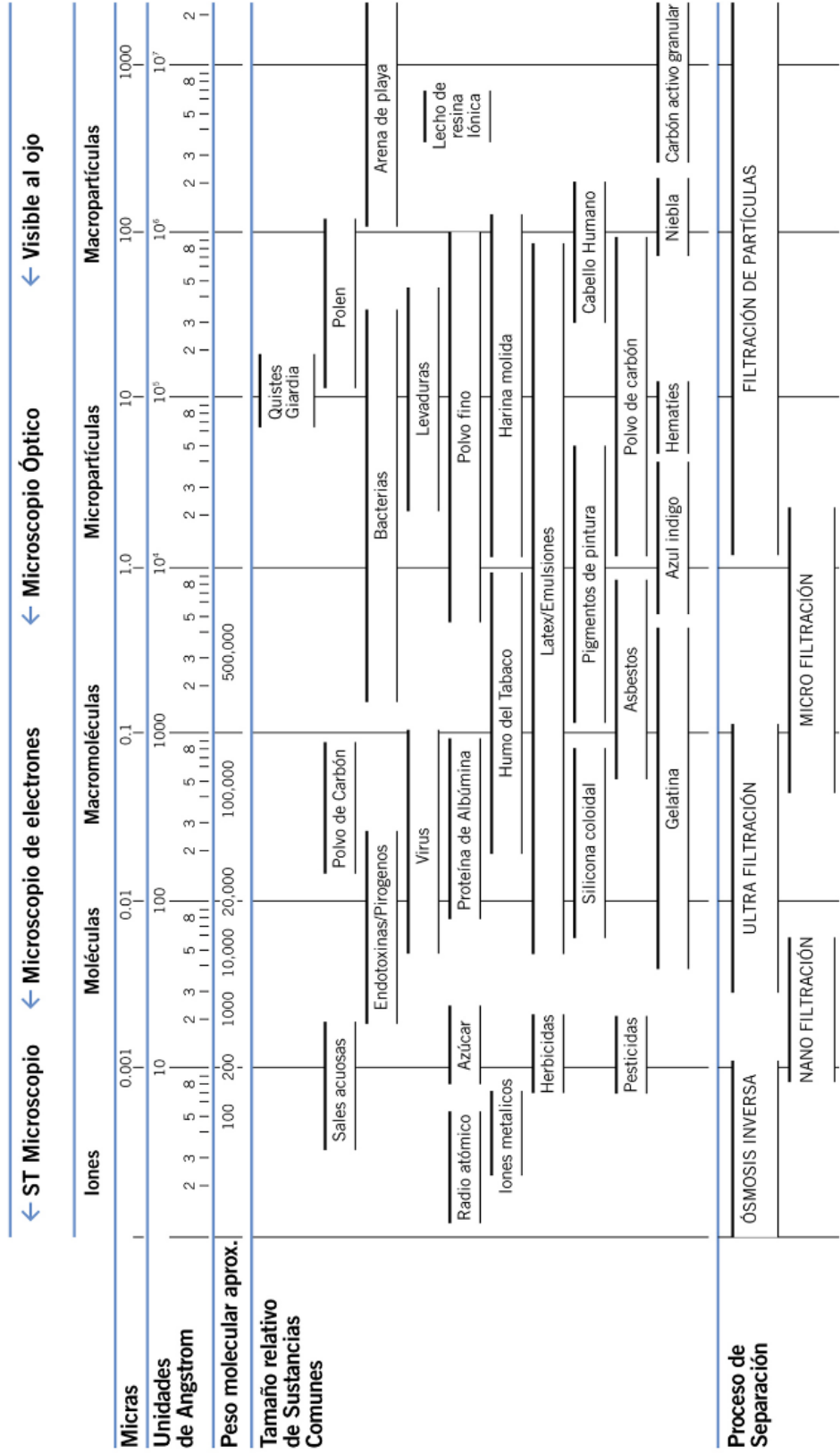
x indica 25-50%.

+ indica 50%.

Los espacios en blanco indican que no se dispone de datos, que los resultados no permiten extraer conclusiones, o que se produce un aumento de concentración.

Anexo III. Espectro de filtración.

EL ESPECTRO DE LA FILTRACIÓN



1 micra = 1 x 10<sup>-6</sup> metros  
 1 Angstrom = 1 x 10<sup>-10</sup> metros = 1 x 10<sup>-4</sup> micras

ANEXO IV. Tabla 3 y 4 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes.

<b>TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA</b>			
<b>PARAMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>
Aceites y grasas	PelículaVisible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

**TABLA 4: PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO**

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN *		
		Ninguno	Ligero-Moderado	Severo
<b>Salinidad: (1)</b>				
CE (2)	milimhos/cm	0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450-2000	>2000
<b>Infiltración: (4)</b>				
RAS=0-3yCE=		0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS=3-6yCE=		1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS=6-12yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=12-20yCE=		2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS=20-40yCE=		5,0	5,0-2,9	<2,9
<b>Toxicidad por iones específicos (5)</b>				
<b>Sodio:</b>				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	3,0	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
<b>Cloruros:</b>				
Irrigaciónsuperficial	meq/l	4,0	4,0-10,0	>10
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
<b>Boro:</b>				
	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3
<b>Efectos misceláneos (7)</b>				
Nitrógeno (N-NO <sub>3</sub> -)	mg/l	5,0	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> -) Solo aspersión	meq/l	1,5	1,5-8,5	>8,5
pH	Rango normal		6,5-8,4	

\* Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos

(2) CE =Conductividad eléctrica del agua de regadío (1milimhos/cm=1000micromhos/cm)

(3) SDT = Sólidos disueltos totales

(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo

(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos

(6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada

(7) Afecta a los cultivos susceptibles

ANEXO V. Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de aguas grises típicas.

**Tabla 2.** Concentraciones normales de los parámetros de calidad de las aguas grises crudas domésticas combinadas de varios autores.

Parámetro	Und	Concentración	Parámetro	Und	Concentración
Aluminio	mg/L	0.01 – 0.5	Alcalinidad total	mg/L	12 – 35
Arsénico	mg/L	< 0.01	Sólidos totales	mg/L	20 – 126
Plomo	mg/L	1.0 – 1.31	Sólidos suspendidos totales	mg/L	25 – 183
Bario	mg/L	< 1	Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	28 – 87
Hierro	mg/L	0.1 – 0.4	Conductividad	μS/cm	82 – 1845
Calcio	mg/L	0.1 - 1.4	Fosforo total	mg/L	0.1 – 2.0
Cadmio	mg/L	< 0.03	Sulfatos	mg/L	83 – 160
Cromo Total	mg/L	< 0:05	Cloruros	mg/L	20 – 30
Plata	mg/L	< 0:05	pH (Potencial de hidrógeno)	mg/L	6.3 – 8.1
Molibdeno	mg/L	0.2 – 0.5	NTK	mg/L	1.7 – 34.3
Cobre	mg/L	0.01 – 0.5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	47 – 466
Níquel	mg/L	< 0.05	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	100 – 700
Manganeso	mg/L	0.01 – 0.5	Grasas y aceites (FOG)	mg/L	7 – 230
Sodio	mg/L	68 – 93	Coliformes fecales	CFU/ 100 ml	0.1 – 1.5 x 10 <sup>8</sup>
Potasio	mg/L	0.8 – 3	Coliformes totales	CFU/ 100 ml	56 – 8.03 x 10 <sup>7</sup>
Magnesio	mg/L	0.4 – 5.0	Escherichia coli	CFU/ 100 ml	0 – 2.51 x 10 <sup>7</sup>
Zinc	mg/L	0.1 – 0.5	Surfactantes (Sustancias activas al azul de Metileno - MBAs)	mg/L	45 – 170
Turbidez	NTU	29 – 375			

Fuente: adaptado de Hocaoglu, Insel, UbayCokgor, & Baban (2010), Li, Wichmann, & Otterpohl (2009), Al-Hamaiedeh & Bino (2010), Hypes (1974), March, Gual, & Orozco (2004), Hocaoglu, Insel, UbayCokgor, & Baban (2010) y Al-Jayyousi (2003).



# ANEXO VI. Ficha técnica de la membrana Inge Multibore 4040.

## dizzer® P - Ultrafiltration modules



a DuPont brand

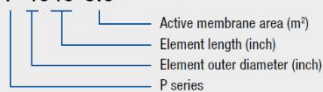
- Easy installation, plug-and-play operation
- Excellent quality of filtrate
- Reliable rejection of microorganisms and viruses
- Low operating costs



### Modules for small scale application (e.g. Point-of-Use, Point-of-Entry)

Module designation:

dizzer® P 4040-6.0



### 4" UF modules with Multibore® 0.9 membrane

Module data		dizzer® P 4040-6.0		dizzer® P 4021-2.5	
Part number		EP-0049		EP-0048	
Membrane area	m <sup>2</sup> sq.ft.	6.0	65	2.5	27
Length (L)	mm inch	960 ± 1.5	37.8	475 ± 1.5	18.7
Outer diameter module (D)	mm inch	100	3.94	100	3.94
Inner diameter filtrate connection (d1)	mm inch	28.4	1.12	28.4	1.12
Weight* (wet)	kg lbs.	4.5	10	2.3	5

### 4" UF modules with Multibore® 1.5 membrane

Module data		dizzer® P 4040-4.0		dizzer® P 4021-1.8	
Part number		EP-0051		EP-0050	
Membrane area	m <sup>2</sup> sq.ft.	4.0	43	1.8	19.4
Length (L)	mm inch	960 ± 1.5	37.8	475 ± 1.5	18.7
Outer diameter module (D)	mm inch	100	3.94	100	3.94
Inner diameter filtrate connection (d1)	mm inch	28.4	1.12	28.4	1.12
Weight* (wet)	kg lbs.	4.5	10	2.3	5

### 2.5" UF modules with Multibore® 0.9 membrane

Module data		dizzer® P 2521-1.0		dizzer® P 2514-0.5	
Part number		EP-0047		EP-0046	
Membrane area	m <sup>2</sup> sq.ft.	1.0	11	0.5	5.4
Length (L)	mm inch	475 ± 1.5	18.7	300 ± 1.5	11.8
Outer diameter module (D)	mm inch	61	2.4	61	2.4
Inner diameter filtrate connection (d1)	mm inch	17	0.67	17	0.67
Weight* (wet)	kg lbs.	0.7	1.6	0.4	0.9

### Technical information

Material					
Housing					PVC-U, white
Filtrate tube					PVC-U, white
Filtrate connectors					PVC-U, white
Operation parameters					
Maximum transmembrane pressure**	bar	psi	3		43.5
Temperature range**	°C	°F	1 – 40		34 – 104

\* shipping weight

\*\* To avoid mechanical damage, do not subject the membrane module or element to sudden temperature changes (> 1°C/min) or water hammer.

© = Registered trademark of BASF

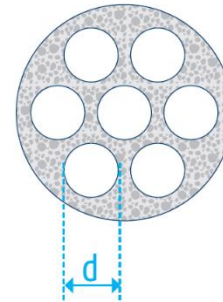
## Multibore® Membrane

Membrane data		
Number of capillaries per fiber		7
Diameter inner capillary (d) Multibore® 0.8	mm	0.8
Diameter inner capillary (d) Multibore® 0.9	mm	0.9
Diameter inner capillary (d) Multibore® 1.5	mm	1.5
Pore size	nm	approx. 20
Material		PESm
Mode of filtration		In-Out

Pressure				
Membrane burst pressure Multibore® 0.8	bar	psi	>12	>175
Membrane burst pressure Multibore® 0.9	bar	psi	>12	>175
Membrane burst pressure Multibore® 1.5	bar	psi	>10	>150
Transmembrane pressure in Filtration	bar	psi	0.1 – 1.5	1.5 – 20
Transmembrane pressure in Backwash	bar	psi	0.3 – 3.0	5 – 40

Flux				
Filtration <sup>[1]</sup>	L/(m <sup>2</sup> ·h)	gfd	60 – 180	35 – 105
Backwash <sup>[1]</sup>	L/(m <sup>2</sup> ·h)	gfd	230	135
Backwash range	L/(m <sup>2</sup> ·h)	gfd	230 – 300	135 – 175

Chemicals		
Sodium hypochlorite (NaOCl)	ppm	max. 500
	ppm x h	max. 250,000 (at pH ≥ 9.5)
Hydrogen peroxide (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	ppm	max. 500
Caustic Soda pH		max. 13
Acid pH		min. 1



### Especificaciones del Producto

#### Datos Técnicos y Especificaciones

Rango de pH Durante la Operación	3 a 10
Sin Cloro	Máx. 200 mg/L para limpieza, 4 mg/L para el servicio
Flujo Continuo Máximo	Recomendado 1,2 GMP (aguas de superficie) a 3,0 GMP (agua de pozo)
Flujo Intermitente Máximo	10 GMP
Presión Operativa Recomendada	hasta 60 psi (413 kPa)
Presión Operativa Máxima	120 psi (827 kPa)
Temperatura Operativa Mínima	34 °F (no congelar)
Temperatura Operativa Máxima	104 °F
Tamaño de Eliminación de Contaminante	Peso molecular cortado de 150.000 daltones tamaño de poro nominal 0,025 µm

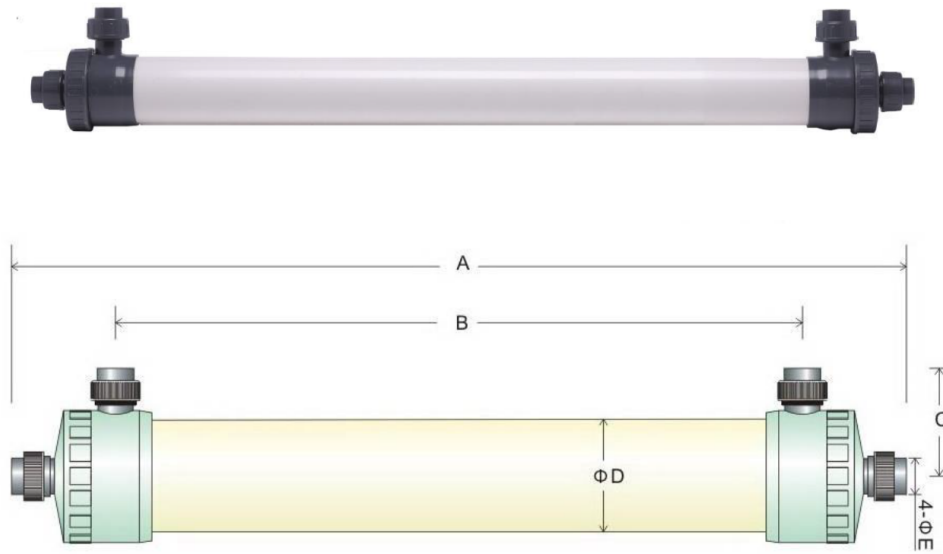
#### Capilares Multibore®

Capilares por Fibra	7
Diámetro Externo	0,17 pulgada
Diámetro Interno	0,04 pulgada
Material	PESM
Peso Molecular Cortado (MWCO)	100 a 150 mil daltones
Superficie de Membrana Activa	48,50 pies <sup>2</sup>

[1] Typical.

ANEXO VII. Ficha técnica de la membrana UF-90.

**RWTSUF-90 Ultra-filtration module**



**PVC UF membrane modules**

Product Code	Module Type	A (mm)	B (mm)	C (mm)	DØ(mm)	Inlet/outlet/Drain
RWTSUF-PVC-1060	UF250	1710	1600	173	250	DN50
RWTSUF-PVC-8060	UF200	1710	1595	160	200	DN50
RWTSUF-PVC-6060	UF160	1355	1130	160	160	Ø40
<b>RWTSUF-PVC-4046</b>	<b>UF90</b>	<b>1190</b>	<b>990</b>	<b>112</b>	<b>90</b>	<b>Ø40</b>

### 3.3.4 Typical Process Conditions

#### UF Membrane Modules: RWTSUF-PVC

Module Type	RWTSUF-PVC-1060	RWTSUF-PVC-8060	RWTSUF-PVC-6060	RWTSUF-PVC-4046
Dimension(mm)	φ250×1710	φ200×1710	φ160×1355	φ90×1170
Interface(mm)	Coupling DN50	Coupling DN50	Union φ40	Union φ40
Membrane Area: (m <sup>2</sup> )	48	34	15	4.8
Feed Modes	Inside-Out Side Feed		Inside-Out Top Feed	
Shell Material	UPVC			
Membrane Material	PVC			
Membrane Features and Reservation	Permanent hydrophilicity(Dried Store)			
MWCO Dalton	100K			
Hollow Fiber ID/OD (mm)	1.0/1.8			
Initial Pure Water Flux: (L/m <sup>2</sup> .h)	150~300			
Operating Temperature (°C)	5~45			
pH Range	2~13			
Maximum Feed Turbidity: (NTU)	200NTU			
Chlorine Tolerance (ppm)	200 Cotinuous(Max 1000 Instantaneous)			
Maximum Feed Pressure: (Mpa)	0.4			
Maximum Transmembrane Pressure: (Mpa)	0.2			
Maximum Backwash Pressure: (MPa)	0.2			
Particles>1μm Removal :	> 6log			
Virus Removal:	> 5log			
Bacterial Removal:	> 6log			
Permeate SDI	< 2			
Permeate Turbidity: (NTU)	<0.06			
Operating Modes	Direct or Cross flow + Backwash Timing			
Operating Pressure:(Mpa)	<0.1			
Design Permeate Flux: (L/m <sup>2</sup> .h)(25°C,0.15MPa)	35~100			
Backwash Frequency (min)	15-60			
Backwash Duration (s)	30-60			
Backwash Pressure: (Mpa)	0.08~0.15			
Chemically Enhanced Backwash Frequency (d)	1-7			
Chemically Backwash Duration (min)	1-10			
Chemical Cleaning Frequency (d)	30-90			
Chemical Cleaning Duration (min)	30-60			
Cleaning Chemicals	NaClO or H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (200ppm),NaOH(Ph<12),Citric Acid(Ph>2)			

ANEXO VIII. Ficha técnica de la válvula automática marca Clack WS1TC y tablas de dimensionamiento de filtros de medios múltiples.



