



**Escola de Camins**

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

## Tratamiento combinado de aguas con alta carga de nitrógeno y residuos orgánicos solubles en un reactor biológico de lecho móvil

Trabajo realizado por:

**Gabriel Alberto Calvo Cascante**

Dirigido por:

**Victor Lopez Grimau**

Màster en:

**Enginyeria Ambiental**

Barcelona, 07 de mayo de 2021

Departamento de Ingeniería de proyectos y de la construcción

**TREBALL FINAL DE MÀSTER**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quisiera agradecer a la Universidad Politécnica de Catalunya por darme la oportunidad de crecer como estudiante y profesional, por darme las herramientas necesarias para afrontar las problemáticas actuales en el área de especialización, por darme un profesorado de calidad y hacer en mí una mejor persona a través de estos dos años.

Quiero agradecer a Víctor López mi tutor de proyecto final por creer en mí, por depositar su confianza en un proyecto tan importante e interesante como lo es el desarrollado en este trabajo, por su cordial disposición durante todos estos meses a pesar que una pandemia ha limitado el mundo a videoconferencias y contacto virtual.

A mis dos pilares y motores de vida mi madre y mi padre quienes me dieron el impulso de tomar un avión a lo desconocido, al otro lado del planeta con la ilusión de verme crecer y cumplir mis sueños. A Alejandra mi hermana menor quien siempre ha estado ahí cuando él día se nubla.

A mis compañeros con quien viví increíbles experiencias, noches de estudios y grandes momentos. A mi hermosa ciudad Barcelona por abrirme sus brazos y dejarme llamarla hogar durante dos años.

Keep your dreams alive. Understand to achieve anything requires faith and belief in yourself, vision, hard work, determination, and dedication. Remember all things are possible for those who believe. Gail Devers.

## RESUMEN

La industria textil genera grandes cantidades de agua residual con un alto y variado contenido de contaminantes, lo anterior hace que el efluente generado sea difícil de tratar por medio de sistemas biológicos o tratamiento fisicoquímicos convencionales por lo que se hacen necesarios procesos novedosos y de menor impacto ambiental que generen efluentes que cumplan con las calidades de vertido en cuerpos receptores.

Para el presente trabajo se ha diseñado un tratamiento para las aguas generadas por una industria de estampación textil que se ubica en Argenton, Barcelona, España y produce un caudal promedio de 15 metros cúbicos diarios con un alto contenido en urea y bajo contenido en carbono lo que dificulta su tratamiento por vías convencionales.

El tratamiento propuesto consiste en una primera etapa de reactores de lecho móvil que tendrá cuatro diferentes etapas: desnitrificación pre-conectada, dos etapas de remoción de materia carbonosa y finalmente una etapa para el proceso de nitrificación. Los medios plásticos conocidos como carriers utilizados para el presente diseño pertenecen a la empresa bio-fill y el modelo utilizado es el C-2.

Para la etapa final del tratamiento el efluente tratado pasara por un módulo de membranas de microfiltración con el propósito de remover el color restante en el agua residual. Las membranas utilizadas son de la empresa MOTIMO siendo el modelo utilizado el BT-20.

Al influente se le agregara glucosa como residuo orgánico soluble para compensar el faltante de materia carbonosa en el proceso. Además, en el depósito de entrada a la EDARI se añadirá ácido acético concentrado (2 litros de ácido acético por metro cubico de influente a tratar) lo anterior para mantener el pH óptimo para los procesos de nitrificación y desnitrificación.

Los resultados de diseño en cuanto a calidad de vertido de los principales parámetros de interés son de: 70 mg/l de NO<sub>3</sub>-N, 50 mg/l de NH<sub>4</sub>-Ne, 91,0 mg/l DBO y color inapreciable en dilución 1/30 de acuerdo a pruebas piloto, todos los parámetros anteriores cumplen con el decreto 130/2003 referente al reglamento de servicios públicos de Cataluña.