- More informative 4 digit LCD Display with Status Indicators
- Solid state microprocessor with easy access front panel settings
- Service flow rate of 27 gpm, backwash 27 gpm
- Backwash and brining ability to 21" diameter tanks
- Front panel display for time of day, days until next regeneration
- Days between regeneration feature: 1–99 days standard; 7-day optional
- Double backwash feature offers optimum regeneration, cleaning ability and efficiency
- 10 selectable pre-programmed regeneration cycles
- Coin Cell Lithium battery back-up with a 8 hour carry over
- Auto detection of 50/60 Hz line frequency, with automatic 12/24 hour time keeping formats
- 12-volt output AC Adapter provides safe and easy installation
- Post treated water regenerant refill
- Patented one piece expanding seal spacer stack assembly U.S. Patent 6,402,944
- Patented linearly reciprocating piston operation U.S. Patent 6,444,127
- Reliable and proven DC drive

# Water Specialist 1" TC Control Specifications

Inlet/Outlet Fittings.....	3/4" to 1.5" NPS
Cycles .....	up to 6
Valve Material .....	Noryl (1) or equivalent
Regeneration .....	downflow
<b>FLOW RATES</b>	
Service @15 psi drop (includes bypass) .....	27 gpm
Backwash @ 25 psi drop (includes bypass) .....	27 gpm
Cv Service .....	7.0
Cv Backwash .....	5.4
<b>OPERATING PRESSURES</b>	
Minimum/Maximum .....	20 psi – 125 psi
<b>OPERATING TEMPERATURES</b>	
Minimum/Maximum .....	40° – 110° F
<b>DIMENSIONS &amp; WEIGHT</b>	
Distributor Pilot.....	1.050" OD Pipe (3/4" NPS)
Drain Line .....	3/4" or 1" NPT
Brine Line .....	3/8" or 1/2" OD Poly Tube
Mounting Base.....	2 1/2" - 8 NPSM
Height From Top Of Tank.....	7 3/8"
Weight .....	4.5 lbs.
<b>ELECTRICAL SPECIFICATIONS</b>	
	<b>AC Adapter</b>
	<u>U.S.</u> <u>International</u>
Supply Voltage .....	120V AC..... 230V AC
Supply Frequency.....	60 Hz ..... 50 Hz
Output Voltage .....	12V AC..... 12V AC
Output Current .....	500 mA ..... 500 mA
<b>TANK APPLICATIONS</b>	
Water Softener .....	6" – 21" diameter
Water Filter (2).....	6" – 21" diameter
<b>CYCLES OF OPERATION (Softener Downflow)</b>	
Cycle	Range of times minutes
1. Backwash 1 <sup>st</sup> (upflow) .....	3 - 12
2. Regenerate Draw/Slow Rinse (downflow) .....	50 - 70
3. Backwash 2 <sup>nd</sup> (upflow) .....	3 - 12
4. Fast Rinse (downflow) .....	3 - 8
5. Regenerant Refill (in service with treated water).....	As Programmed
6. Service (downflow)	

**Options: Backwash Filter, Bypass, Weather Cover**

Compatible with the following typical concentration of regenerants or chemicals: Sodium chloride, potassium chloride, potassium permanganate, sodium bisulfite, chlorine and chloramines

1. Noryl is a trademark of Sabic Innovative Plastics IP B.V. Company  
 2. Filter tank size calculated @ 10 gpm of backwash per square foot of bed area



**TABLA DE MODELOS DE LINEA ZEOLITA CON MEDIDOR**

Modelo	Tanque (pulg.)	Válvula		Flujo Pico Máximo			Flujo Recomendado		Flujo Lento		Flujo Retrolavado
		Modelo	E/S	D	LPM	ΔP psi	LPM	ΔP psi	LPM	ΔP psi	
MZA08FMWS1EE	8x44	WS1EE	1"	¾"	19	2	13	1	6	1	16
MZA09FMWS1EE	9x48			¾"	24	3	16	1.5	8	1	25
MZA10FMWS1EE	10x54			¾"	30	4	20	2	10	1.5	28
MZA12FMWS1EE	12x52			1"	43	6	29	2	14	1.5	42
MZA13FMWS1EE	13x54			1"	51	7	34	2	17	2	49
MZA14FMWS1EE	14x65			1"	60	10	40	2	20	2	57
MZA16FMWS1EE	16x65			1"	77	15	52	3	26	2	76
MZA13FMWS1.25EE	13x54	WS1.25EE	1¼"	1"	51	6	34	2	17	2	49
MZA14FMWS1.25EE	14x65			1"	60	8	40	2	20	2	57
MZA16FMWS1.25EE	16x65			1"	78	12	52	3	26	2	76
MZA18FMWS1.25EE	18x65			1½"	83	14	72	5	36	2	102
MZA21FMWS1.25EE	21x62			1½"	107	14	93	2.5	47	2	129



CARBÓN DECLORINADOR

Tabla de Modelos de Línea Carbon Declorinador con Medidor

Modelo	Tanque (pulg.)	Válvula		Flujo Pico Máximo			Flujo Recomendado		Flujo Lento		Flujo Retrolavado
		Modelo	E/S	D	LPM	ΔP psi	LPM	ΔP psi	LPM	ΔP psi	
CDA08FMWS1EE	8x44	WS1EE	1"	¾"	13	1	8	0.5	4	0.5	16
CDA09FMWS1EE	9x48			¾"	19	1.5	13	1	6	0.5	20
CDA10FMWS1EE	10x54			¾"	28	2.5	19	1	9	0.5	25
CDA12FMWS1EE	12x52			¾"	38	4	25	2	13	0.5	34
CDA13FMWS1EE	13x54			1"	47	6	31	2.5	16	1	42
CDA14FMWS1EE	14x65			1"	57	8	37	3.5	19	1	49
CDA16FMWS1EE	16x65			1"	76	14	50	6	25	1.5	64
CDA18FMWS1EE	18x65			1"	94	14	63	6	31	2	95
CDA13FMWS1.25EE	13x54	WS1.25EE	1¼"	1"	47	4.5	31	2	16	1	42
CDA14FMWS1.25EE	14x65			1"	57	6	38	3	19	1	49
CDA16FMWS1.25EE	16x65			1"	75	7	50	3	25	1	64
CDA18FMWS1.25EE	18x65			1"	94	10	63	5	31	1	95
CDA21FMWS1.25EE	21x62			1½"	121	15	88	8	44	2	113





ANEXO IX. Propiedades físicas del agua.

Temperatura °C	Peso específico $\gamma$ (N/m <sup>3</sup> )	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad $\mu \times 10^{-3}$ N.s/m <sup>2</sup>	Viscosidad cinemática $\nu \times 10^{-6}$ Nm <sup>2</sup> /s	Tensión superficial $\sigma \times 10^2$ N/m	Altura absoluta de presión de vapor $P_v/\gamma$	Módulo elasticidad $K \times 10^7$ N/m <sup>2</sup>	Conductividad térmica K W/m .k
0	9806	999.9	1.792	1.792	7.62	0.06	204	0.561
5	9807	1000.0	1.519	1.519	7.54	0.09	206	0.571
10	9804	999.7	1.308	1.308	7.48	0.12	211	0.580
15	9798	999.1	1.140	1.141	7.41	0.17	214	0.589
20	9789	998.2	1.005	1.007	7.36	0.25	220	0.598
25	9778	997.1	0.894	0.897	7.26	0.33	222	0.607
30	9764	995.7	0.801	0.804	7.18	0.44	223	0.615
35	9749	994.1	0.723	0.727	7.10	0.58	224	0.623
40	9730	992.2	0.656	0.661	7.01	0.76	227	0.630
45	9711	990.2	0.599	0.605	6.92	0.98	229	0.637
50	9690	988.1	0.549	0.556	6.82	1.26	230	0.643
55	9666	985.7	0.506	0.513	6.74	1.61	231	0.649
60	9642	983.2	0.469	0.477	6.68	2.03	228	0.654
65	9616	980.6	0.436	0.444	6.58	2.56	226	0.659
70	9589	977.8	0.406	0.415	6.50	3.20	225	0.663
75	9560	974.9	0.380	0.390	6.40	3.96	223	0.667
80	9530	971.8	0.357	0.367	6.30	4.86	221	0.670
85	9499	968.6	0.336	0.347	6.20	5.93	217	0.673
90	9466	965.3	0.317	0.328	6.12	7.18	216	0.675
95	9433	961.9	0.299	0.311	6.02	8.62	211	0.677
100	9399	958.4	0.284	0.296	5.94	10.33	207	0.679

**Tabla A.1.1**

Propiedades físicas del agua en unidades del SI.

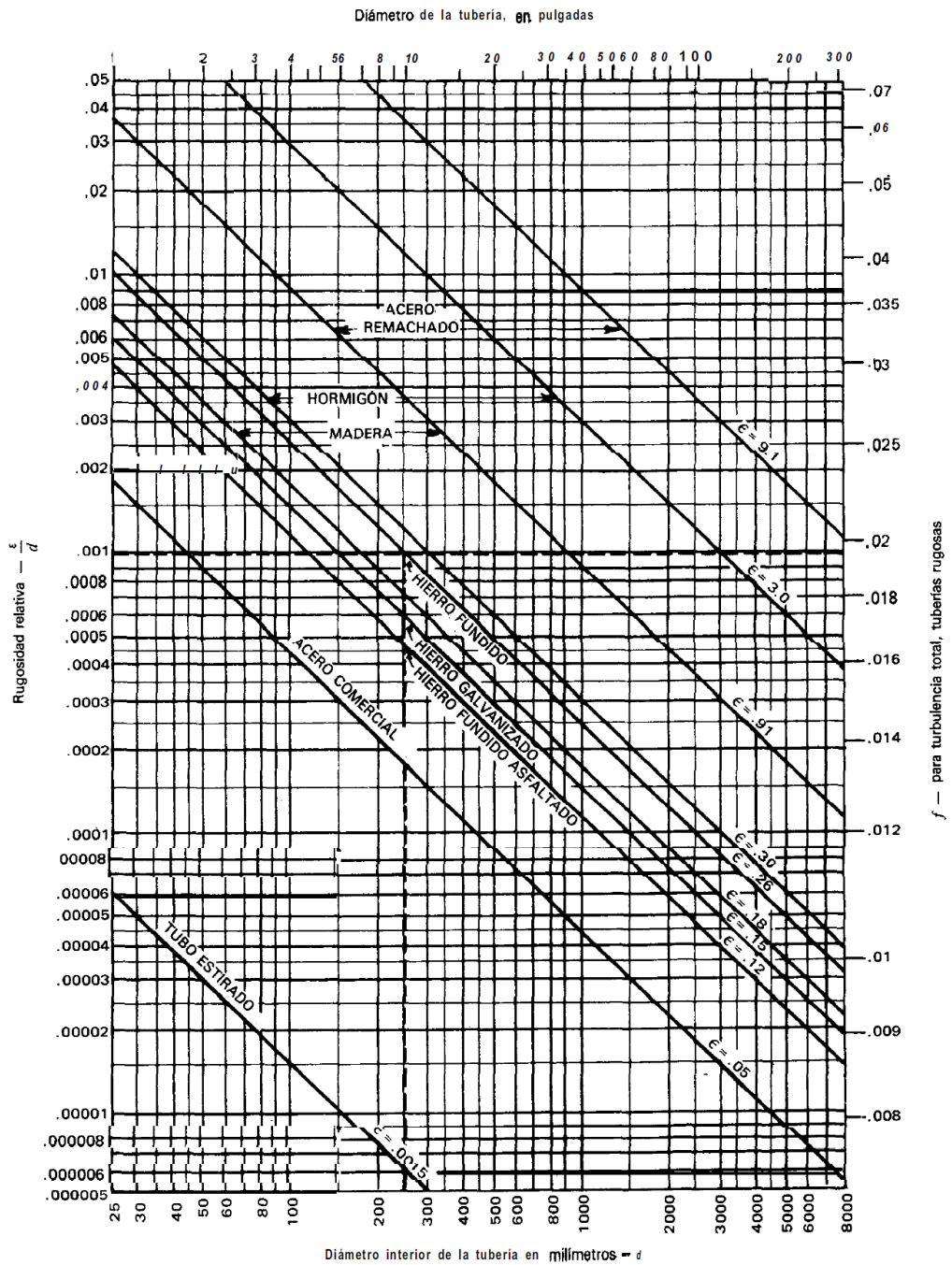
ANEXO X. Rugosidad absoluta ( $\epsilon$ ) para algunos tipos de tubería.

Rugosidad absoluta ( $k_s$ ) para diferentes materiales utilizados en la fabricación de tuberías

Material	$K_s$ (mm)
Vidrio	0.0003
PVC, CPVC	0.0015
Asbesto cemento	0.03
GRP	0.03
Acero	0.046
Hierro forjado	0.06
CCP	0.12
Hierro fundido asfaltado	0.12
Hierro galvanizado	0.15
Arcilla vitrificada	0.15
Hierro fundido	0.15
Hierro dúctil	0.25
Madera cepillada	0.18-0.9
Concreto	0.3-3.0
Acero bridado	0.9-9

ANEXO XI. Factor de fricción ft.

A-21a. Rugosidad relativa de los materiales de las tuberías y factor de fricción para flujo en régimen de turbulencia total



ANEXO XII. Ficha técnica de bombas Foras serie JXM.

# JXM



Pompe centrifughe multistadio, orizzontali e auto-ascanti, particolarmente adatte alla realizzazione di piccoli e medi gruppi di pressurizzazione; in grado di aspirare liquidi miscelati ad aria o a gas.

Multi-stage centrifugal pumps, horizontal and self-priming, particularly suitable for constructing small and medium sized pressurisation systems; able to suck liquids mixed with air or gas.

Bombas centrifugas multicelulares, horizontales y autocebantes, particularmente apropiadas para realizar equipos de presión pequeñas y medianas; en condición de aspirar líquidos mezclados con aire o gas.

Pompes centrifuges multicellulaires, horizontales et auto-amorçantes, particulièrement indiquées à la réalisation de petits et moyens groupes de surpression; elles peuvent aspirer des liquides mélangés à de l'air ou du gaz.

**CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE / CONSTRUCTION FEATURES  
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS / CARACTERISTIQUES D'EXECUTION**

**Corpo pompa** acciaio AISI 304  
**Pump body** stainless steel AISI 304  
**Cuerpo bomba** acero AISI 304  
**Corps de pompe** acier AISI 304

**Supporto motore** alluminio  
**Motor bracket** aluminium  
**Soporte motor** aluminio  
**Support moteur** aluminium

**Girante**  
**Impeller** Noryl®  
**Rodete**  
**Turbine**

**Tenuta meccanica** ceramica-grafite  
**Mechanical seal** ceramic-graphite  
**Sello mecánico** cerámica-grafito  
**Garniture mécanique** céramique-graphite

**Albero motore** acciaio AISI 416  
**Motor shaft** stainless steel AISI 416  
**Eje motor** acero AISI 416  
**Arbre moteur** acier AISI 416

**Temperatura del liquido**  
**Liquid temperature** 0 - 50 °C  
**Temperatura del liquido**  
**Température du liquide**


**Pressione di esercizio**  
**Operating pressure** max 8 bar  
**Presión de trabajo**  
**Pression de fonctionnement**

**MOTORE / MOTOR / MOTOR / MOTEUR**

**Motore 2 poli a induzione** 3~ 220/380V - 60Hz  
**2 pole induction motor** 1~ 220V - 60Hz  
**Motor de 2 polos a inducción** con termoprotettore  
**Moteur à induction à 2 pôles** with thermal protection  
con protección térmica  
avec protection thermique

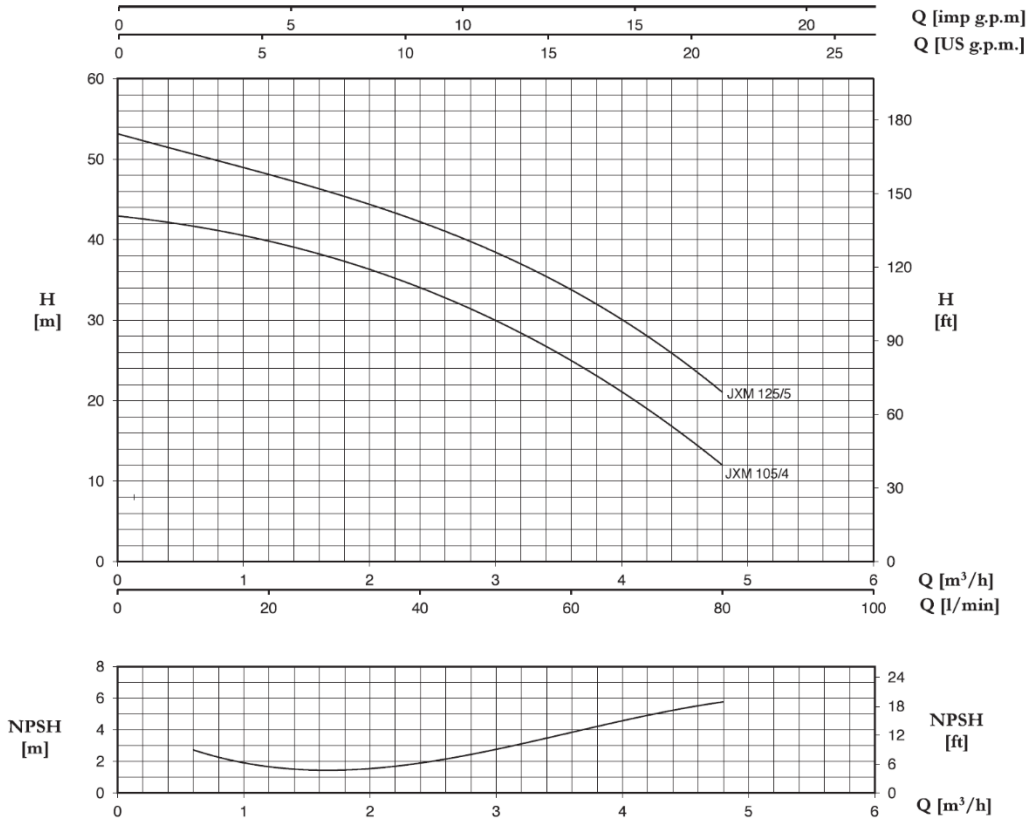
**Classe di isolamento**  
**Insulation class** F  
**Clase de aislamiento**  
**Classe d'isolation**  
**Grado di protezione**  
**Protection degree** IP44  
**Grado de protección**  
**Protection**

1~ 110V - 60Hz	
<b>TYPE</b>	<b>I (A)</b>
JXM 105/4	10,0

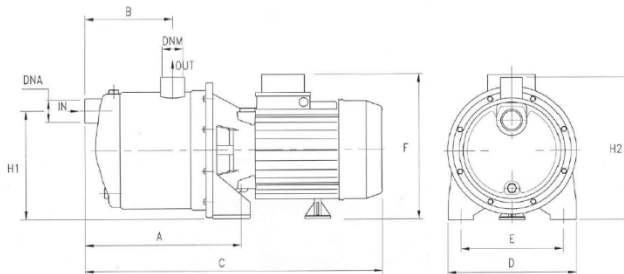
				
<b>TYPE</b>	<b>TRUCK</b>		<b>CONTAINER</b>	
	<b>PALLET (cm)</b>	<b>N° pumps</b>	<b>PALLET (cm)</b>	<b>N° pumps</b>
JXM	85X110X150	60	85X110X190	80

**JXM**

**AUTOADESCANTI / SELF-PRIMING / AUTOCEBANTES / AUTOMORCANTES**



TYPE		P2		P1 (kW)		AMPERE		Q (m³/h - l/min)					
1~	3~	(HP)	(kW)	1~	3~	1~ 3~		H (m)					
						1x220 V 60 Hz	3x380 V 60 Hz	0	0,6	1,2	2,4	3,6	4,8
JXM 105/4	JXM 105/4 T	1	0,74	1,07	1,1	5	1,9	43	41,5	40	34	25	12
JXM 125/5	JXM 125/5 T	1,2	0,88	1,27	1,33	6,1	2,3	53	51	48	42	34	21

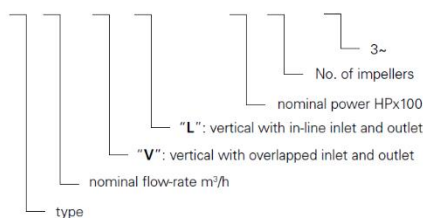


TYPE	DIMENSIONS (mm)													
	A	B	C	D	E	F	H1	H2	DNA	DNM	I	L	M	kg
JXM 105/4	208	128	410	175	140	215	153	210	1" G	1" G	430	210	235	11,1
JXM 125/5	208	128	410	175	140	215	153	210	1" G	1" G	430	210	235	11,7

# PLUS V/L

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE / CONSTRUCTION FEATURES CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS / CARACTÉRISTIQUES D'EXECUTION	
Corpo pompa Pump body Cuerpo bomba Corps de pompe	ghisa cast iron fundición fonte
Supporto motore Motor bracket Soporte motor Support moteur	ghisa cast iron fundición fonte
Giranti, diffusori Impellers, diffusers Rodetes, difusores Turbines, diffuseurs	Noryl®
Camicia, albero motore Shaft, motor shaft Camisa, eje motor Chemise, arbre moteur	acciaio cromo-nichel AISI 304 stainless steel AISI 304 acero cromo-níquel AISI 304 acier chrome-nickel AISI 304
Tenuta meccanica Mechanical seal Sello mecánico	ceramica-grafite ≤ 6 giranti grafite-carburo di silicio ≥ 7 giranti ceramic-graphite ≤ 6 impellers graphite-silicon carbide ≥ 7 impellers cerámica-grafito ≤ 6 rodetes grafito-carburo de silicio ≥ 7 rodetes céramique-graphite ≤ 6 turbines graphite-carbure de silicium ≥ 7 turbines
Garniture mécanique	ceramica-carburo di tungsteno ceramic-tungsten carbide ceramica-carburo de tungsteno céramique-carbure de tungstène
Cuscinetto intermedio guida albero Intermediate shaft guiding stage bush Cojinete intermedio guía-eje Douilles étage de guidage intermédiaire	ceramica-carburo di tungsteno ceramic-tungsten carbide ceramica-carburo de tungsteno céramique-carbure de tungstène
Temperatura ambiente Ambient temperature Temperatura del ambiente Température ambiante	max 40 °C
Temperatura del liquido Liquid temperature Temperatura del liquido Température du liquide	+5 ÷ +35 °C
Pressione max di esercizio Max operating pressure Presión max de trabajo Pression max de fonctionnement	8 bar ≤ 6 giranti; 14 bar ≥ 7 giranti 8 bar ≤ 6 impellers; 14 bar ≥ 7 impellers 8 bar ≤ 6 rodetes; 14 bar ≥ 7 rodetes 8 bar ≤ 6 turbines; 14 bar ≥ 7 turbines
Guarnizione corpo pompa Pump body gasket Guarniciones cuerpo bomba Joint corps de pompe	EPDM
MOTORE / MOTOR / MOTOR / MOTEUR	
Motor 2 poli a induzione 2 pole induction motor Motor de 2 polos a inducción Moteur à induction à 2 pôles	3~ 220/380V - 60Hz 1~ 220V - 60Hz con termoprotettore fino a 1,85kW with thermal protection up to 1,85 kW con protección térmica hasta 1,85 kW avec protection thermique jusqu'à 1,85 kW
Classe di isolamento Insulation class Clase de aislamiento Classe d'isolation	F
Grado di protezione Protection degree Grado de protección Protection	IP44 IP55 ≥ 4,5 HP

## P 3 V/ L - 120/4 T



Pompe centrifughe multistadio verticali. Adatte alla movimentazione di liquidi non carichi; sistemi di pressurizzazione; irrigazione; acque potabili o con glicole in soluzione; trattamento acque; industria alimentare; riscaldamento e condizionamento; sistemi di lavaggio.