Palabras clave: EDAR industrial, lecho móvil, nitrificación biológica, desnitrificación biológica, industria textil.

## ABSTRACT

The textile industry generates large amounts of wastewater with a high and varied content of pollutants, which makes the generated effluent difficult to treat through biological systems or conventional physicochemical treatment, which is why novel processes with less impact are necessary. that generate effluents that meet the discharge qualities in receiving bodies.

For the present work, a treatment has been designed for the water generated by a textile printing industry located in Argentona, Barcelona, Spain and produces an average flow of 15 cubic meters per day with a high content of urea and a low content of carbon. that makes it difficult to treat it by conventional means.

The proposed treatment consists of a first stage of moving bed reactors that will have four different stages: pre-connected denitrification, two carbonaceous matter removal stages and finally a stage for the nitrification process. The plastic media known as carriers used for this design belong to the bio-fill company and the model used is the C-2.

For the final stage of treatment, the treated effluent will pass through a microfiltration membrane module in order to remove the remaining color in the wastewater. The membranes used are from the company MOTIMO, the model used being the BT-20.

Glucose will be added to the influent as a soluble organic residue to compensate for the lack of carbonaceous matter in the process. In addition, concentrated acetic acid (2 liters of acetic acid per cubic meter of influent to be treated) will be added to the inlet tank to the WWTP to maintain the optimum pH for the nitrification and denitrification processes.

The design results in terms of discharge quality of the main parameters of interest are: 70 mg / l of NO<sub>3</sub>-N, 50 mg / l of NH<sub>4</sub>-Ne, 91.0 mg / l BOD and negligible color in dilution 1 / 30 According to pilot tests, all the above parameters comply with Decree 130/2003 regarding the public services regulation in Catalonia.

Keywords: industrial WWTP, moving bed, biological nitrification, biological denitrification, textile industry.

## ABREVIATURAS

DBO5	Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días
DQO	Demanda química de oxígeno
EBN	Eliminación biológica de nutrientes
EDAR	Estación depuradora de aguas residuales
F/M	Carga másica
MBR	Reactor biológico de membranas
MES	Materia en suspensión
MESV	Materia en suspensión volátil
N	Nitrógeno
N2	Nitrógeno gas
NKT	N-Kjeldahl
N-NH4+	Nitrógeno amoniacal
N-NO3-	Nitrógeno en forma de nitrato
NH4+	Amonio
NO2-	Nitrito
NO3-	Nitrato
OD	Oxígeno disuelto
RA	Reactor anóxico
RN,max	Tasa de nitrificación máxima
Rs	Tasa de respiración
Rs,max	Tasa de respiración máxima
RD	Real Decreto
TN	Tiempo de nitrificación
TRH	Tiempo de retención hidráulica
vDN	Velocidad de desnitrificación
vN	Velocidad de nitrificación
EDAR	Estación depuradora de aguas residuales.
EDARI	Estación depuradora de aguas residuales industriales.

## Índice general del proyecto.

### Documento 1

#### **Memoria**

#### **Anexos**

##### Anexo I

Base teórica relevante.

##### Anexo II

Cálculos de diseño justificados

##### Anexo III

Caracterización de equipos electromecánicos.

##### Anexo IV

Presupuesto de la obra.

##### Anexo V

Información técnica de equipamiento, medios móviles y membranas

##### Anexo VI

Bibliografía

### Documento 2

#### **Memoria**

#### **Anexos**

##### Anexo I

Planos constructivos.