Stainless steel multistage vertical pumps. Pumping of clean non-loaded fluids; pressurizing system; irrigation; drinking and glycol water; water treatment; food industry; heating and air conditioning; washing system.

Bombas centrífugas multietapas verticales. Bombeo de líquidos químicamente y mecánicamente no agresivos; sistemas de presurización; riego; agua potable o con glicol; tratamientos del agua; industria alimentaria; calefacción y refrigeración; sistemas de lavado.

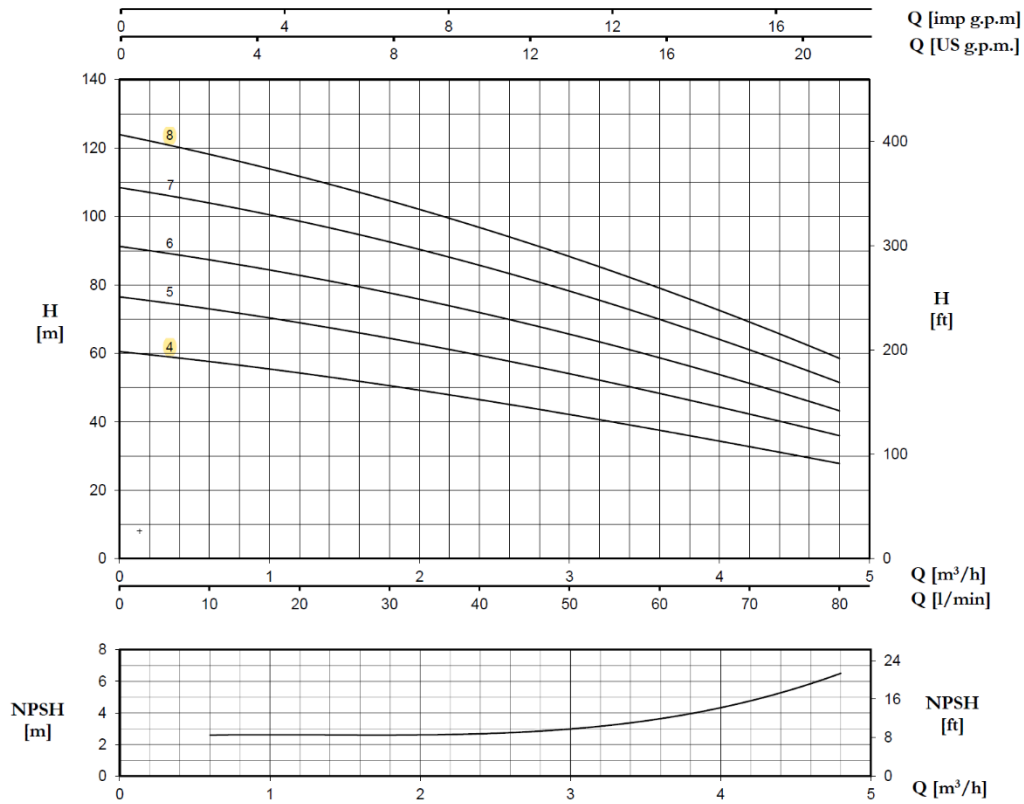
Pompes centrifuges multicellulaires verticales. Pompes d'eaux propres non chargées; groupes de surpression; irrigation; eau potable ou solution de glycol; traitement des eaux; industrie alimentaire; chauffage et climatisation; stations de lavage auto.

MULTIGIRANTI / MULTISTAGE / MULTICELLULARES / MULTICELLULAIRE



**PLUS V/L**

**3 V/L**



PLUS 3... V/L		P2		P1 (kW)		AMPERE		Q (m³/h - l/min)								
1~	3~	(HP)	(kW)	1~	3~	1~	3~	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8
								0	10	20	30	40	50	60	70	80
								H (m)								
P 3...-120/4	P 3...-120/4T	1,2	0,9	1,5	1,4	6,9	2,8	60,5	57,6	54,3	50,5	46,6	41,9	37,7	32,7	27,8
P 3...-150/5	P 3...-150/5T	1,5	1,1	1,8	1,7	8,2	3,2	76,5	73	69	64,2	59,6	54	48,4	42,1	36
P 3...-200/6	P 3...-200/6T	2	1,5	2,2	2,1	10,5	3,9	91,3	87,3	82,7	77,6	72,1	65,7	58,6	51,1	43,3
P 3...-250/7	P 3...-250/7T	2,5	1,8	2,6	2,4	12,4	4,5	108,5	103,9	98,4	92,6	86	78,2	69,9	60,8	51,6
P 3...-300/8	P 3...-300/8T	3	2,2	3,0	2,8	13,8	5,3	124	118,1	111,5	104,7	97	88,3	78,9	69,1	58,6

ANEXO XIV. Especificaciones técnicas del generador de ozono.



**5G OZONE PORTABLE GENERATOR**

<b>Model</b>	QJ-8003K-5A
<b>Application</b>	Outdoor, Hotel, Garage, Commercial, Household
<b>Type</b>	Ozone Generator
<b>Installation</b>	Portable
<b>Certification</b>	CE, RoHS
<b>Power (W)</b>	120
<b>Dimension</b>	32*25*60cm
<b>Weight</b>	10.2kg
<b>Ozone output</b>	5G/hr
<b>Concentration</b>	15-25Mg/L
<b>Gas flow rate</b>	10L/Min
<b>Voltage</b>	AC220/110V, 50/60HZ
<b>Gas feeding</b>	Dry air
<b>Cooling way</b>	Air-cooling
<b>External case</b>	Stainless steel
<b>Timer</b>	120 minutes
<b>Usage</b>	Ozone air purifier, ozone water purifier





ANEXO XV. Ficha técnica del inyector Mazzei 1087-03.



Operating Pressure PSIG				Operating Pressure PSIG			
AIR SUCTION		AIR SUCTION		AIR SUCTION		AIR SUCTION	
Injector INLET	Injector OUTLET	Motive Flow GPM	Air Suction SCFH	Injector INLET	Injector OUTLET	Motive Flow GPM	Air Suction SCFH
5	0	5.2	24.3	60	0	18.2	91.5
	1		6.4		5		76.3
	2		2.7		10		57.5
	3		1.5		15		34.5
	4		*(4.0)		20		24.3
10	0	7.4	40.1	70	0	19.6	100
	2		16.1		5		81.7
	5		4.1		10		67.5
	7		1.5		15		46.3
	8		*(8.1)		20		31.8
15	0	9.1	48.6	80	0	21.0	105
	5		13.1		5		89.6
	7		7.8		10		74.8
	10		3.3		15		57.7
	12		*(13.1)		20		39.5
20	0	10.5	55.0	90	0	22.3	112
	5		22.1		5		96.3
	10		8.5		10		81.7
	12		5.6		15		48.8
	15		*(17.3)		20		29.4
25	0	11.7	60.9	100	0	23.5	116
	5		33.2		5		103
	10		14.3		10		87.7
	15		7.5		15		62.8
	20		*(21.9)		20		37.1
30	0	12.9	70.6	120	0	25.7	124
	5		46.4		5		110
	10		20.5		10		97.9
	15		11.2		15		77.7
	25		*(26.0)		20		46.9
35	0	13.9	74.0	150	0	28.0	132
	5		52.9		5		116
	10		24.7		10		103
	15		13.6		15		87.7
	20		*(30.0)		20		62.8
40	0	14.8	79.8	180	0	30.0	144
	5		57.9		5		124
	10		31.4		10		110
	15		18.9		15		97.9
	25		*(34.4)		20		77.7
45	0	15.7	85.9	210	0	31.5	156
	5		62.8		5		132
	10		38.3		10		116
	15		23.2		15		103
	25		*(38.7)		20		87.7
50	0	16.6	87.7	240	0	33.0	168
	5		66.4		5		144
	10		42.3		10		124
	15		25.6		15		110
	20		*(43.9)		20		97.9

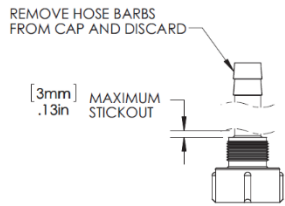
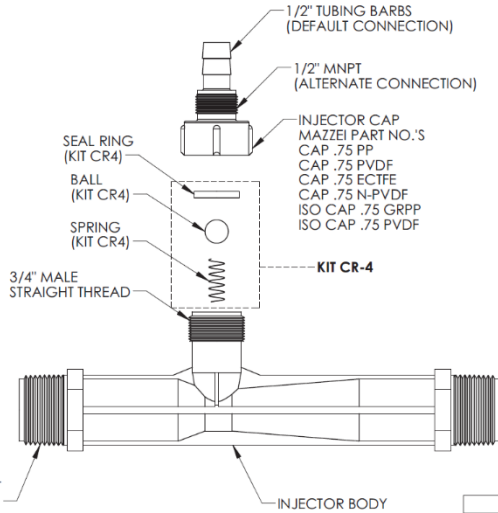
Copyright© 2014 REV August 2014  
 Mazzei Injector Company, LLC  
 500 Rooster Drive, Bakersfield, CA 93307-9555 USA  
 TEL 661.363.6500 • FAX 661.363.7500 • www.mazzei.net

\*NUMBERS IN PARENTHESIS indicate the injector outlet pressure when suction stops (Zero Suction Point).

Injector Performance Table  
 Air Suction Capacity  
 Model 1078-03

NOTES:

1. MADE IN THE U.S.A.
2. U.S. PATENT No. 5,863,128
3. U.S. No. 3,852,076 AND INTERNATIONAL REGISTERED TRADEMARKS
4. MATERIAL: GLASS FILLED POLYPROPYLENE (PP) OR POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) OR ETHYLENE CHLOROTRIFLUOROETHYLENE (ECTFE)
5. INLET/OUTLET CONNECTION: 1" MNPT OR BSPT
6. SUCTION PORT CONNECTION: DEFAULT - 1/2" I.D. TUBING BARB WITH INTEGRATED CHECK VALVE  
ALTERNATE - 1/2" MNPT - SEE ALTERNATE CAP MODIFICATION DETAIL
7. FOR INSTALLATION RECOMMENDATIONS REFER TO MAZZEI TECHNICAL BULLETINS No. 4, No. 5, No. 6, No. 10 AND No. 11, WHICH CAN BE FOUND IN THE "KNOWLEDGE CENTER" AT WWW.MAZZEI.NET.
8. MAZZEI INJECTOR CO., LLC.  
500 ROOSTER DR.  
BAKERSFIELD, CA 93307  
TEL: 661.363.4500  
WEB: WWW.MAZZEI.NET



"CAP MODIFICATION DETAIL"  
(ALTERNATE)

KIT CR-4	
TITLE	MATERIAL
BALL	TEFLON ® (PTFE)
SEAL RING	KEL-F ® (PCTFE)
SPRING	HASTELLOY C-22

INJECTOR BODY  
MAZZEI PART NO.'S  
1078 3 PP  
1078 3 PVDF  
1078 3 N-PVDF  
1078 3 ECTFE  
ISO 1078 3 GRPP  
ISO 1078 3 PVDF  
ISO 1078 3 ECTFE

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED  
DIMENSIONS ARE IN INCHES

DRAWN: T. JOHNS  
DATE: 7/19/2013  
APPROVED: P. BANKOWSKI



TITLE:  
1" INJECTOR; MODEL 1078 3

DRAWING NO.:  
1078 3 PP/PVDF/ECTFE

SIZE: A WEIGHT: N/A SCALE: 1:2 REV.: A SHEET: 1 OF 2

ANEXO XVI. Ficha técnica de bombas Foras serie PLUS 5.

MULTIGIRANTI / MULTISTAGE / MULTICELLULAIRES / MULTICELLULAIRES / MULTICELLULAIRES

# PLUS



Pompe centrifughe multistadio orizzontali. Adatte alla movimentazione di liquidi non carichi; sistemi di pressurizzazione; irrigazione; acque potabili o con glicole in soluzione; trattamento acque; industria alimentare; riscaldamento e condizionamento; sistemi di lavaggio.

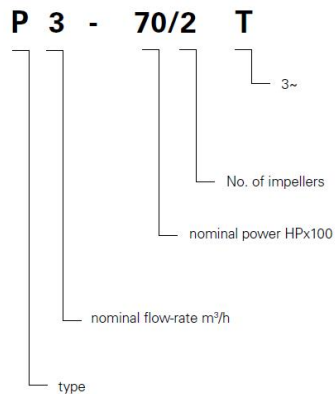
Stainless steel multistage horizontal pumps. Pumping of clean non-loaded fluids; pressurizing system; irrigation; drinking and glycol water; water treatment; heating and air conditioning; washing system.

Bombas centrifugas multietapas horizontales. Bombeo de líquidos químicamente y mecánicamente no agresivos; sistemas de presurización; riegos; agua potable o con glicol; tratamientos del agua; industria alimenticia; calefacción y refrigeración; sistemas de lavado.

Pompes centrifuges multicellulaires horizontales. Pompage d'eaux propres non chargées; groupes de surpression; irrigation; eau potable ou solution de glycol; traitement des eaux; industrie alimentaire; chauffage et climatisation; stations de lavage auto.

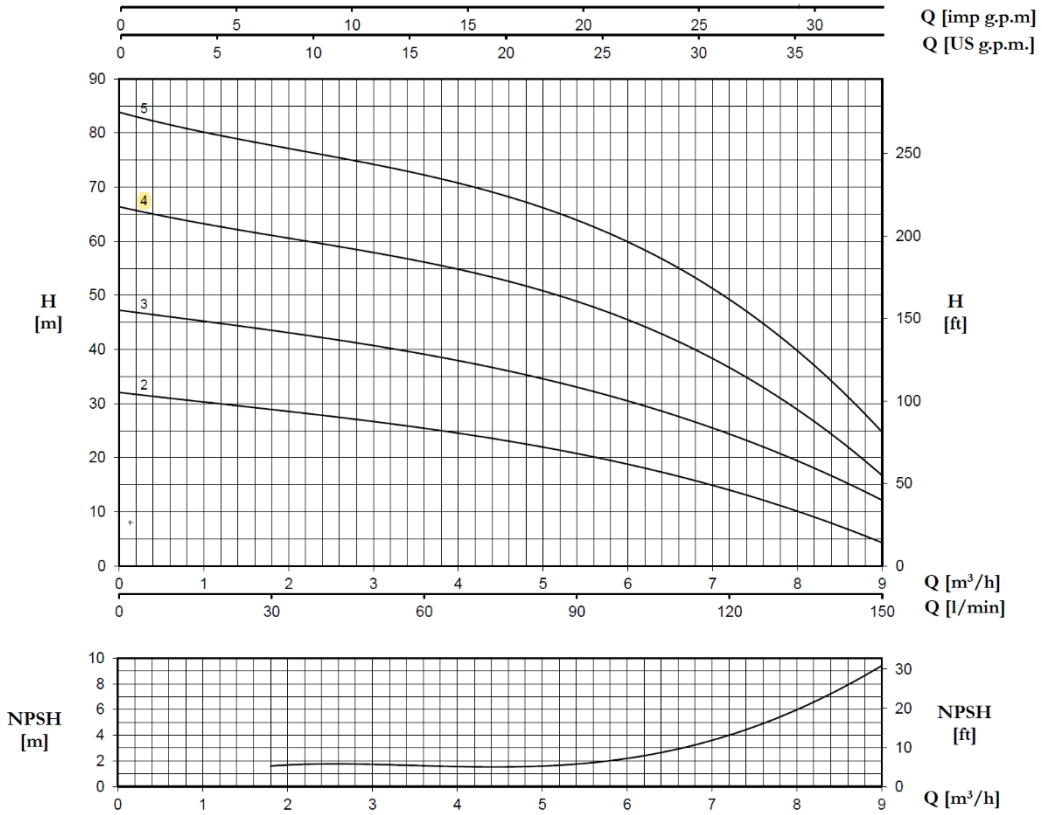
CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE / CONSTRUCTION FEATURES  
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS / CARACTERÍSTICAS D'EXECUTION

<b>Corpo pompa</b> <b>Pump body</b> <b>Cuerpo bomba</b> <b>Corps de pompe</b>	acciaio cromo-nichel AISI 304 stainless steel AISI 304 acero cromo-niquel AISI 304 acier chrome-nickel AISI 304
<b>Supporto motore</b> <b>Motor bracket</b> <b>Soporte motor</b> <b>Support moteur</b>	alluminio aluminium aluminium aluminium
<b>Giranti, diffusori</b> <b>Impellers, diffusers</b> <b>Rodetes, difusores</b> <b>Turbines, diffuseurs</b>	Noryl®
<b>Tenuta meccanica</b> <b>Mechanical seal</b>	ceramica-grafite ≤ 6 giranti graphite-carburo di silicio ≥ 7 giranti ceramic-graphite ≤ 6 impellers graphite-silicon carbide ≥ 7 impellers
<b>Sello mecánico</b> <b>Garniture mécanique</b>	cerámica-grafito ≤ 6 rodetes grafito-carburo de silicio ≥ 7 rodetes céramique-graphite ≤ 6 turbines graphite-carbure de silicium ≥ 7 turbines
<b>Albero motore</b> <b>Motor shaft</b> <b>Eje motor</b> <b>Arbre moteur</b>	acciaio cromo-nichel AISI 303 stainless steel AISI 303 acero cromo-niquel AISI 303 acier chrome-nickel AISI 303
<b>Temperatura del liquido</b> <b>Liquid temperature</b> <b>Temperatura del liquido</b> <b>Température du liquide</b>	-5 ÷ +35 °C
<b>Pressione di esercizio</b> <b>Operating pressure</b> <b>Presión de trabajo</b> <b>Pression de fonctionnement</b>	max 8,5 bar
<b>MOTORE / MOTOR / MOTOR / MOTEUR</b>	
<b>Motore 2 poli a induzione</b> <b>2 pole induction motor</b> <b>Motor de 2 polos a inducción</b> <b>Moteur à induction à 2 pôles</b>	3~ 220/380V - 60Hz 1~ 220V - 60Hz con termoprotettore fino a 1,85kW with thermal protection up to 1,85 kW con protección térmica hasta 1,85 kW avec protection thermique jusqu'à 1,85 kW
<b>Classe di isolamento</b> <b>Insulation class</b> <b>Clase de aislamiento</b> <b>Classe d'isolation</b>	F
<b>Grado di protezione</b> <b>Protection degree</b> <b>Grado de protección</b> <b>Protection</b>	IP44