**DOCUMENTO 1**

**MEMORIA**

## Tabla de Contenido

1. Introducción .....	11
2. Objetivos del proyecto .....	11
3. Antecedentes .....	12
4. Alcances del proyecto. ....	12
5. Bases del proyecto. ....	13
5.1. Caudal y Carga contaminante.....	13
5.2. Calidad a obtener del efluente .....	13
5.3 Normativa empleada .....	14
5.4 Alternativa de emplazamiento .....	14
5.4.1 Curvas de nivel en el emplazamiento. ....	15
6. Justificación de la tecnología adoptada .....	16
7. Ingeniería del proceso .....	16
7.1 Descripción general del sistema .....	16
7.1.1 Diagrama de flujo .....	18
7.2 Dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema. ....	18
7.3 Componentes electromecánicos .....	19
7.3.1 Equipos hidráulicos.....	19
7.3.2 Tubería utilizada y accesorios.....	21
7.4 Resumen del presupuesto .....	21
7.5 Planos EDARI .....	22

## Figuras y Tablas

Figura 1 Ubicación en sitio de la EDARI. Fuente: Google Earth. ....	15
Figura 2 Curvas de nivel emplazamiento. Fuente: <a href="https://contourmapcreator.urgr8.ch/">https://contourmapcreator.urgr8.ch/</a> .....	16
Figura 3 Diagrama de flujo EDARI. Fuente: propio. ....	18
Figura 4 Bomba sumergible marca HCP. Fuente HCP comapny.....	19
Figura 5 Mezclador reactor desnitrificación. Fuente:SCM technologie.....	20
Figura 6 Soplador EDARI. Fuente: PedroGil España. ....	20
Tabla 1 datos de entrada a la estación depuradora de aguas residuales industriales. Fuente: INTEXTER. ....	13
Tabla 2 Limites de vertido de acuerdo al real decreto 130/2003. Fuente: <a href="http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/legislacio/decrets/decret_130_2003.pdf">http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/legislacio/decrets/decret_130_2003.pdf</a> .....	14
Tabla 3 Resumen dimensiones EDARI textepint. Fuente: Anexo II.....	19
Tabla 4 equipos mecánicos EDARI. Fuente: Anexo II. ....	19
Tabla 5 tubería a utilizar EDARI. Fuente: Anexo II.....	21
Tabla 6 Resumen presupuesto. Fuente: Anexo IV.....	21

## **1. Introducción**

El presente proyecto consiste en una propuesta de diseño de una estación depuradora de aguas industriales EDARI de una industria textil dedicada a la estampación ubicada en Argentona, Barcelona, España, en donde los procesos de lavado de maquinaria generan aguas residuales con alta carga de nitrógeno debido al uso de urea presente en la pasta utilizada en los procesos de estampación, lo que además genera un efluente con una elevada coloración.

Se han definido el uso de dos tecnologías combinadas las cuales son: reactor de lecho móvil conocida en sus siglas en inglés como MBBR y reactor de membrana siendo sus siglas en inglés MBR, dichas tecnologías trabajaran en conjunto formando un sistema híbrido capaz de cumplir con los límites de vertido de aguas especiales.

Debido a la alta carga de urea en el efluente se incorporará al tratamiento un residuo orgánico con alto contenido en carbono para equilibrar los niveles de C/NTK en el sistema y poder llevar a cabo los diferentes procesos: desnitrificación pre-anóxica, remoción de carbono, nitrificación y como última etapa filtración por medio de membrana de microfiltración MBR-MF. Los medios plásticos conocidos como carriers que son utilizados en los reactores de lecho móvil son de la empresa bio-fill España y se utilizara el modelo C-2. En el caso de las membranas utilizadas son de la empresa MOTIMO y el modelo a utilizar es el BT-20.

## **2. Objetivos del proyecto**

El objeto de este proyecto es la definición y valoración de las obras necesarias para la construcción de la estación depuradora de aguas residuales de la empresa Textprint. El objetivo general se concreta con los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar un reactor de lecho móvil (MBBR) con etapas de: pre-desnitrificación, doble etapa de remoción de materia carbonosa y finalmente nitrificación.
- Diseñar un módulo de membranas de microfiltración para eliminar colorante de las aguas previo a su vertido.
- Diseñar un sistema híbrido utilizando tecnologías de lecho móvil MBBR y reactor de membrana MBR
- Mostar los cálculos del diseño y evaluar los resultados.
- Presupuestar el costo de implementación.

- Diseño general de planos: planta, perfil hidráulico, cortes y distribución de equipos.

### **3. Antecedentes**

La empresa Textprint tiene una trayectoria de más de 30 años en la industria textil, se ubica en Argentona, Barcelona, España y se dedica a la estampación industrial, especializados en tejidos elásticos para baños y corsetería además de otros tipos de estampado en algodón, poliéster y viscosa.

La empresa produce en promedio 15 metros cúbicos diarios de agua residual con alto contenido en urea que proviene de las pastas utilizadas en los procesos de estampado lo que genera un efluente con alto contenido en compuestos nitrogenados lo que hace difícil su tratamiento. Para garantizar con los parámetros de vertido y mejorar la calidad de los mismos la empresa requiere implementar una tecnología adecuada para las aguas residuales generadas.

### **4. Alcances del proyecto.**

El presente proyecto toma como datos de entrada lo entregados por el instituto de investigación textil y cooperación industrial INTEXTER, los cuales han sido obtenidos por medio de pruebas piloto realizadas en el laboratorio. A partir de lo anterior se diseñarán los diferentes módulos del proceso. Para el caso de la tecnología de lecho móvil MBBR tendrá 4 etapas las cuales son: reactor para el proceso de pre-desnitrificación anóxica, primer reactor para el proceso de remoción de DBO, un segundo reactor para remoción de DBO y finalmente un reactor para el proceso de nitrificación. Como complemento a la tecnología MBBR se diseñará un módulo de membranas de microfiltración MBR-MF con la finalidad de remover el colorante del efluente. Cada una de las etapas mencionadas anteriormente presentara su correspondiente memoria de cálculo para obtener el dimensionamiento y los requerimientos en cuanto a equipos.

Para el presente proyecto no se realizarán planos detallados debido a las modificaciones que puedan ocurrir al finalizar los ensayos piloto en el laboratorio por parte de INTEXTER o el proyecto en general, por lo que se opta por entregar láminas generales las cuales incluyen: planta, cortes, perfil hidráulico, distribución de equipos y caseta de control y operación.

Del mismo modo se considera fuera del alcance entrar en detalles del diseño eléctrico: acometida, paneles, controles, protectores entre otros ya que no se cuenta a detalle del suministro y distribución eléctrica actual, además es preferible subcontratar este tipo servicios a compañías al diseño y puesta en marcha de la parte eléctrica de la EDARI. Al no contar con estudios preliminares de sitio, visitas a la industria, análisis de suelo, estudio topográfico entre otros el presente proyecto

no contempla un diseño estructural detallado en cuanto a normativa general por lo que existe la posibilidad que deba modificarse en cuanto tipos de material, espesores y/o otros aspectos que una vez finalizados dichos estudios.

Finalmente se incluye un presupuesto general del sistema de tratamiento referente a los procesos principales como excavación, relleno, costos asociados a los reactores de lecho móvil MBBR, módulo de membranas, equipos mecánicos entre otros. No se considera dentro de los alcances del proyecto generar un presupuesto detallado en cuanto a la construcción y no se encuentra dentro del alcance el presupuesto de la post operación del sistema.

## 5. Bases del proyecto.

### 5.1. Caudal y Carga contaminante

Los datos de entrada han sido facilitados por INTEXTER, se adjuntan en la siguiente tabla.

<b>Datos entrada Generales</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>valor</b>	<b>unidades</b>
Caudal promedio entrada $Q_o$	15	m3/d
Caudal medio horario	0,625	m3/h
Concentración TKN inicial	270	mg/l
Concentración DQO inicial **	10800	mg/l
Temperatura máx.	35	°C
Temperatura min	10	°C
pH	9,3	-

**Tabla 1 datos de entrada a la estación depuradora de aguas residuales industriales. Fuente: INTEXTER.**

\*\*Para mantener la relación DQO/N 100/2,5 la DQO se aumenta añadiendo una fuente externa de carbono en este caso azúcar (glucosa) en una dosificación de 9,2 kg glucosa/m3 de agua a tratar lo que da como resultado 10800 mg/l de concentración inicial. Para el presente proyecto se toma que un kg de glucosa es igual a 1 kg de DQO.