**PLUS**

**5**



1~ 110V - 60Hz	
<b>TYPE</b>	<b>I (A)</b>
P5-90/2	9,2

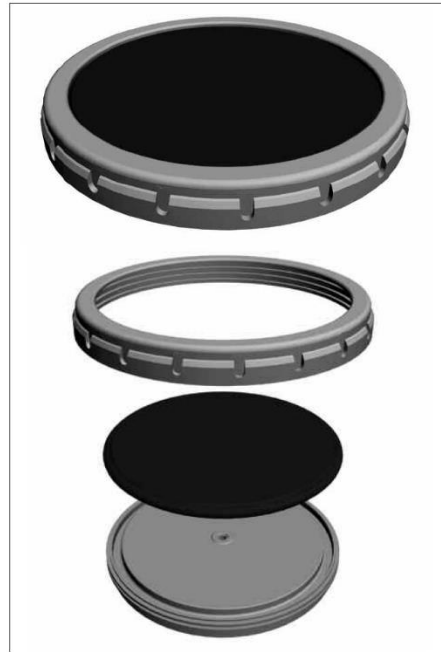
TYPE		P2		P1 (kW)		AMPERE		Q (m³/h - l/min)											
1~	3~	(HP)	(kW)	1~	3~	1~	3~	0	1,8	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9			
								0	30	40	60	80	100	120	140	150			
						1x220V 60 Hz		3x380V 60 Hz		H (m)									
P 5-90/2	P 5-90/2T	0,9	0,66	0,98	0,94	4,6	1,7	31,9	29,2	28,0	25,3	22,2	18,5	14,3	8,6	3,7			
P5-120/3	P 5-120/3T	1,2	0,9	1,42	1,35	6,7	2,7	47,0	44,0	42,5	38,9	34,7	30,1	24,9	17,6	11,3			
P 5-180/4	P 5-180/4T	1,8	1,3	1,93	1,78	9,2	3,2	65,8	62,2	60,1	55,7	50,6	44,6	37,2	27,5	14,3			
P 5-250/5	P 5-250/5T	2,5	1,85	2,5	2,29	11,7	4,2	83,2	78,9	76,7	71,8	66,0	58,7	49,9	37,9	21,9			

T E C H N I C A L   D A T A   S H E E T

# SSI™ FINE BUBBLE DIFFUSERS

## AFD270 9" DISC

- Highest possible quality and technology means years of trouble-free efficient operation.
- Highest possible SOTE independently tested per ASCE, and lowest possible headloss.
- Industry Standard Size and Shape. Membranes are interchangeable with (3) other manufacturers.
- Experienced Engineering and Drafting staff with years of practice to assist you.
- Simple and quick installation with QC Saddle or Grommet.
- 212° F (100° C) temperature resistance and environmentally-friendly polypropylene body.
- Compression-molded membranes with individual thermocouples in each cavity = 100% quality control.
- Each membrane checked for even perforation depth to ensure uniform air release.
- Low membrane plasticizer content to reduce shrinkage and hardening, but enough to avoid creep.
- Multiple integral check valves keep your aeration piping system clean.
- 21st century-special materials, such as PTFE, fEPDM, as well as reinforced and coated ultra fine bubble membranes for outstanding chemical or fouling resistance, or for the highest oxygen transfer efficiency at a headloss you can live with.
- In stock on 3 continents in 4 locations.



### MEMBRANES



#### EPDM

- Excellent conventional material
- No encapsulation



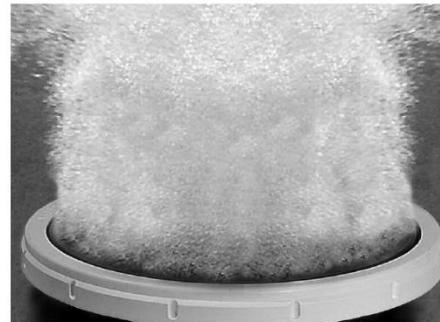
#### fEPDM

- Superior chemical resistance
- Complete surface and slit encapsulation



#### PTFE

- Best fouling resistance
- Non-stick coating
- Surface encapsulation



*Please see reverse for additional technical data*



STAMFORD SCIENTIFIC  
INTERNATIONAL  
INCORPORATED

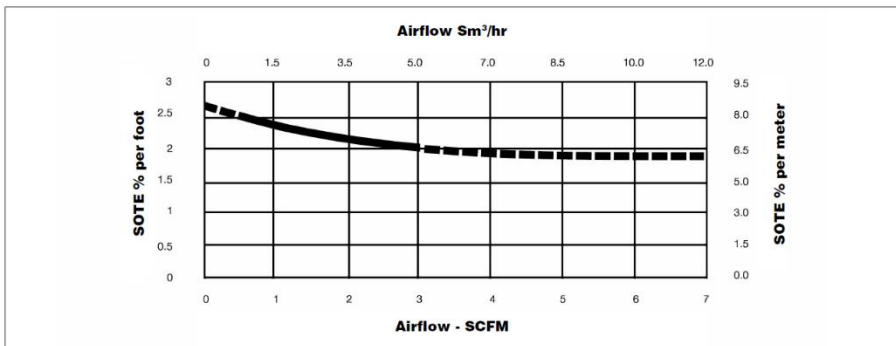
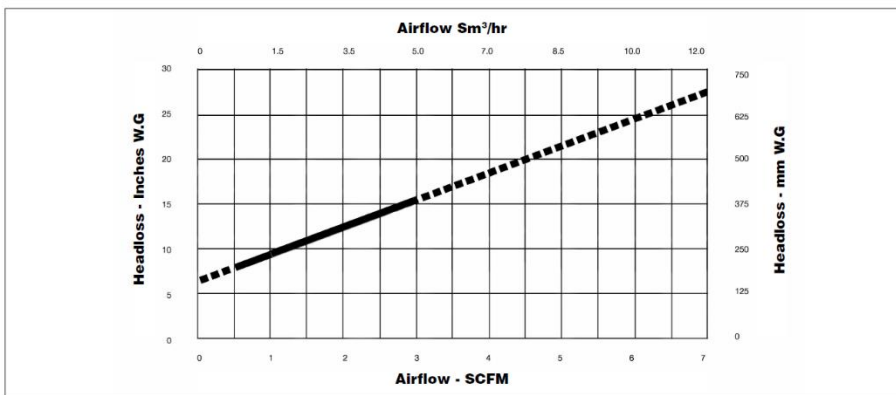
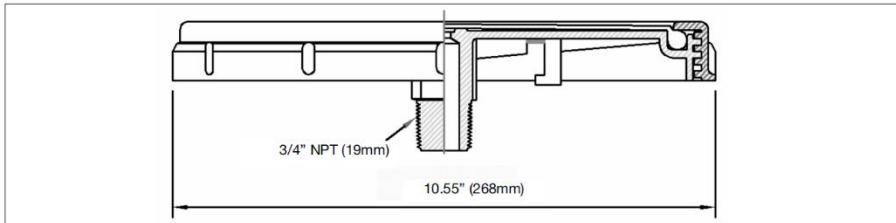
+1-845-454-8171 TEL  
+1-845-454-8094 FAX

4 TUCKER DRIVE  
POUGHKEEPSIE, NEW YORK 12603 USA  
[www.StamfordScientific.com](http://www.StamfordScientific.com)  
EMAIL: [INFO@STAMFORDSCIENTIFIC.COM](mailto:INFO@STAMFORDSCIENTIFIC.COM)



# SSI™ FINE BUBBLE DIFFUSERS *continued*

## AFD270 9" DISC



DESIGN FLOW	FLOW RANGE	ACTIVE SURFACE AREA	SLIT QUANTITY	WEIGHT
1.5 - 3.0 SCFM (2.5-5.0 Sm <sup>3</sup> /hr)	0-7 SCFM (0-12 Sm <sup>3</sup> /hr)	0.41 ft <sup>2</sup> (0.0375 m <sup>2</sup> )	6,600	1.5 lbs (680 g)



STAMFORD SCIENTIFIC  
INTERNATIONAL  
INCORPORATED

+1-845-454-8171 TEL  
+1-845-454-8094 FAX

4 TUCKER DRIVE  
POUGHKEEPSIE, NEW YORK 12603 USA  
[www.StamfordScientific.com](http://www.StamfordScientific.com)  
EMAIL: [INFO@STAMFORDSCIENTIFIC.COM](mailto:INFO@STAMFORDSCIENTIFIC.COM)

ANEXO XVIII. Ficha técnica del blower regenerativo Fuji Electric VFC40.

# VFC400



The VFC400 is a single-stage ring compressor with a maximum pressure of 54.5 in. H<sub>2</sub>O, a maximum vacuum of 50 in. H<sub>2</sub>O, and a maximum capacity of 98 SCFM. It comes complete with a direct-drive, 1 horsepower, TEFC motor capable of operating on a wide range of voltages, and on 50 or 60 Hz. A pilot-duty thermal protector is standard equipment on all 3-phase and 1-phase models. All versions have NEMA class B insulation, are UL recognized, CSA certified, and CE. 575V units are CSA certified only.

## SPECIFICATIONS

Model No.	Hz	Voltage	Amps (Max. Kickstart)	Amps (Loaded Motor)	Max. Pressure	Max. Vacuum	Max. Airflow	Min. Airflow	Max. Temp Rise (31)	Weight
		Low Voltage/High Voltage			in. H <sub>2</sub> O	in. H <sub>2</sub> O	SCFM	SCFM	°F(°C)	lbs.(kg)
1 Phase <b>VFC400P-5T</b>	60	115/230	8.6/4.3	24/12	54.5	50	98	3.5	119(65)	51(23)
	50	110/220	6.0/3.0	22/11	40	37	84	3.5	101(55)	
3 Phase <b>VFC400A-7W</b>	60	200-240/400-480	3.3-2.8/1.7-1.4	15-16.5/7.4-8.2	54.5	50	98	3.5	119(65)	47.5(21.5)
	50	190-230/380-460	2.2-2.4/1.1-1.2	16.5-18.5/8.3-9.2	40	37	84	3.5	101(55)	
<b>VFC400A-5W</b>	60	575	1.3	7.2	54.5	50	98	3.5	119(65)	47.5(21.5)

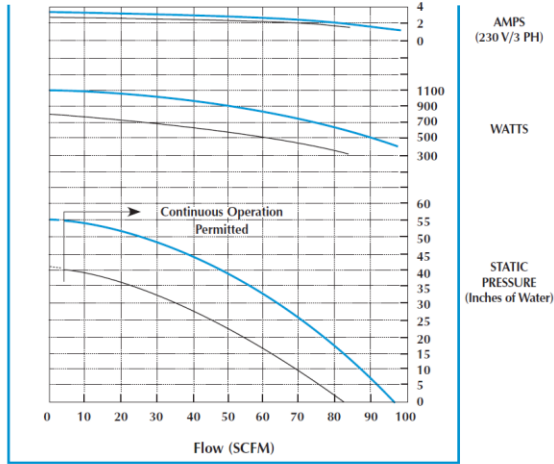
**ACCESSORIES** -For additional accessories: See pages 28-37.

Description	Vacuum Relief Valve	Pressure Relief Valve	Inlet Filter	Inlet Filter Cover	Inlet Filter/Receiver	Exhaust Silencer/Muffler
Model No.	VV4	PV4	F-45	C-45	R30P1.5	VFY-024A
See Page No.	33	33	28	28	31	30

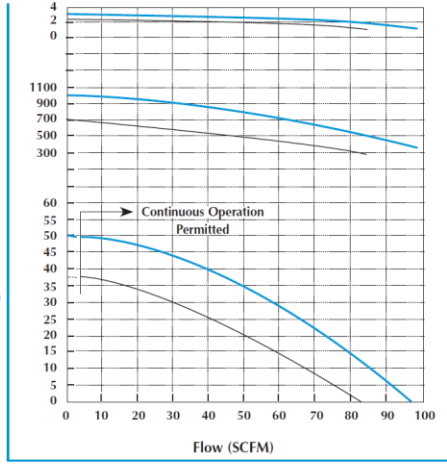
**NOTE:** Maximum allowable time at deadhead is 120 seconds.

# PERFORMANCE DATA

## PRESSURE

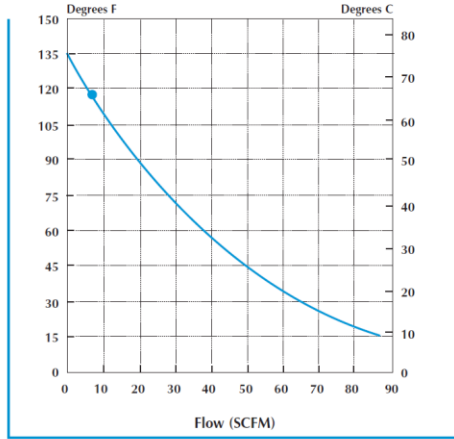


## VACUUM



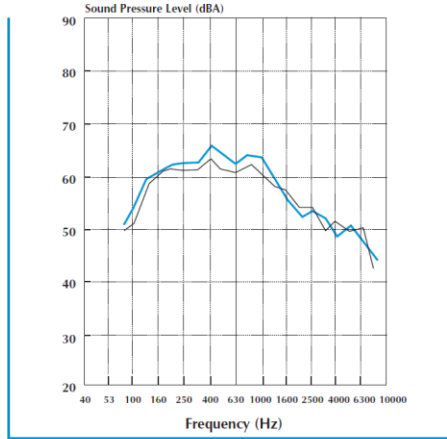
— 60 Hz  
— 50 Hz

## TEMPERATURE RISE



Max. Air Temperature is Value Marked • plus 40 Degrees C Ambient Temperature

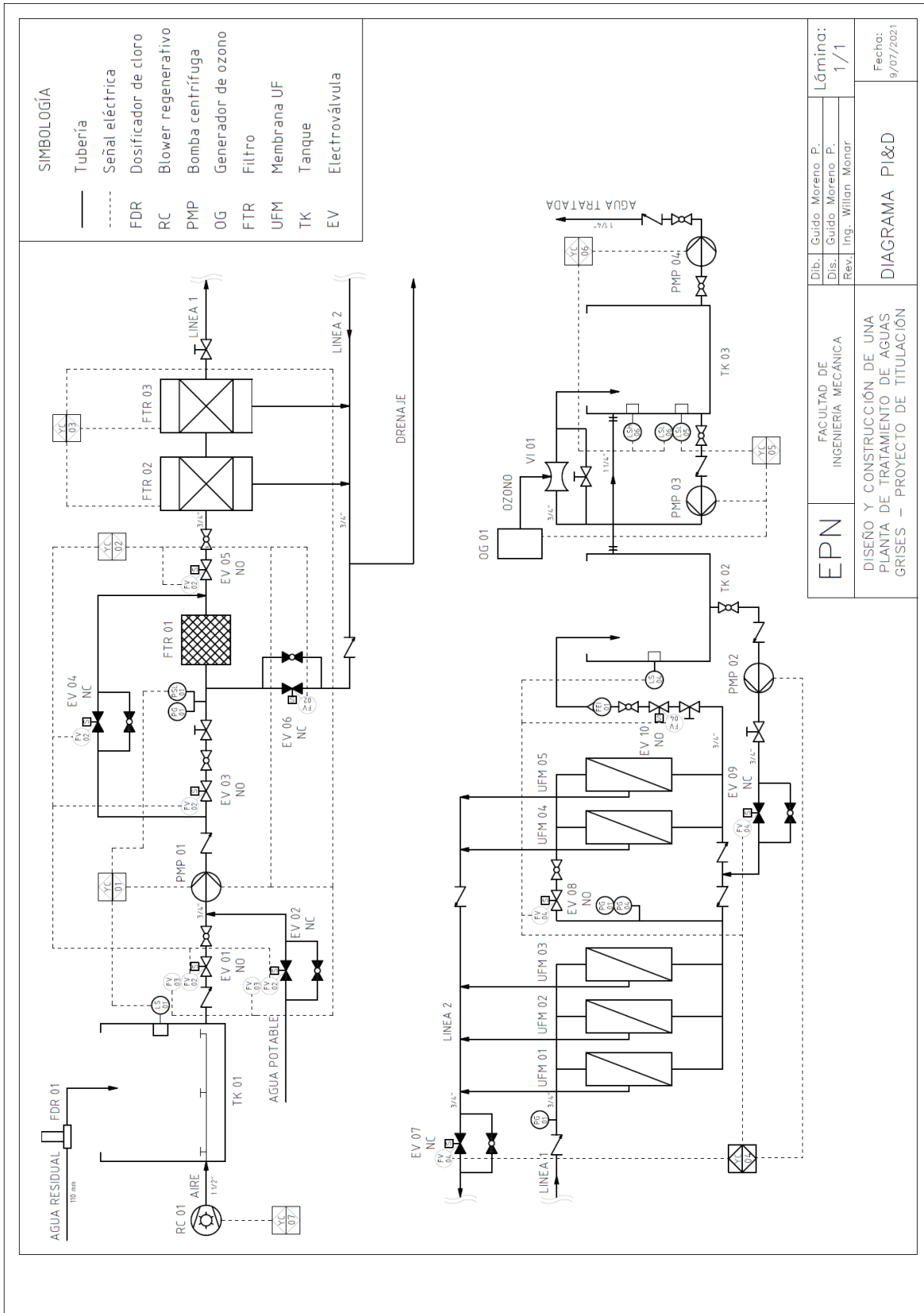
## SOUND LEVEL



\*Measured at distance of 1.0 meter



ANEXO XIX. Diagrama PI&D de la planta de tratamiento.



ANEXO XX. Ficha técnica del PLC Siemens Logo 8 y módulo de expansión.

# SIEMENS

## Hoja de datos

6ED1052-1FB00-0BA8



LOGO! 230RCE, MOD. LOG., DISPL. AL/E/S: 115V/230V/RELE 8 ED/4 SD, MEM. 400 BLOQUES AMPLIABLE MODULARMENTE,ETHERNET WEB-SERVER INTEGR., DATALOG, TARJETA MICRO SD ESTANDAR PARA LOGO! SOFT COMFORT >= V8 PROYECTOS ANTIGUOS EJECUTABLES

### Diseño/montaje

Montaje sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho

### Tensión de alimentación

115 V DC	Sí
230 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
115 V AC	Sí
230 V AC	Sí

### Hora

#### Programadores horario.

- Cantidad 8
- Reserva de marcha 480 h

### Entradas digitales

Nº de entradas digitales 8

### Salidas digitales

Número de salidas 4; Relé  
 Protección contra cortocircuito No; requiere protección externa

### Salidas de relé

Poder de corte de los contactos

- con carga inductiva, máx. 3 A
- Con carga resistiva, máx. 10 A

### CEM

#### Emisión de radiointerferencias según EN 55 011

- Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial Sí

#### Grado de protección y clase de protección

Grado de protección según EN 60529

- IP20

Sí

#### Normas, homologaciones, certificados

Homologación CSA

Sí

Homologación UL

Sí

Homologación FM

Sí

desarrollado conforme a IEC 61131

Sí

según VDE 0631

Sí

#### Homologaciones navales

- Homologaciones navales

Sí

#### Condiciones ambientales

Temperatura de empleo

- mín.

0 °C

- máx.