### 5.2. Calidad a obtener del efluente

Las aguas después del tratamiento deben cumplir los límites indicados por el real decreto 130/2003. A continuación, se citan los parámetros de interés y en los que se basó el presente diseño

<b>Límites de vertido RD 130/2003</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>valor</b>	<b>unidades</b>
Temperatura	40	°C
Color	Inapreciable en dilución 1/30	-
pH	0,625	-
MES	270	mg/l
$DBO_5$	750	mg/l
DQO	1500	°C
$NO_3^-$	100	mg/l
$NO_4^+$	60	mg/l

Tabla 2 Límites de vertido de acuerdo al real decreto 130/2003. Fuente: [http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/legislacio/decrets/decret\\_130\\_2003.pdf](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/legislacio/decrets/decret_130_2003.pdf)

### 5.3 Normativa empleada

En cuanto a regulaciones de acuerdo al alcance del proyecto se diseñó un sistema capaz de cumplir con la normativa de vertido vigente:

- Decreto 130/2003, del 13 de mayo por el cual se aprueba el reglamento de los servicios públicos de saneamiento.

### 5.4 Alternativa de emplazamiento

Para la ubicación espacial de la EDARI se utilizó como referencia el GPS de google earth, el cual mediante medidas indica que el espacio señalado por un recuadro amarillo (figura 1) tiene el suficiente espacio tanto en perímetro como área para la construcción de la propuesta de diseño. No obstante, existe un margen de error por lo que mediciones en sitio previo a su implementación son de carácter obligatorio.



**Figura 1 Ubicación en sitio de la EDARI. Fuente: Google Earth.**

#### **5.4.1 Curvas de nivel en el emplazamiento.**

Debido a que no se cuenta con estudios topográficos se ha optado por utilizar herramientas web para la creación de un perfil de mapeo y obtener las curvas de nivel aproximadas de la zona de estudios lo cual arroja datos muy positivos en cuando a la toma de decisiones del diseño y presupuesto. Para el presente proyecto se utilizó la herramienta contour map creator. Como se puede observar en la figura 2, las curvas de nivel arrojadas evidencias un terreno llano con diferencias de 1 metros de altura en el área de la EDARI.