55 °C

#### Dimensiones

Ancho

71,5 mm

Alto

90 mm

Profundidad

60 mm

Última modificación:

30.09.2014

LOGO! DM16 230R MOD. DE AMPL., AL/E/S: 230V/230V/RELE, 4 MOD, 8 ED/ 8 SD PARA LOGO! 8



Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
115 V DC	Sí
230 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
115 V AC	Sí
230 V AC	Sí
Frecuencia de red	
• Rango admisible de frecuencia, límite superior	63 Hz
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
Tensión de entrada	
• Tipo de tensión de entrada	AC/DC
• para señal "0"	< 40 V AC; < 30 V DC
• para señal "1"	> 79 V AC; > 79 V DC
Intensidad de entrada	

• para señal "0", máx. (intensidad de reposo admisible)	0,06 mA
• para señal "1", típ.	0,37 mA
<b>Retardo de entrada (a tensión nominal de entrada)</b>	
para entradas estándar	
— en transición "0" a "1", máx.	40 ms
— en transición "1" a "0", máx.	75 ms
<b>Salidas digitales</b>	
Número de salidas	8
Protección contra cortocircuito	No
Ataque de una entrada digital	Sí
<b>Poder de corte de las salidas</b>	
• Carga tipo lámpara, máx.	1 000 W; 500 W con 115 V AC
<b>Intensidad de salida</b>	
• para señal "1" valor nominal	5 A
<b>Conexión en paralelo de 2 salidas</b>	
• para aumentar la potencia	No
<b>Frecuencia de conmutación</b>	
• Con carga resistiva, máx.	2 Hz
• con carga inductiva, máx.	0,5 Hz
• mecánico, máx.	10 Hz
<b>Salidas de relé</b>	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— Con carga resistiva, máx.	5 A
<b>CEM</b>	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
<b>Grado de protección y clase de protección</b>	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
<b>Normas, homologaciones, certificados</b>	
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
<b>Homologaciones navales</b>	
• Homologaciones navales	Sí
<b>Condiciones ambientales</b>	
Temperatura de empleo	

- mín. 0 °C
- máx. 55 °C

#### Dimensiones

Ancho	71,5 mm
Alto	90 mm
Profundidad	58 mm
Última modificación:	14.10.2014

ANEXO XXI. Ficha técnica de válvulas solenoides ASCO serie Next Generation.

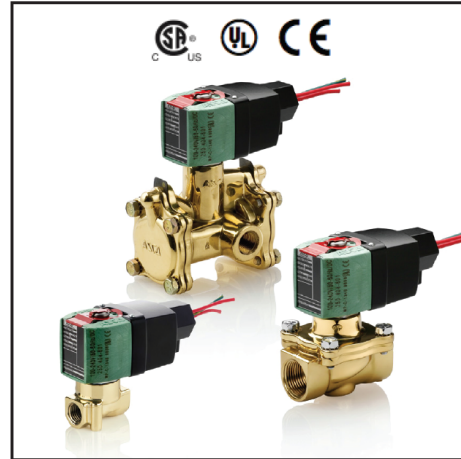


**Válvulas Solenoides**  
**Mejoradas Electrónicamente**  
 Cuerpo de latón o acero inoxidable  
 Conexiones de 1/4" a 2" NPT

2/2•3/2•4/2  
**SERIE**  
**Next**  
**Generation**

**Características Principales**

- Aumento en las clasificaciones de presión en DC a niveles de AC, en todos los productos (hasta 500% de mejora).
- Funcionamiento con menos energía.
- Varios rangos de voltaje.
- Supresor de picos eléctricos integrado.
- Eliminación de zumbido (*hum*) en AC.
- Aumento en la clasificación de las temperaturas de operación en AC y DC.
- Reducción en el incremento de la temperatura de operación del solenoide.
- Vida útil más larga de la bobina debido a temperaturas de operación más bajas y a supresión de picos eléctricos.
- Aprobaciones UL, CSA y CE del solenoide.
- Disponible con bobina Clase I, División 2 (prefijo "EE").



MEJORADAS  
ELECTRÓNICAMENTE

**Rangos de Temp. Ambiente Nominal**

14°F a 140°F (-10°C a 60°C)

Para las Series 8262/8263/8314: -13°F a 140°F (-25°C a 60°C)

**Cómo Ordenar**

Localice en las tablas de Especificaciones Técnicas la válvula que busca.

Las tablas contienen la siguiente información, la cual le ayudará a hacer su elección.

Diám. de conex. (pulg.)	Diám. de orificio interno (pulg.)	Factor de flujo Cv	Presión diferencial de operación (psi)			Temp. máx. de fluido (°F)	Latón ①	Ref. de const.	Certificación		Ref. de const.	Certificación		Consumo AC/DC watts	Peso aprox. de embarque (lb)
			Mín.	Aire-gas inerte	Agua				Máx., AC/DC	UL		Acero inoxidable	UL		
1/2	5/8	4	0	150	150	-	180	8210P094	4	○	-	-	-	2	3.2

① Al ordenar una válvula, especifique el número base de catálogo ASCO®, por ejemplo, **8210P094**; este número siempre tiene ocho dígitos.

Seleccione uno de los tres rangos de operación: 100-240V/50-60Hz/AC, 24-120V/50-60Hz/AC o 12-24V/DC, y agréguelo al número de catálogo base, por ejemplo, 8210P094 **24-120V/50-60Hz/AC**.

Si las necesidades de su aplicación requieren una o más opciones de la Tabla de Características Opcionales, agregue el prefijo o sufijo correspondiente al número base de catálogo de la válvula, como se muestra.

Diám. de conex. (pulg.)	Diám. de orificio interno (pulg.)	Opciones de solenoide②		Número base de catálogo			Materiales resistentes③							Otros③			Kit reconstrucción estándar④	
		Bobina Clase I, División 2		Latón	Acero inoxidable	NBR	FKM	EPDM	CR	Servicio de oxígeno	PTFE	Uretano	Control de vacío	Operador manual	Soporte de montaje	Latón, AC/DC	Acero inoxidable, AC/DC	
1/2	5/8	EE		8210P094	-	●	V	E	J	N	-	-	VH	MO	MB	322670	-	

② Solenoide opcional Clase I, División 2, por ejemplo, **EE8210P094** 24-120V/50-60Hz/AC.

③ Si requiere elastómero FKM y operador manual, agregue "VMO" al final del número base de catálogo, por ejemplo, 8210P094**VMO** 24-120V/50-60Hz/AC.

④ Cuando ordene el kit de reconstrucción para una válvula, suministre el número de kit de reconstrucción como se muestra en la tabla, por ejemplo, 322670. Cuando ordene el kit de reconstrucción para una válvula con sufijo, agregue el sufijo al número de kit de reconstrucción correspondiente, por ejemplo, el kit de reconstrucción para la válvula con FKM es 322670-V

Todas las construcciones están disponibles con prefijo "EE" para requisitos Clase I, División 2.

Al ordenar bobinas de repuesto, seleccione el número de parte de la tabla:

Rango de voltaje	Prefijo de la válvula	Número de parte bobina de repuesto
100-240V/50-60Hz/AC	-	250404-601-*
24-120V/50-60Hz/AC	-	250404-604-*
12-24/DC	-	250404-603-*
100-240V/50-60Hz/AC	EE	250504-601-*
24-120V/50-60Hz/AC	EE	250504-604-*
12-24/DC	EE	250504-603-*

**Tipos de Encapsulado del Solenoide**

**Estándar:** A prueba de agua, Tipos 1, 2, 3, 3S, 4 y 4X.

**Opcional:** Para áreas peligrosas Clase I, División 2, y a prueba de agua, Tipos 3, 3S, 4, 4X. Para ordenar, agregue "EE" al número de catálogo.

**Nota:** Para partes de la válvula en contacto con el fluido e información adicional, consulte la Sección de Ingeniería.

107

### Características Principales de las Válvulas de 2 Vías

- Las válvulas solenoides Next Generation de dos vías (2/2) tienen un puerto de entrada y un puerto de salida.
- Para control de aire, agua, aceite ligero y fluidos no corrosivos.
- Operación normalmente cerrada (abre cuando se energiza) o normalmente abierta (cierra cuando se energiza).
- Conexiones de 1/8" a 2".

### Especificaciones Técnicas. Válvulas de 2 Vías (Sistema Inglés)

MEJORADAS  
ELECTRÓNICAMENTE

Diám. de conex. (pulg.)	Diám. de orificio interno (pulg.)	Factor de flujo Cv	Presión diferencial de operación (psi)			Temp. máx. de fluido (°F)	Latón	Ref. de const.	Certificación		Acero inoxidable	Const Ref.	Certificación		Consumo AC/DC (watts)
			Min.	Aire-gas inerte	Agua ③				Aceite ligero @ 300 SSU	UL			UL		
<b>Servicio general – Normalmente cerrada</b>															
1/8	3/64	0.06	0	2200	2200	1700	140	-	-	-	8262R175 ⑤	1	●	-	2
1/8	3/64	0.06	0	1500	1500	1500	140	8262R099 ⑤	1	●	-	-	-	-	2
1/8	3/32	0.21	0	720	410	410	180	8262R277	1	○	8262R178	1	○	○	2
1/8	1/8	0.35	0	540	395	360	180	8262R105	1	○	8262R174	1	○	○	2
1/8	1/8	0.35	0	200	-	-	167	8262R077 ⑥	1	○	-	-	-	-	2
1/4	3/64	0.06	0	1500	1500	1500	140	8262R107 ⑤	2	●	-	-	-	-	2
1/4	3/64	0.06	0	2200	2200	1700	140	-	-	-	8262R181 ⑤	2	●	-	2
1/4	3/32	0.21	0	720	410	410	180	8262R109	2	○	8262R183	2	○	○	2
1/4	1/8	0.35	0	540	395	360	180	8262R232	2	○	8262R185	2	○	○	2
1/4	5/32	0.52	0	300	225	225	180	8262R202	2	○	8262R220	2	○	○	2
1/4	7/32	0.73	0	125	125	125	180	8262R208	2	○	8262R226	2	○	○	2
1/4	9/32	0.88	0	105	105	105	180	8262R212	2	○	8262R230	2	○	○	2
1/4	9/32	1.0	0	50	-	-	167	8262R078 ⑥	2	○	-	-	-	-	2
1/4	5/16	1.5	10	1500	1500	1500	180	8223P025	18	-	-	-	-	-	2
3/8	1/8	0.35	0	540	395	360	180	8263R115	3	○	8263R191	3	○	○	2
3/8	5/32	0.52	0	300	225	225	180	8263R200	3	○	8263R193	3	○	○	2
3/8	7/32	0.73	0	125	125	125	180	8263R124	3	○	8263R332	3	○	○	2
3/8	9/32	0.88	0	105	85	85	180	8263R210	3	○	8263R333	3	○	○	2
3/8	5/16	1.5	10	1500	1500	1500	180	8223P027	18	-	-	-	-	-	2
3/8	5/8	3	0	150	150	-	180	8210P093	4	○	-	-	-	-	2
3/8	5/8	3	5	300	300	300	180	8210P006	4	●	-	-	-	-	2
1/2	3/8	3.2	25	1500	1500	1500	180	8223P003	5	-	8223P010	6	-	-	2
1/2	5/8	4	0	150	150	-	180	8210P094	4	○	-	-	-	-	2
1/2	5/8	4	0	150	150	125	180	-	-	-	8210P087	7	●	-	2
1/2	5/8	4	5	300	300	300	180	8210P007	4	○	-	-	-	-	2
3/4	5/8	4.5	0	150	150	125	180	-	-	-	8210P088	7	●	-	2
3/4	3/4	5	0	150	150	-	180	8210P095	7	○	-	-	-	-	2
3/4	3/4	5	0	3	3	-	180	8030P003	8	○	-	-	-	-	2
3/4	3/4	7.8	25	750	750	750	180	8223P005	9	-	-	-	-	-	2
1	1	13	5	150	150	100	180	8210P004	10	○	-	-	-	-	2
1 1/4	1 1/8	15	5	150	150	100	180	8210P008	10	○	-	-	-	-	2
1 1/2	1 1/4	22.5	5	150	150	100	180	8210P022	11	○	-	-	-	-	2
2	1 3/4	43	5	150	125	90	180	8210P100	12	●	-	-	-	-	2
<b>Servicio general – Normalmente abierta</b>															
1/8	3/64	0.06	0	1150	900	800	140	8262R155 ⑤	1	●	8262R168 ⑤	1	●	-	2
1/8	3/64	0.06	0	750	750	750	180	8262R156	1	●	8262R169	1	●	-	2
1/8	3/32	0.21	0	275	230	180	180	8262R128	1	●	8262R236	1	●	-	2
1/8	1/8	0.35	0	160	145	125	180	8262R129	1	●	8262R237	1	●	-	2
1/4	3/64	0.06	0	1150	900	800	140	8262R161 ⑤	2	●	8262R199 ⑤	2	●	-	2
1/4	3/64	0.06	0	750	750	750	180	8262R260	2	●	8262R130	2	●	-	2
1/4	3/32	0.21	0	275	230	180	180	8262R261	2	●	8262R134	2	●	-	2
1/4	1/8	0.35	0	160	145	125	180	8262R262	2	●	8262R138	2	●	-	2
1/4	5/32	0.54	0	90	90	70	180	8262R263	2	●	8262R142	2	●	-	2
1/4	7/32	0.83	0	45	45	40	180	8262R264	2	●	8262R148	2	●	-	2
1/4	9/32	0.96	0	30	30	30	180	8262R265	2	●	8262R152	2	●	-	2
3/8	1/8	0.35	0	160	145	125	180	8263R070	3	●	8263R080	3	●	-	2
3/8	5/32	0.54	0	90	90	70	180	8263R071	3	●	8263R081	3	●	-	2
3/8	7/32	0.83	0	45	45	40	180	8263R072	3	●	8263R082	3	●	-	2
3/8	9/32	0.96	0	30	30	30	180	8263R073	3	●	8263R083	3	●	-	2
3/8	5/8	3	0	150	150	125	180	8210P033	15	●	-	-	-	-	2
1/2	5/8	4	0	150	150	125	180	8210P034	15	●	-	-	-	-	2
3/4	3/4	5.5	0	150	150	125	180	8210P035	16	●	-	-	-	-	2
3/4	3/4	5.5	0	2	2	-	180	8030P083	17	●	-	-	-	-	2

○ = Válvula de corte seguro. ● = Válvula de uso general.



## ANEXO XXII. Especificaciones técnicas del HMI Delta serie DOP-B.

# Specifications

## DOP-B Series

MODEL		DOP-B03S211	DOP-B03E211	DOP-B05S111	DOP-B07S410	DOP-B07S411	DOP-B07E411	DOP-B07S401K DOP-B07S411K	DOP-B07S415	DOP-B07PS415	DOP-B07E415
LCD MODULE	Display Size and Type	4.3" TFT LCD		5.6" TFT LCD	7" Widescreen TFT LCD						
	Display Colors	65536 colors									
	Resolution (pixels)	480 x 272		320 x 234	800 x 480						
	Backlight	LED Back Light									
	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	280	400	200	250	250	250	250	350	350	350
Backlight Life (hours) <small>(Note 1)</small>	20,000	10,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
MCU	400 MHz										
Flash ROM (Bytes)	128 MB		128 MB	4MB	128 MB						
RAM (Bytes)	64MB										
Backup Memory (Bytes)	16MB			32k	16MB						
Buzzer	Multi-Tone Frequency ( 2K ~ 4K Hz ) / 85dB										
AUX	N/A		N/A	N/A							Stereo output
Ethernet	N/A	1 Port <small>(Note 2)</small>	N/A	N/A		1 Port <small>(Note 2)</small>	N/A			1 Port <small>(Note 2)</small>	
Memory Card	N/A		N/A	N/A				SD card (supports SDHC)			
USB	1 USB Host Ver 1.1 / 1 USB Client Ver 2.0			1 USB Client Ver 2.0	1 USB Host Ver 1.1 / 1 USB Client Ver 2.0						
Serial COM Port	COM1	RS-232 (Supports hardware flow control) / RS-485		RS-232 (Supports hardware flow control) <small>(Note 2)</small>	RS-232 (Supports hardware flow control) / RS-485 / RS-422	RS-232 (Supports hardware flow control)			RS-232 (Supports hardware flow control) <small>(Note 2)</small>		
	COM2	RS-422 / RS-S485	RS-422 / RS-485 <small>(Note 2)</small>	RS-232 / RS-485 <small>(Note 2)</small>	N/A	RS-232 / RS-485			RS-232 / RS-422 / RS-485 <small>(Note 2)</small>		
	COM3	N/A		RS-422 / RS-485 <small>(Note 2)</small>	N/A	RS-422 / RS-485			RS-232 / RS-422 / RS-485 <small>(Note 2)</small>		
VGA Input	N/A		N/A	N/A							
Delta Professional Integration Function	N/A		N/A	N/A						YES	N/A
Function Key	N/A		N/A	N/A			8	N/A			
Perpetual Calendar (RTC)	Built-in										
Cooling Method	Natural air circulation										
Safety Approval	CE / UL										
Waterproof Degree	IP65 / UL type 4x										
Operation Voltage <small>(Note 3)</small>	DC +24V ( -10% ~ +15% ) <small>(Note 2)</small>										
Voltage Endurance	AC500V for 1 minute (between charging DC24 terminal and FG terminals)										
Power Consumption <small>(Note 5)</small>	2.64 W	2.64 W	3.0 W	3.5 W	4 W	4 W	4 W	4 W	5 W	5 W	7.5 W
Backup Battery	3V lithium battery CR2032 x 1										
Backup Battery Life	It depends on the temperature used and the conditions of usage, about 3 years or more at 25 °C										
Operation Temp.	0°C ~ 50°C										
Storage Temp.	-20°C ~ +60°C										
Ambient Humidity	10% ~ 90% RH (0 ~ 40 °C), 10% ~ 55% RH (41 ~ 50 °C), Pollution Degree 2										
Vibration	IEC 61131-2 compliant 5Hz ~ 8.3Hz = Continuous: 3.5mm, 8.3Hz ~ 150Hz = Continuous: 1.0g										
Shock	IEC 60068-2-27 compliant 15g peak for 11 ms duration, X, Y, Z directions for 6 times										
Dimensions ( W ) x ( H ) x ( D ) mm	129 x 103 x 39	129 x 103 x 39	184 x 144 x 50	215 x 161 x 35.3	215 x 161 x 50	215 x 161 x 50	215 x 161 x 50	215 x 161 x 50	215 x 161 x 50	215 x 161 x 50	215 x 161 x 50
Panel Cutout ( W ) x ( H ) mm	118.8 x 92.8	118.8 x 92.8	172.4 x 132.4	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9
Weight	Approx. 230 g	Approx. 264 g	Approx. 670 g	Approx. 700 g	Approx. 820 g	Approx. 820 g	Approx. 820 g	Approx. 820 g	Approx. 970 g	Approx. 970 g	Approx. 970 g

1) The half-life of backlight is defined as original luminance being reduced by 50% when the maximum driving current is supplied to HMI.

2) With built-in isolated power circuit.

3) Please use isolated power supply.

4) Some models are in the process of application for UL and KCC certification. For more information, please consult our distributors.

5) The value of the power consumption indicates the electrical power consumed by HMI with no peripheral devices connected.

To ensure normal operation, it is recommended using a power supply with a capacity 1.5 ~ 2 times the value of the power consumption.

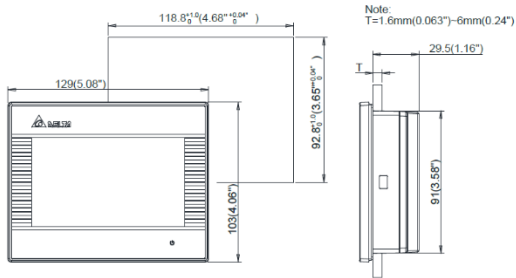
6) The content of this catalogue may be revised without prior notice. Please consult our distributors or download the most updated version at <http://www.deltavv.com>



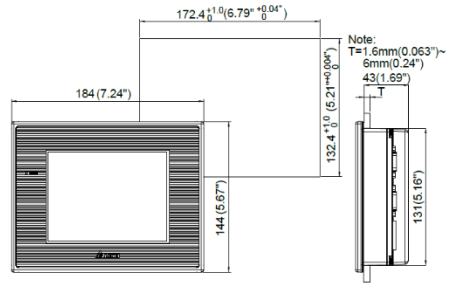
## Dimensions Unit: mm (Inches)

### DOP-B Series

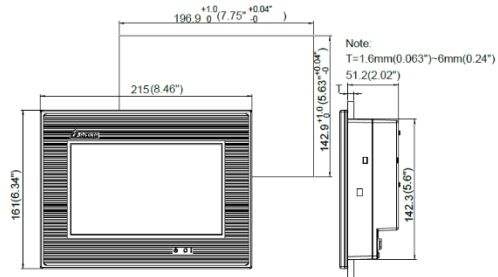
#### • DOP-B03S(E)211



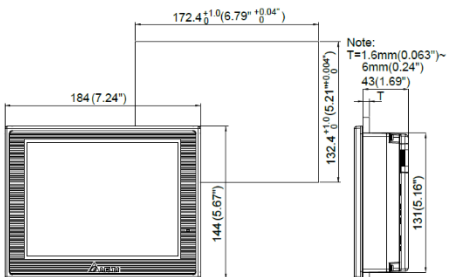
#### • DOP-B05S111



#### • DOP-B07S(E)415 / DOP-B07PS415



#### • DOP-B07S(E)515 / DOP-B07PS515



# ANEXO XXIII. Ficha técnica de la placa de desarrollo GSM Arduino MKR 1400.

2/1/2020

[https://store.arduino.cc/usa/datasheet/index/index?url\\_key/mkr-gsm-1400-wo-antenna-reseller/](https://store.arduino.cc/usa/datasheet/index/index?url_key/mkr-gsm-1400-wo-antenna-reseller/)



## Arduino MKR GSM 1400 w/o Antenna

Arduino MKR GSM 1400 is a powerful board that combines the functionality of the Zero and global GSM connectivity. It is the ideal solution for makers wanting to design IoT projects with minimal previous experience in networking.

**Please note: This board does not ship with a SIM card.**

SKU: ABX00018

Country of origin: Italy

Taric: 85235210

Getting Started: <https://www.arduino.cc/en/Guide/MKRGSM1400>

### Overview

**Arduino MKR GSM 1400** has been designed to offer a practical and cost effective solution for makers seeking to add global GSM connectivity to their projects with minimal previous experience in networking. It is based on the Atmel [SAM21](#) and a [SARA-U201](#) GSM module.

The design includes the ability to power the board using a LiPo battery or external power source from 5V up to 12V. Switching from one source to the other is done automatically. A good 32 bit computational power similar to the [Zero board](#), the usual rich set of I/O interfaces, global GSM communication and the ease of use of the Arduino Software (IDE) for code development and programming. All these features make this board the preferred choice for the emerging IoT battery-powered projects in a compact form factor. The USB port can be used to supply power (5V) to the board. During cellular transmissions the peak current required by the board will exceed 500mA. This is in excess of what can be sourced by a standard USB port, so it is MANDATORY to have a 1500 mAh or higher LiPo battery plugged all the time, the current provided by the USB port will be supplemented by the battery. When powering the board using Vin, a 5V power supply that can supply at least 2A is required.

**Warning:** Unlike most Arduino & Genuino boards, the MKR GSM 1400 runs at 3.3V. The maximum voltage that the I/O pins can tolerate is 3.3V. Applying voltages higher than 3.3V to any I/O pin could damage the board. While output to 5V digital devices is possible, bidirectional communication with 5V devices needs proper level shifting.

You can find [here](#) your board warranty informations.

### Getting Started

You can find in the [Getting Started section](#) all the information you need to configure your board, use the [Arduino Software \(IDE\)](#), and start tinkering with coding and electronics.

### Need Help?

- On the Software [on the Arduino Forum](#)
- On Projects [on the Arduino Forum](#)
- On the Product itself through our [Customer Support](#)

### Tech Specs

The Arduino MKR GSM 1400 is based on the SAMD21 microcontroller.

Microcontroller	SAMD21 Cortex®-M0+ 32bit low power ARM MCU ( <a href="#">datasheet</a> )
Radio module	u-blox SARA-U201 ( <a href="#">datasheet</a> )
Secure Element	ATECC508 ( <a href="#">datasheet</a> )
Board Power Supply (USB/VIN)	5V
Supported Battery	Li-Po Single Cell, 3.7V, 1500mAh Minimum
Circuit Operating Voltage	3.3V
Digital I/O Pins	8
PWM Pins	13 (0 .. 8, 10, 12, 18 / A3, 19 / A4)
UART	1
SPI	1
I2C	1
Analog Input Pins	7 (ADC 8/10/12 bit)
Analog Output Pins	1 (DAC 10 bit)
External Interrupts	8 (0, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 16 / A1, 17 / A2)
DC Current per I/O Pin	7 mA
Flash Memory	256 KB (internal)
SRAM	32 KB
EEPROM	no
Clock Speed	32.768 kHz (RTC), 48 MHz
LED_BUILTIN	6
Full-Speed USB Device and embedded Host	
Antenna gain	2dB (bundled antenna at the Arduino Store)
Carrier frequency	GSM 850 MHz, E-GSM 1900 MHz, DCS 1800 MHz, PCS 1900 MHz
Working region	Global
SIM Card	MicroSIM (not included with the board)
Length	67.64 mm
Width	25 mm
Weight	32 gr.

### Documentation

#### OSH: Schematics

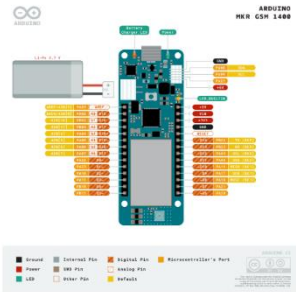
The MKR GSM 1400 is open-source hardware! You can build your own board using the following files:

[EAGLE FILES IN .ZIP SCHEMATICS IN .PDF FRITZING IN .FZPZ](#)

#### Pinout Diagram

[https://store.arduino.cc/usa/datasheet/index/index?url\\_key/mkr-gsm-1400-wo-antenna-reseller/](https://store.arduino.cc/usa/datasheet/index/index?url_key/mkr-gsm-1400-wo-antenna-reseller/)

1/2

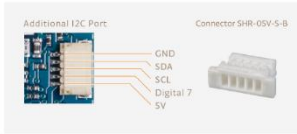


Download the full pinout diagram as PDF [here](#).

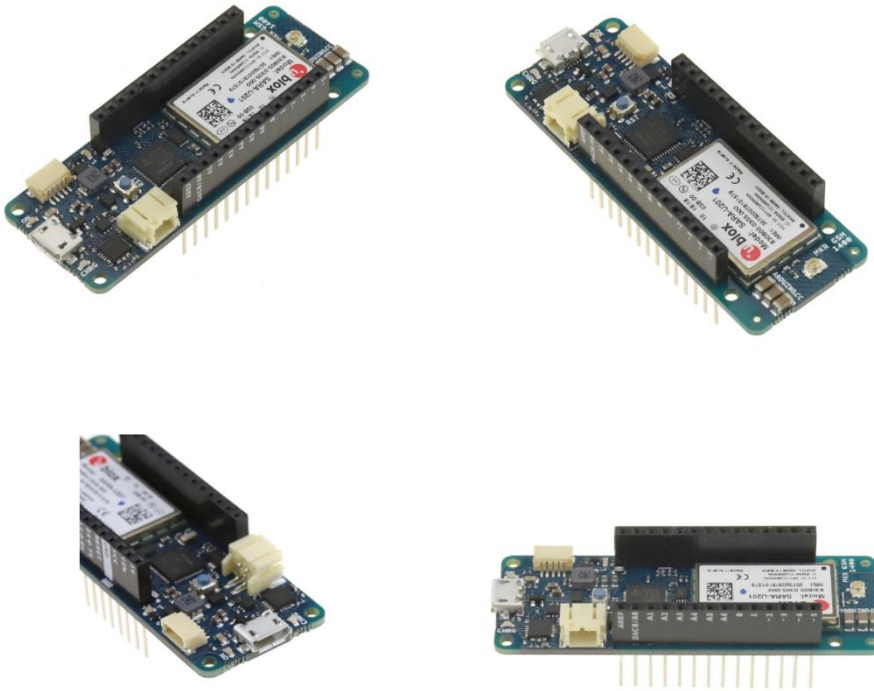
### Additional I2C Port

The MKR GSM 1400 has an additional connector meant as an extension of the I2C bus. It's a small form factor 5-pin connector with 1.0 mm pitch. The mechanical details of the connector can be found in the [connector's datasheet](#).

The I2C port, also referred to as the Eslov self-identification port within Arduino, comes with: SDA, SCL, GND, +5V, and an extra digital pin meant to send an alarm to the otherwise plain I2C devices connected to it. The pinout is shown in the following image:



If you are interested in designing your own modules for Arduino boards with this expansion port, the connector we suggest using is code: SHR-05V-S-B, also in the picture.



## ANEXO XXIV. Programación del módulo GSM.

```
PTAR_ZAIGEN | Arduino 1.8.15 (Windows Store 1.8.49.0)
File Edit Sketch Tools Help
Open
PTAR_ZAIGEN §
#include <MKRGSM.h>
GSM gsmAccess;
GSM_SMS sms;

int a=1;
int b=0;
int c=0;
int d=0;
char incoming_char = 0;
String mensaje = "";
String encendido = "Prender Planta";
String apagado = "Apagar Planta";
String mensaje_apagado = "Planta Apagada";
String mensaje_encendido = "Planta Encendida";
String mensaje_alarma1 = "Mantenimiento Requerido";
String mensaje_alarma2 = "Mensaje para la alarma 2";
String mensaje_alarma3 = "Mensaje para la alarma 3";
char phone[20]="0998739013";
char phone1[20]="0997982948";
int motor_encendido=0;

void setup()
{
  pinMode(2,INPUT_PULLUP);//aviso encendido
  pinMode(3,INPUT_PULLUP);//alarma 1
  pinMode(4,INPUT_PULLUP);//alarma 2
  pinMode(5,INPUT_PULLUP);//alarma 3
  pinMode(7,OUTPUT);//motor
  pinMode(13,OUTPUT);
  Serial.begin(9600); //Configura velocidad del puerto serie del Arduino

  bool connected = false;
}

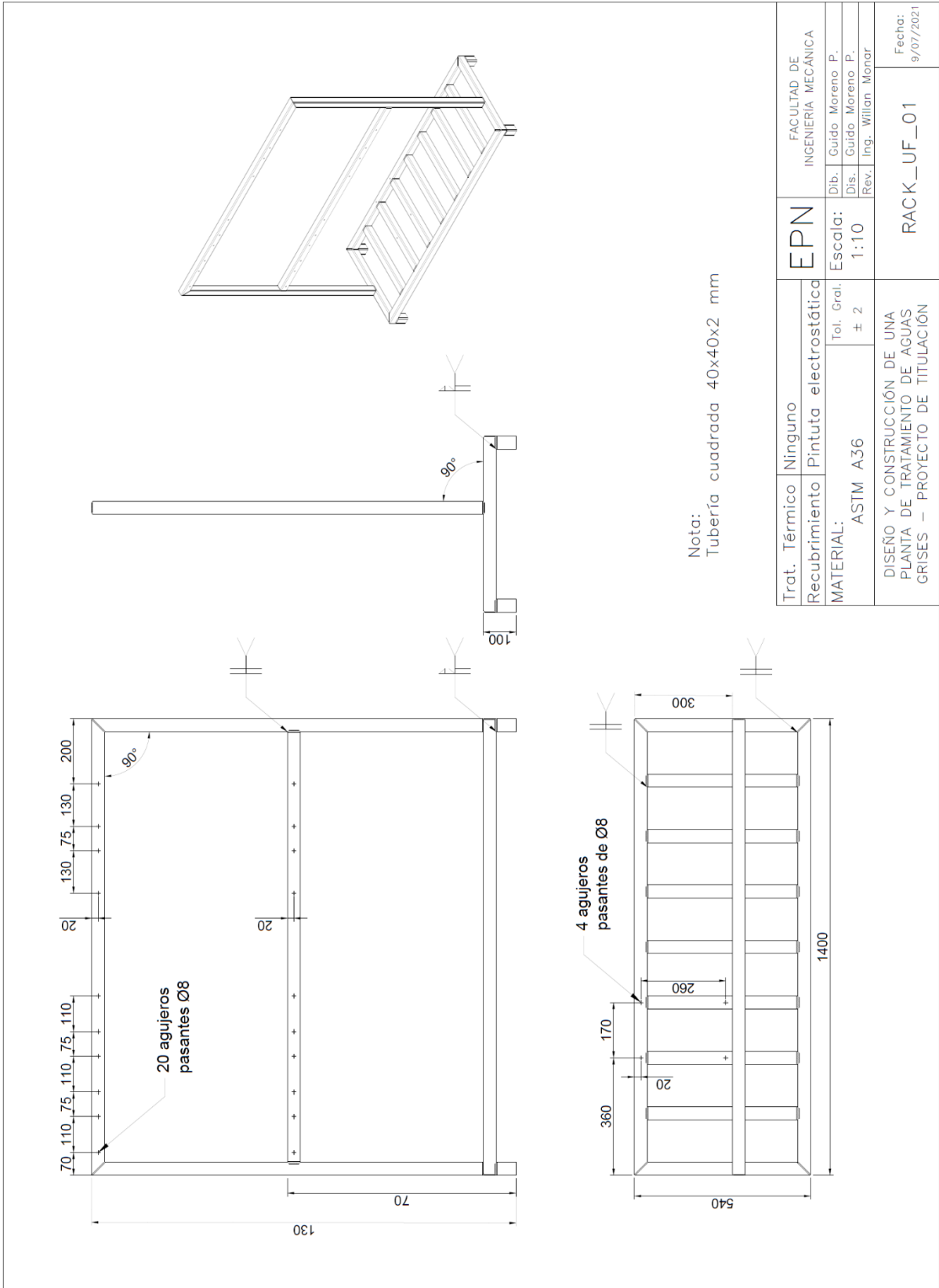
Error downloading https://downloads.arduino.cc/packages/package_index.json
132 Arduino Uno
```

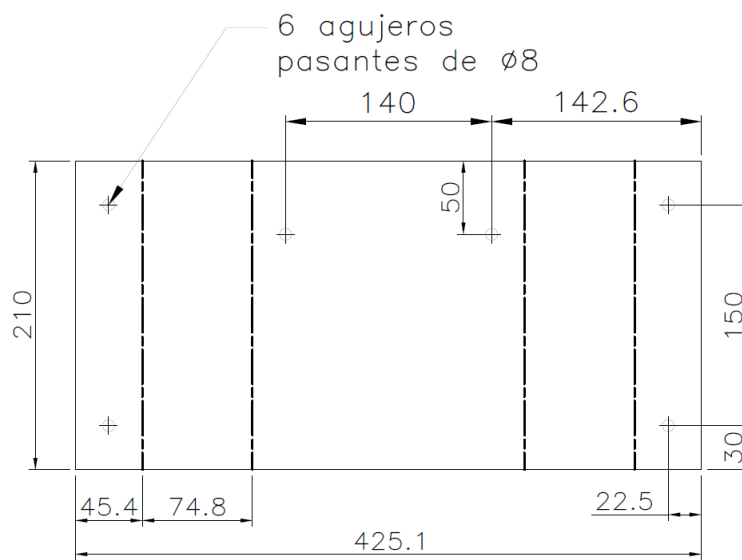
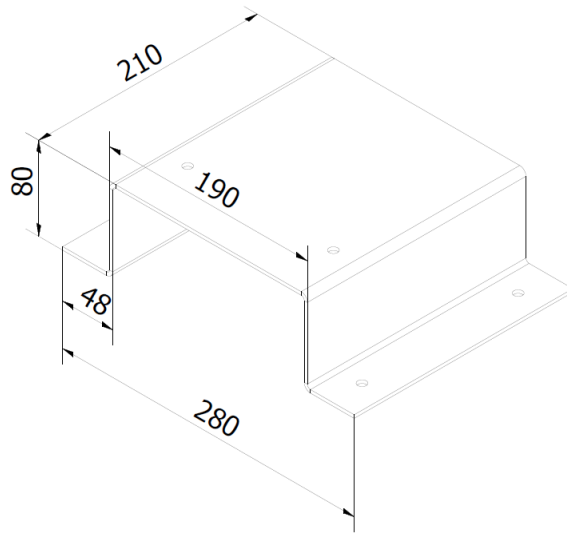
```
PTAR_ZAIGEN | Arduino 1.8.15 (Windows Store 1.8.49.0)
File Edit Sketch Tools Help
PTAR_ZAIGEN §
if (alarma_bajo==0 and c==0){
  sms.beginSMS(phone);
  sms.print(mensaje_alarma1);
  sms.endSMS();
  delay(3000);
  c=1;
}
if (alarma_bajo==1 ) {c=0;}

if (alarma_3==0 and d==0){
  sms.beginSMS(phone);
  sms.print(mensaje_alarma3);
  sms.endSMS();
  delay(3000);
  d=1;
}
if (alarma_3==1 ) {d=0;}
int m;
if (sms.available() ) {
  if (sms.peek() == '#' ) {
    Serial.println("Discarded SMS");
    sms.flush();
  }
}
// Leer bytes de mensajes e imprimirlos
while ( (m = sms.read()) != -1 ) {
  incoming_char = (char)m;
}

Error downloading https://downloads.arduino.cc/packages/package_index.json
132 Arduino Uno
```

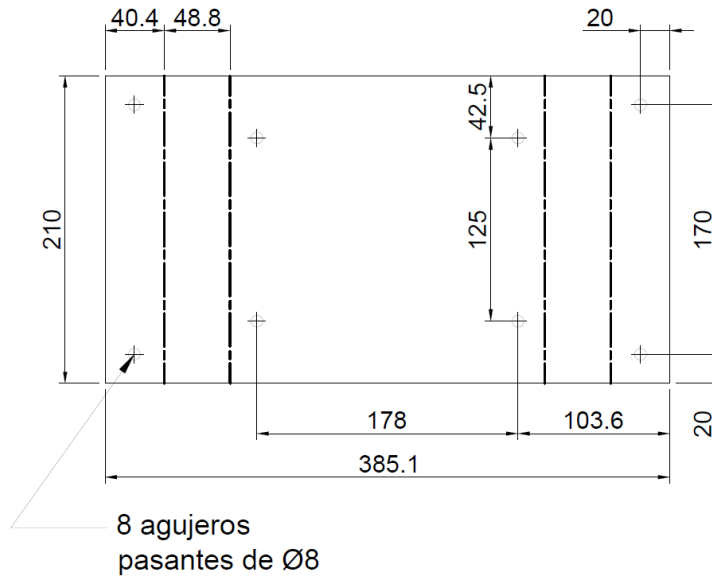
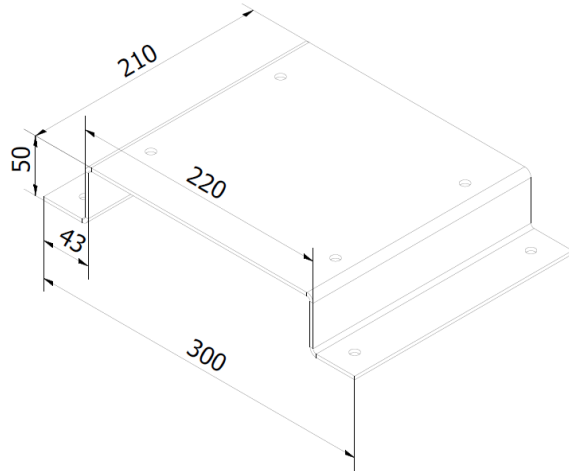
ANEXO XXV. Planos de taller.





Nota:  
Espesor de chapa 3 mm

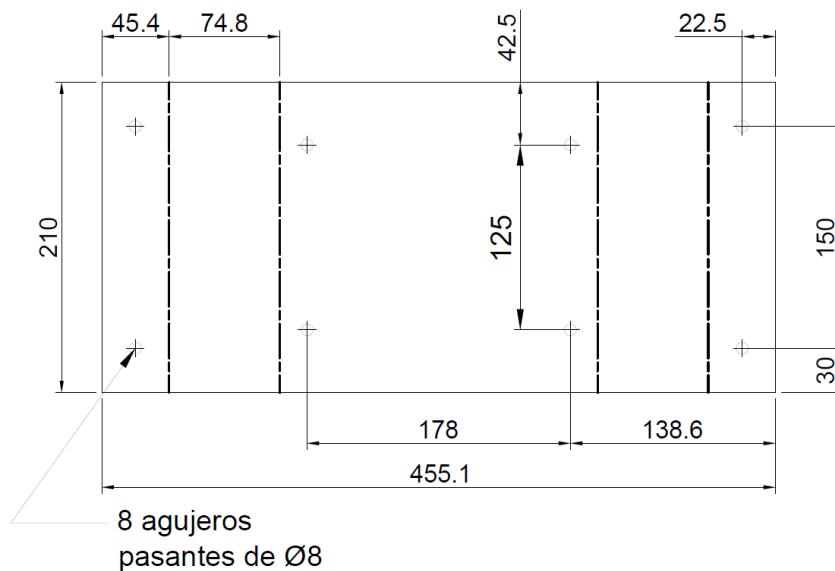
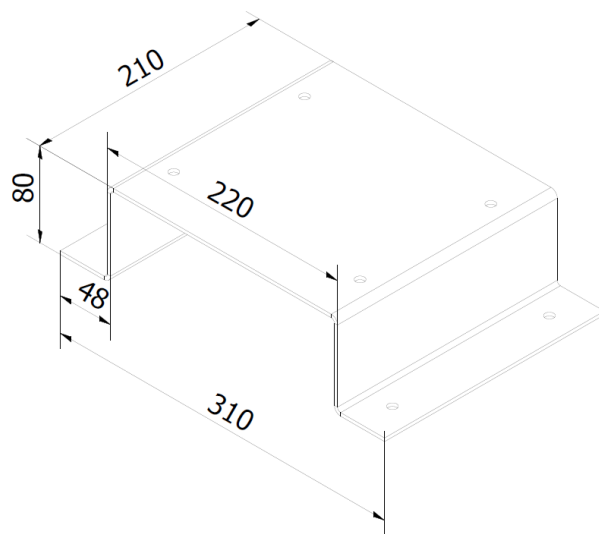
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Guido Moreno P.
MATERIAL: AISI 304-2B		Tol. Gral. ± 1	Escala: 1:4	Dis. Guido Moreno P.
			Rev.	Ing. Willan Monar
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES – PROYECTO DE TITULACIÓN			SOPORTE_BB/BR_01	
			Fecha: 9/07/2021	



Nota:  
Espesor de chapa 3 mm

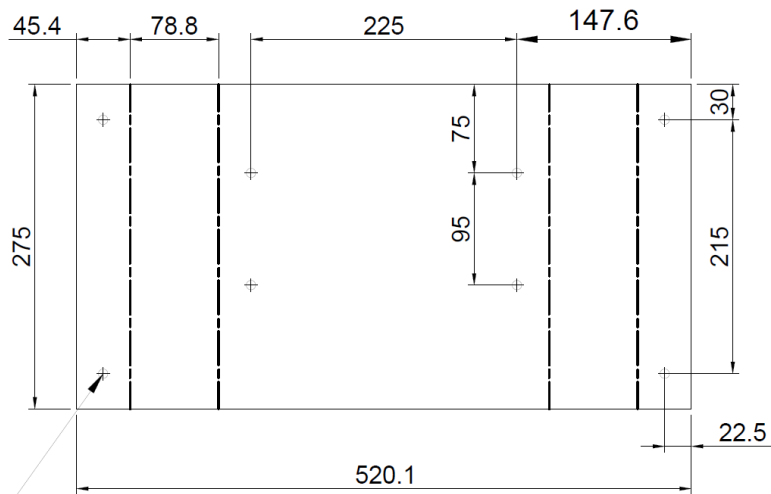
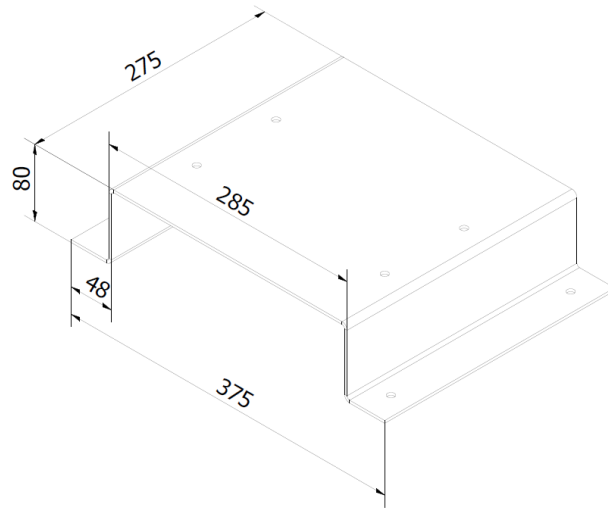
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Guido Moreno P.
MATERIAL: AISI 304-2B		Tol. Gral. ± 1	Escala: 1:4	Dis. Guido Moreno P.
			Rev.	Ing. Willan Monar
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES – PROYECTO DE TITULACIÓN			SOPORTE_BF_01	
			Fecha: 9/07/2021	





Nota:  
Espesor de chapa 3 mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Guido Moreno P.
MATERIAL: AISI 304-2B		Tol. Gral. ± 1	Escala: 1:4	Dis. Guido Moreno P.
			Rev.	Ing. Willan Monar
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES – PROYECTO DE TITULACIÓN			SOPORTE_BS_01	Fecha: 9/07/2021

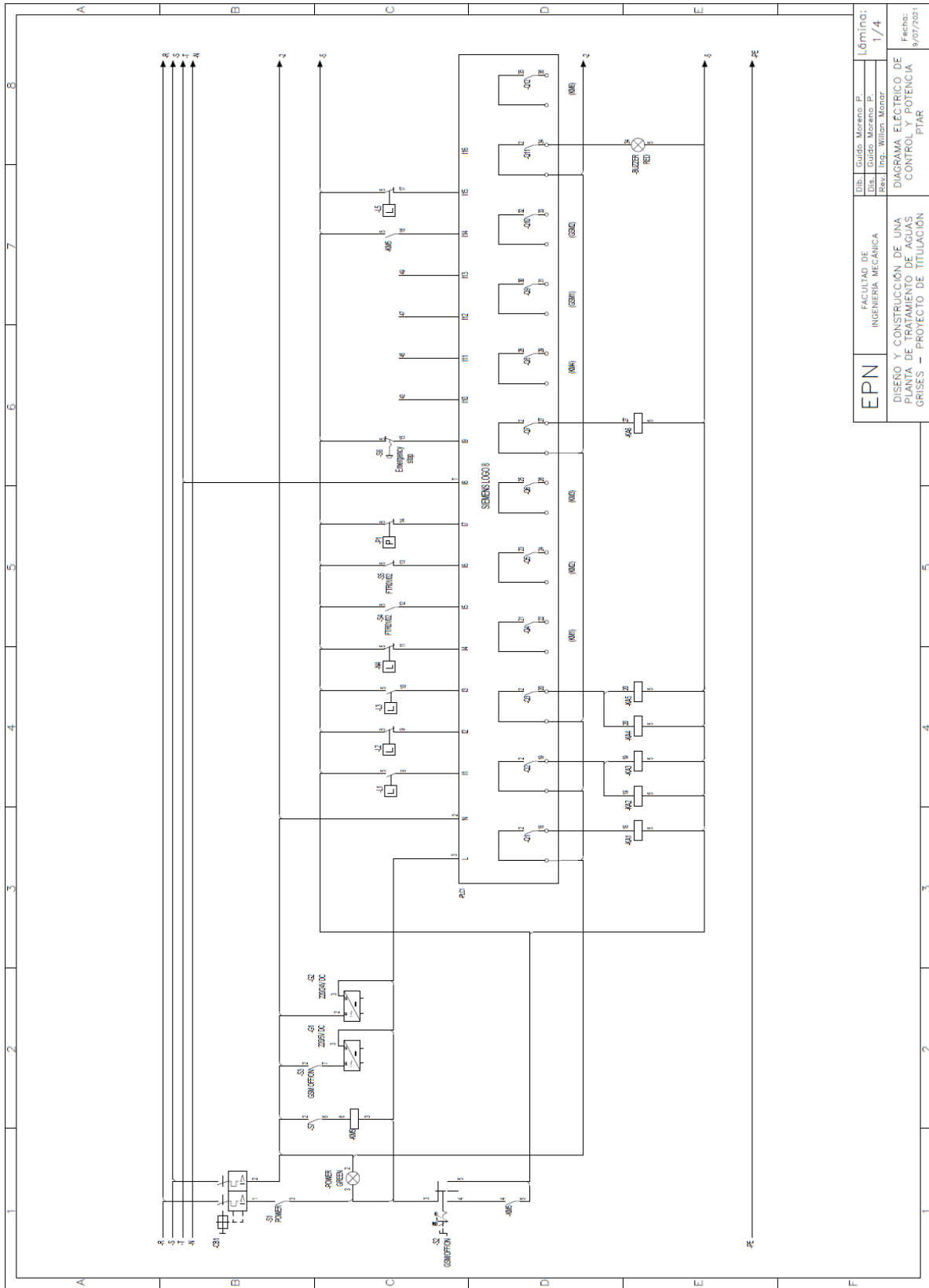


8 agujeros pasantes de Ø8

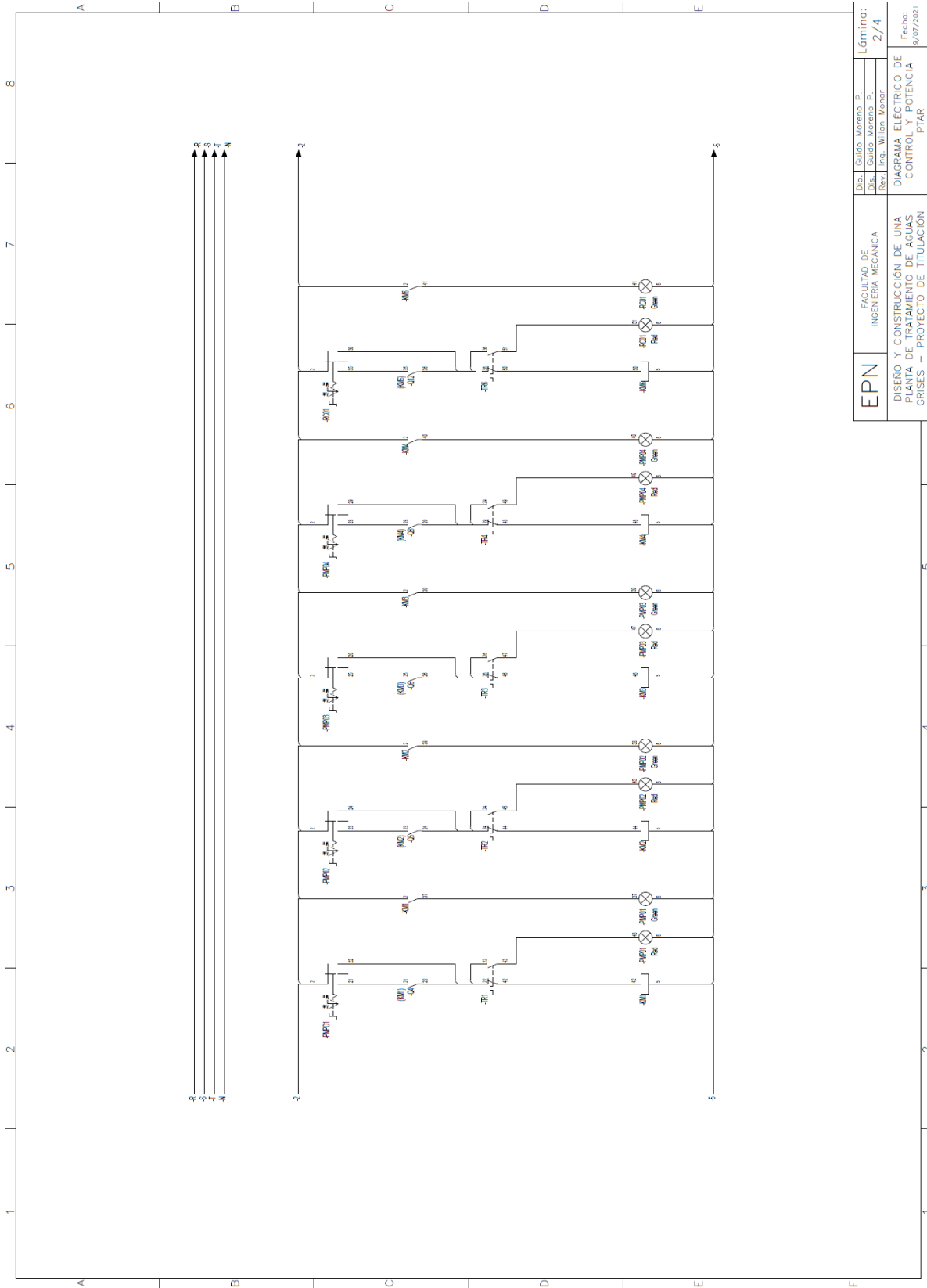
Nota:  
Espesor de chapa 3 mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Guido Moreno P.
MATERIAL: AISI 304-2B		Tol. Gral. ± 1	Escala: 1:5	Dis. Guido Moreno P.
			Rev.	Ing. Willan Monar
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES – PROYECTO DE TITULACIÓN			SOPORTE_BW_01	
			Fecha: 9/07/2021	

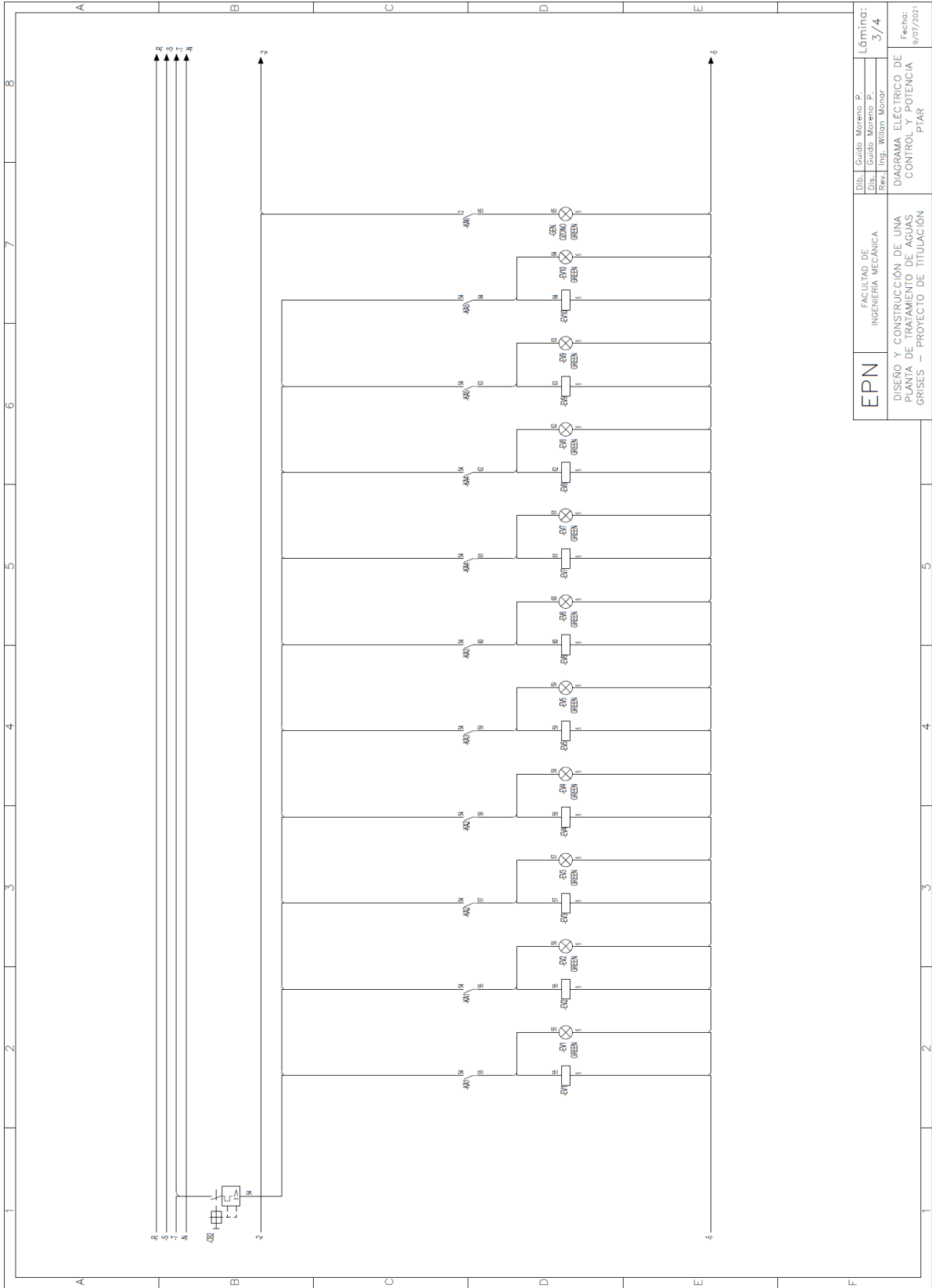
ANEXO XXVI. Plano del sistema eléctrico.



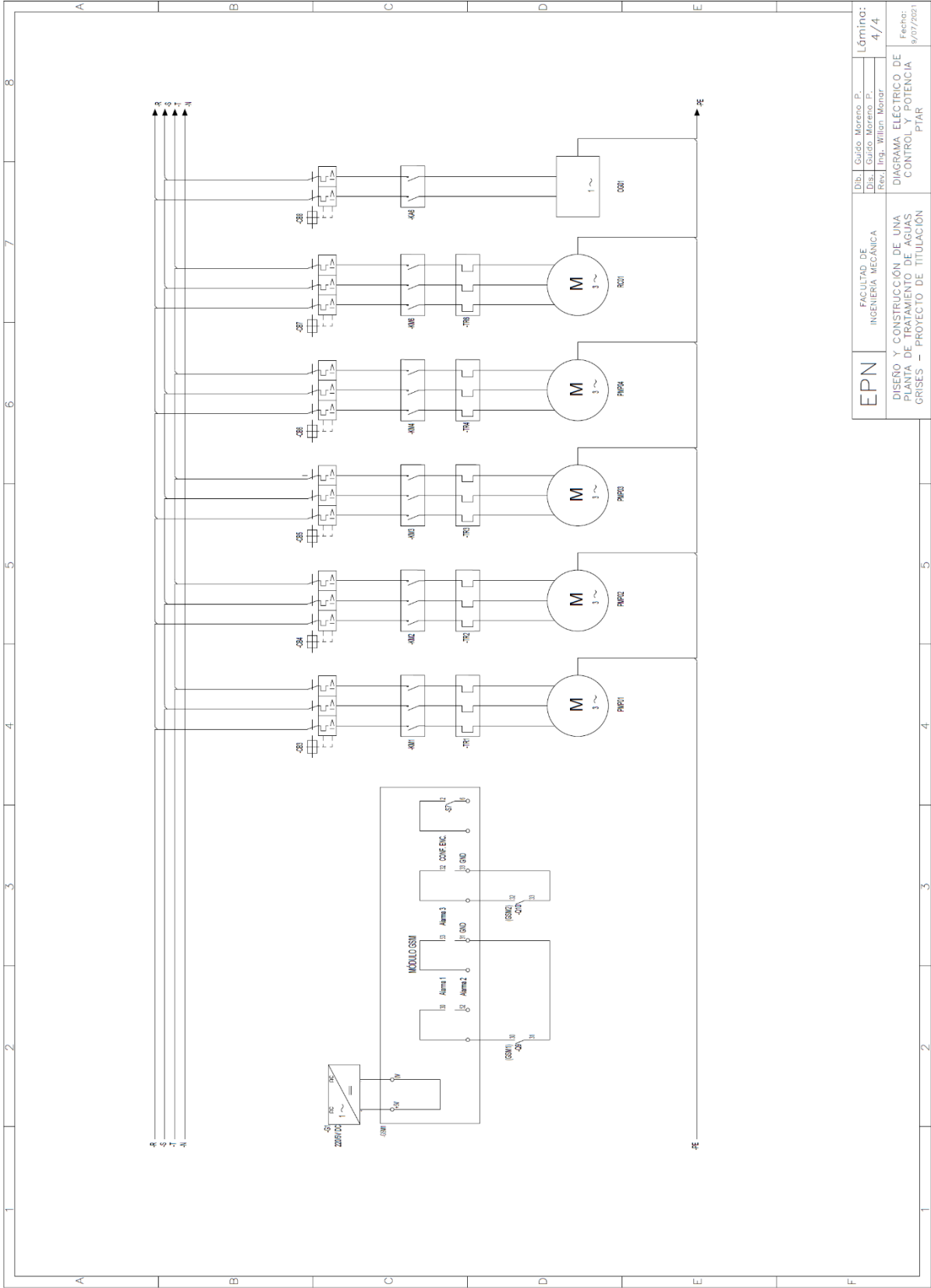
EPN	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	Dir. Guido Moreno P.	LÓMINO:
		Rep. Ing. Wilton Monar	1/4
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES - PROYECTO DE TITULACIÓN		DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONTROL Y POTENCIA PTAR	
		Fecha: 9/07/2021	



EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	Dib. Guido Moreno P.	Lámina: 2/4
		Rev. Ing. Wilton Monar.	Fecha: 9/07/2021
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES - PROYECTO DE TITULACIÓN		DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONTROL Y POTENCIA PTAR	



EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	Dib. Guido Moreno P.	Lamina:
		Rev. Ing. Wilian Morar	3/4
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRSES - PROYECTO DE TITULACIÓN		Fecha: 9/07/2021	



EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	Dib.   Guido Moreno P.	Lámina:
		Rev.   Ing. Wilian Monar	4/4
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES - PROYECTO DE TITULACIÓN		Fecha: 19/07/2021	

ANEXO XXVII. Registro fotográfico de la PTAR.







ANEXO XXVIII. Resultados del protocolo de pruebas.

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LA PTAR						
EQUIPO:	Planta de tratamiento automática de aguas grises 0.25 l/s					
LUGAR DE PRUEBA:	Edificio Zaigen, Quito					
FECHA DE PRUEBA:	28/12/2020					
REALIZADOR:	Guido Moreno					
VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES DEL RACK UF						
DIMENSIONES	RESULTADO [mm]	APROBACIÓN				
		SI	NO			
Ancho	1400	x				
Altura	1302					
Profundidad	540					
PRUEBA HIDROSTÁTICA EN TUBERÍAS Y COMPONENTES						
COMPONENTE/TRAMO	PÉRDIDA DE PRESIÓN ACEPTABLE [< 0.5 bar]		APROBACIÓN			
	CUMPLE	NO CUMPLE	SI	NO		
Filtro malla	x		x			
Filtro de zeolita	x		x			
Filtro de carbón activado	x		x			
Membranas de UF	x		x			
Membranas de UF fina	x		x			
Tubería de salida de agua	x		x			
PRUEBAS DE SISTEMAS DE CONTROL, SEGURIDAD Y ALERTAS						
COMPONENTE/SISTEMA	FUNCIONAMIENTO		APROBACIÓN			
	CUMPLE	NO CUMPLE	SI	NO		
Control manual y automático de unidades de potencia	x		x			
HMI	x		x			
Electroválvulas	x		x			
Sensores de nivel	x		x			
Manómetros	x		x			
Presostato	x		x			
Rotámetro	x		x			
Módulo GSM	x		x			
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO MANUAL/AUTOMÁTICO						
COMPONENTE/SISTEMA	SERVICIO		RETROLAVADO		APROBACIÓN	
	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	SI	NO
Filtro malla	x		x		x	
Filtro de zeolita	x		x		x	
Filtro de carbón activado	x		x		x	

Membranas UF-90	x		x		x	
Membranas UF-4040	x		x		x	
Blower regenerativo/aireación	x		N/A		x	
Generador de ozono	x		N/A		x	
Sistema de recirculación de ozono	x		N/A		x	
Sistema de recolección y salida de agua tratada	x		N/A		x	

ANEXO XXIX. Resultados del análisis fisicoquímico del agua tratada.



**INFORME DE RESULTADOS**

SUPLEMENTO AL INFORME INF.LASA-23-03-21-0979

ORDEN DE TRABAJO No. 21-1198

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
<b>SOLICITADO POR:</b> TRATAMIENTO DE AGUA ECUADOR EWT S.A.		<b>DIRECCIÓN:</b> KM 11.5 VIA A LA COSTA Y URB. BELO HORIZONTE
<b>TELÉFONO/FAX:</b> 0983349599/ 0999739013	<b>TIPO DE MUESTRA:</b> AGUA	<b>PROCEDECENCIA:</b> PTAR – EDIFICIO ZAIGEN QUITO
<b>IDENTIFICACIÓN:</b> AGUA TRATADA	<b>CODIGO INICIAL:</b> M1 - <b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b> 17-03-2021 - <b>HORA TOMA DE MUESTRA:</b> 9:00	

Información suministrada por el cliente

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
<b>MUESTREO POR:</b> SOLICITANTE	<b>FECHA DE MUESTREO:</b> -	<b>INGRESO AL LABORATORIO:</b> 18/03/2021
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 18-23/03/2021	<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 23/03/2021	<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b> Una (1)
<b>CÓDIGO DE MUESTRA:</b> 21-3039	<b>REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b> LABORATORIO	

**ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	CALCIO	mg/l	12,01	± 11,75%	<sup>a</sup> PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125 *
2	COLOR REAL	Unidades de color	11,2	± 7,91%	<sup>a</sup> PEE.LASA.FQ.14 APHA 2120 C
3	DUREZA	mg/l	48,9	± 8,8%	<sup>a</sup> PEE.LASA.FQ.01c APHA 2340 C
4	HIERRO	mg/l	0,135	± 11,12%	<sup>a</sup> PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125 *
5	MAGNESIO	mg/l	7,65	± 7,79%	<sup>a</sup> PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125 *
6	MANGANESO	mg/l	<0,002	± 7,91%	<sup>a</sup> PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125 *
7	pH	Unidades de pH	7,45	± 0,17 Unidades de pH	<sup>a</sup> PEE.LASA.FQ.03 APHA 4500 H+ B
8	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	18,18	± 6,8%	<sup>a</sup> PEE.LASA.FQ.02 APHA 2540 A y B
9	SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/L	3	± 28%	<sup>a</sup> PEE.LASA.FQ.05 APHA 2540-D
10	TURBIDEZ	NTU	5,6	± 10%	<sup>a</sup> PEE.LASA.FQ.08 APHA 2130 B

Los ensayos marcados con \* NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE  
 Los ensayos marcados con (a) ESTÁN incluidos en el alcance de acreditación de A2LA.  
 Se modifica (24/03/2021) " Se agrega el resultado de color real, pH y Turbidez "

ING. LUIS GRANDA  
JEFE DE DEPARTAMENTO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.  
 LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio  
 Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito.  
 El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

ANEXO XXX. Costos generados por la adquisición de equipos y materiales.

DESCRIPCIÓN	CANT.	C. UNIT.	C. TOTAL
Tubo estructural acero A36 40x40x2 mm	3	12.50	37.50
Plancha acero inoxidable A304 46x25x3 mm	4	28.25	113.00
Plancha acero inoxidable A304 44x20x3 mm	1	23.00	23.00
Tubo eléctrico EMT 1"	13	5.34	69.42
Riel galvanizado de sujeción 'Chanel'	2	7.48	14.96
Tubo pegable PVC SCH40 3/4"	12	5.15	61.80
Tubo pegable PVC SCH40 1 1/4"	3	10.86	32.58
Tubo pegable PVC SCH40 2"	1	16.50	16.50
Tubo pegable PVC SCH40 1/2"	1	3.99	3.99
Tubo pegable PVC SCH40 1 1/2"	2	15.32	30.64
Tubo roscable PVC SCH40 1 1/4"	0.17	40.06	6.81
Tubo roscable PVC SCH40 3/4"	0.34	12.21	4.15
Tubo PVC desague 110	4	6.80	27.20
Tubo HG 1 1/2"	1	36.00	36.00
Manguera electrica BX con PVC 1"	6	2.43	14.58
Manguera flexible 1/2" 8 bar	6	0.75	4.50
Cable flexible AWG 12	100	0.45	45.00
Cable flexible AWG 14	400	0.27	107.60
Cable flexible AWG 18	800	0.13	104.00
Cable concéntrico 2x18 metro	60	0.32	19.14
Cable concéntrico 4x14 metro	20	1.12	22.40
Alambre galvanizado # 12 libra	2	1.85	3.70
Tanque PVC tipo botella 5000 litros	1	860.00	860.00
Tanque PVC tipo botella 500 litros	2	88.00	176.00
Adaptador de tanque PP 2"	1	10.68	10.68
Adaptador de tanque PP 3/4"	3	2.95	8.85
Adaptador de tanque PP 1 1/4"	4	5.95	23.80
Bomba Pedrollo multietapas horizontal 1 HP	1	229.11	229.11
Bomba Foras multietapas vertical 1 HP	1	503.89	503.89
Bomba Foras multietapas inox horizontal 1.8 HP	1	315.25	315.25
Bomba Foras multietapas vertical 3 HP	1	613.86	613.86
Blower regenerativo Fuji Electric 1 HP	1	1241.86	1241.86
Filtro de aire 2.5"	1	15.00	15.00
Unión universal HG 1 1/2"	1	11.08	11.08
Neplo corrido HG 1 1/2"	2	0.95	1.90
Te HG 1 1/2"	1	8.02	8.02
Codo HG 1 1/2"	1	6.15	6.15
reductor bushing HG 1/2 x 1/4	1	0.92	0.92
Reductor bushing HG 1 1/2 x 1/2	1	2.98	2.98
Reductor bushing HG 2 1/2 x 1 1/4	1	5.57	5.57

Reductor bushing HG 1 1/2 x 3/4	1	2.89	2.89
Tapón macho HG 1/2"	1	0.56	0.56
Tapón hembra HG 3/8"	2	0.28	0.56
Conector de manguera	1	3.50	3.50
Difusor de aire disco 9"	5	39.20	196.00
Codo PVC pegable SCH40 1 1/2" x 90	6	0.58	3.48
Codo PVC pegable SCH40 1 1/2" x 45	2	0.67	1.34
Codo PVC desagüe 110 x 90	3	3.15	9.45
Te PVC desagüe 110	1	4.12	4.12
Unión PVC pegable 3/4"	8	0.25	2.00
Unión PVC pegable 1/2"	4	0.18	0.72
Unión PVC pegable 1 1/4"	2	0.50	1.00
Unión PVC pegable 1 1/2"	4	0.65	2.60
Te PVC pegable SCH40 1 1/2"	3	1.31	3.93
Collarin plástico 50 x 3/4"	5	1.40	7.00
Perno acero inoxidable 2 1/2 x 5/16"	10	0.75	7.50
Tuerca acero inoxidable 5/16"	10	0.20	2.00
Codo PVC pegable SCH40 2" x 90	2	1.61	3.22
Valvula c/universal PVC pegable 2"	1	19.21	19.21
Reductor bushing PP 1 1/4 x 3/4	1	1.29	1.29
Reductor bushing PP 1 x 3/4	7	1.30	9.10
Válvula retención resorte PVC 3/4"	8	2.22	17.76
Válvula retención resorte PVC 1 1/4"	1	4.67	4.67
Valvula c/universal PVC pegable 3/4"	12	4.40	52.80
Unión universal PVC pegable 3/4"	27	1.20	32.40
Unión universal PVC pegable 110	1	35.85	35.85
Válvula solenoide NO 3/4" 220V	5	55.00	275.00
Válvula solenoide NC 3/4" 220V	5	55.00	275.00
Te PVC pegable SCH40 3/4"	31	0.34	10.54
Codo PVC pegable SCH40 3/4" x 90	52	0.29	15.08
Codo PVC pegable SCH40 3/4" x 45	16	0.67	10.72
Manómetro c/glicerina 2.5" 0-150 PSI	3	22.00	66.00
Filtro malla acero inoxidable 2.5"x20"	1	120.00	120.00
Carcasa filtro acero inoxidable 2.5"x20"x1"	1	180.00	180.00
Valvula grifo bronce 1/2"	2	8.22	16.44
Adaptador hembra PVC 1/2"	7	0.29	2.03
Adaptador hembra PVC 1 1/2"	1	0.72	0.72
Adaptador hembra PVC 1"	4	0.45	1.80
Reductor bushing inoxidable 1/2 x 1/4	1	2.10	2.10
Te acero inoxidable 1/2"	1	3.90	3.90
Reductor buje PVC 1 x 3/4"	6	0.51	3.06
Válvula de retención aleta bronce 3/4"	2	9.25	18.50
Switch de presión 0-145 PSI	1	40.00	40.00

Tanque filtro FRP 1865 x 4"	2	620.00	1240.00
Reductor de boca de filtro 4 x 2.5"	2	25.00	50.00
Válvula automática de filtro 5000 litros/hora	2	280.00	560.00
Canastilla superior 3/4 5000 litros/hora	2	12.00	24.00
Canastilla inferior 3/4 5000 litros/hora	2	12.00	24.00
Bajante para filtro 1865 3/4	2	10.00	20.00
Grava seleccionada y lavada por kg	100	1.25	125.00
Zeolita Turbidex saco 25 kg	5	60.00	300.00
Carbón activado 1150 saco 20 kg	6	68.00	408.00
Reductor buje PVC 3/4 x 1/2"	9	0.29	2.61
Unión universal PVC pegable 1/2"	6	0.70	4.20
Codo PVC pegable SCH40 1/2 x 45	8	0.50	4.00
Adaptador macho PVC 1/2"	4	0.24	0.96
Válvula de compuerta bronce 3/4"	3	14.24	42.72
Adaptador macho PVC 3/4"	44	0.26	11.44
Adaptador hembra PVC 25 mm	9	0.50	4.50
Membrana UF 4040 Pentair	2	1300.29	2600.58
Portamembrana 4040 FRP 400 PSI	2	320.00	640.00
Membrana UF-4040	3	205.00	615.00
Reductor bushing PP 3/4 x 1/2"	2	0.25	0.50
Neplo corrido PP 1/2"	2	0.38	0.76
Rotámetro 1/2" 5 GPM	1	75.00	75.00
Generador de ozono acero inoxidable 5 g/hora 220V	1	1100.00	1100.00
Inyector venturi 3/4"	1	38.00	38.00
Unión universal PVC pegable 1 1/4"	4	4.50	18.00
Adaptador hembra PVC 3/4"	2	0.39	0.78
Válvula c/universal PVC pegable 1 1/4"	2	9.00	18.00
Codo PVC pegable SCH40 1 1/4" x 90	5	0.98	4.90
Codo PVC pegable SCH40 1 1/4" x 45	3	0.94	2.82
Válvula retención resorte bronce 1 1/4"	1	35.62	35.62
Sensor magnetico de nivel 90° inoxidable	3	45.00	135.00
Flotador control de nivel	1	19.82	19.82
Teflón marillo grande 3/4	12	0.63	7.56
Silicón transparente 3 oz	1	2.80	2.80
Collarin plástico 110 x 3/4"	1	4.35	4.35
Permatex 1.5 oz	4	1.55	6.20
Pega Weldon 705 125 ml	5	3.62	18.10
Pega Weldon 705 250 ml	2	5.25	10.50
Diluyente 'thinner' galón	1	5.75	5.75
Guaípe por libra	2	4.50	9.00
Tornillo autoperforante 6 x 1/2	50	0.03	1.40
Tornillo colepato 6 x 1	48	0.04	1.82

Tornillo colepato 10 x 1 1/2	60	0.05	3.00
Taco fisher # 8	96	0.03	2.69
Perno expansión inoxidable 2 1/2 x 5/16	16	1.12	17.92
Disco de corte 4 1/2 x 1/16 x 5/8	2	2.15	4.30
Arandela plana galvanizada 3/16	48	0.05	2.40
Arandela plana inoxidable 5/16	16	0.12	1.92
Arandela plana galvanizada ala ancha 3/16	36	0.25	9.00
Arandela de presion inoxidable 5/16	16	0.22	3.52
Abrazadera galvanizada p/chanel 3/4"	24	0.38	9.12
Abrazadera galvanizada p/chanel 1"	48	0.45	21.60
Abrazadera galvanizada p/chanel 4"	1	2.80	2.80
Abrazadera galvanizada p/chanel 1 1/4"	3	0.65	1.95
Abrazadera galvanizada p/chanel 3"	1	2.15	2.15
Abrazadera galvanizada de aleta 1"	10	0.14	1.40
Caja condulet LR 1"	3	4.10	12.30
Caja condulet T 1"	2	4.10	8.20
Terminal tubo EMT 1"	8	0.53	4.24
Terminal manguera BX 1"	12	1.70	20.40
Union EMT 1"	12	0.45	5.40
Union roscada 1"	4	0.60	2.40
Tomacorriente doble Cooper	2	0.67	1.34
Placa tomacorriente doble	2	0.16	0.32
Cajetin metálico superficial 3/4"	2	2.65	5.30
Gabinete eléctrico 1.2 x 1 x 0.4 dos puertas	1	323.40	323.40
Luz piloto verde 22 mm 220V	17	1.60	27.20
Luz piloto roja 22 mm 220V	5	1.60	8.00
Selector de 2 posiciones metálico	2	1.82	3.64
Selector de 3 posiciones metálico	6	2.32	13.92
Buzzer/luz alerta 22 mm 220 V	1	2.30	2.30
Pulsador emergencia tipo hongo NC	1	2.03	2.03
HMI color 4.3" Delta Ethernet	1	299.00	299.00
Repartidor de fases 4P 125 <sup>a</sup>	1	32.00	32.00
Canaleta ranurada 60 x 60	4	8.01	32.04
Canaleta ranurada 25 x 40	1	4.82	4.82
Breacker 3P 63 A Schnaider Electric	1	11.48	11.48
Breacker 3P 20 A Schnaider Electric	3	10.52	31.56
Breacker 2P 20 A Schnaider Electric	1	6.82	6.82
Breacker 2P 25 A Schnaider Electric	1	6.82	6.82
Breacker 2P 10 A Schnaider Electric	1	6.82	6.82
Contactador 12 A 220V Schnaider Electric	2	36.62	73.24
Contactador 18 A 220V Schnaider Electric	3	48.85	146.55
Contactador 9 A 220V Schnaider Electric	1	31.34	31.34
Relé térmico 6-9A Schnaider Electric	2	50.60	101.20

Relé térmico 4-6A Schnaider Electric	2	50.60	101.20
Relé térmico 8-12A Schnaider Electric	1	50.60	50.60
Relé 11 pines Schnaider Electric	6	15.82	94.92
Socket relé 11 pines Schnaider Electric	6	5.36	32.16
Fuente de poder 5V 5A 220V	1	25.00	25.00
Fuente de poder 24V 5A 220V	1	28.00	28.00
PLC Siemens LOGO8	1	223.00	223.00
Módulo de expansión Siemens 8 DI/DO	1	184.00	184.00
Bornera individual 25A	15	1.80	27.00
Bornera individual tierra 25A	6	2.30	13.80
Bornera individual 20A	40	1.13	45.28
Caja proyecto electrónico	1	6.00	6.00
Microcontrolador GSM ArduinoMKR 1400	1	170.00	170.00
Relé DC 5V NC/NO	1	5.00	5.00
Bornera doble PCB 10 A	5	0.40	2.00
PCB fibra de vidrio perforado	1	3.50	3.50
Antena GSM exterior	1	25.00	25.00
Riel DIN	4	1.96	7.84
Cinta plástica espiral 1/2	1	8.99	8.99
Cinta vinil blanca Brady 3/4	1	33.14	33.14
Amarracable 20 cm	100	0.03	3.07
Cinta doble faz 1/2	2	3.61	7.22
Terminal de cable tipo U 18-22	200	0.04	7.60
Terminal de cable tipo U 10-12	24	0.08	1.92
Terminal de cable tipo pin 18-22	100	0.05	4.80
Terminal de cable tipo pin 14-16	100	0.06	5.50
Terminal de cable tipo pin 10-12	12	0.11	1.32
Terminal de cable punta colapsable 14-16	100	0.03	3.30
Cable de red Ethernet	1	2.75	2.75
Cinta aislante negra 3M	3	0.81	2.43
		<b>TOTAL</b>	16927.11



# PLANOS