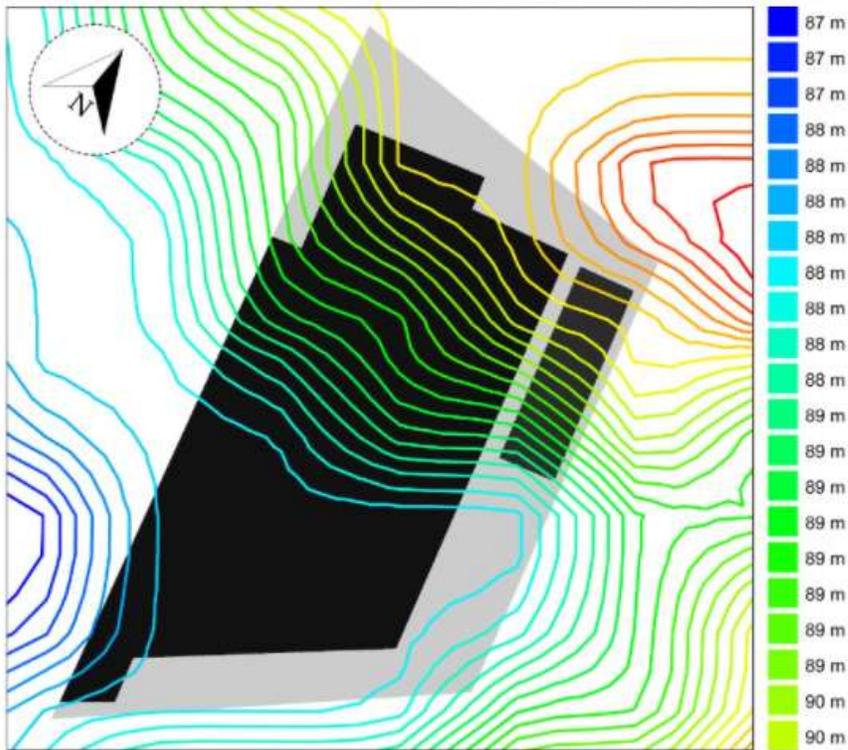


Figura 2 Curvas de nivel emplazamiento. Fuente: <https://contourmapcreator.ugr8.ch/>

## 6. Justificación de la tecnología adoptada

Para la elección de la tecnología propuesta se han realizado ensayos a escala piloto por parte del instituto de investigación textil y de cooperación industrial INTEXTER, el cual mediante muestreos del agua residual generada por la empresa texprint y el posterior análisis de las misma en tecnologías a escala laboratorio de lecho móvil y posterior utilización de membranas de microfiltración han concluido la efectividad del tratamiento en cuando a la calidad del vertidos, cumpliendo de esta manera las regulaciones estatales.

## 7. Ingeniería del proceso

### 7.1 Descripción general del sistema

El sistema está diseñado para que el influente generado por la industria de estampación llegue por gravedad al sistema de tratamiento ubicado en el área externa como se indica en apartados anteriores. El agua llegará a una primera cámara de remoción de partículas sólidas, para el presente diseño se utilizará un tamiz rotativo de la empresa remosa siendo el modelo utilizado el TR20 con capacidad hidráulica de 20 m<sup>3</sup>/h la cual suficiente para atender el caudal producido horario. Seguidamente las aguas pasaran por un reactor anóxico el cual cuenta con un agitador mecánico sumergible capaz de agitar la mezcla, dicho mezclador tiene

una capacidad de 0,75 Kw y es referente al modelo MX-gi 21.08.4 de la empresa SCM technologie.

Posteriormente el agua residual pasará por dos reactores de lecho móvil para la remoción de materia carbonosa, el primero reactor tiene una capacidad liquida de 74,4 m<sup>3</sup> y un TRH de 119 horas siendo el de mayor retención de todo el sistema, el segundo modulo tendrá una capacidad de volumen de 4 m<sup>3</sup> y un THR de 6,40 horas.

Se opto realizar dos reactores de remoción de materia carbonosa debido a la cantidad de compuesto soluble orgánico agregado al sistema para obtener ratio C/NTK apropiado para un proceso con MBBR con pre-desnitrificación. Además, es necesario regular la entrada de bacterias participantes del proceso de remoción de carbono al reactor de nitrificación ya que pueden afectar su rendimiento incluso inhibir el proceso total.

El agua residual pasara por un reactor de nitrificación el cual tendrá el objetivo de transformar el nitrógeno presente en el agua en nitrato, este reactor contara una recirculación de nitratos al reactor de desnitrificación en el inicio del proceso con el fin de aportarle la cantidad necesaria para oxidar los nitrados a nitrógeno gas.

Seguidamente el agua es bombeada a un modulo de membranas de microfiltración con el fin de remover el color restante del proceso, el permeado pasará a un tanque de retención de 5000 litros en el cual se ubicará una bomba para realizar el backwashing cuando se amerite, el agua de rechazo será conectada al reactor de remoción de materia carbonosa numero 1. Finalmente, el agua pasará por una arqueta de toma de muestras modelo AM 200 de la empresa remosa donde servirá como punto de muestreo y analíticas. El agua caerá por gravedad al colector sanitario de Argenton, Barcelona, España el cual dirige las aguas a una PTAR del municipio.

### 7.1.1 Diagrama de flujo

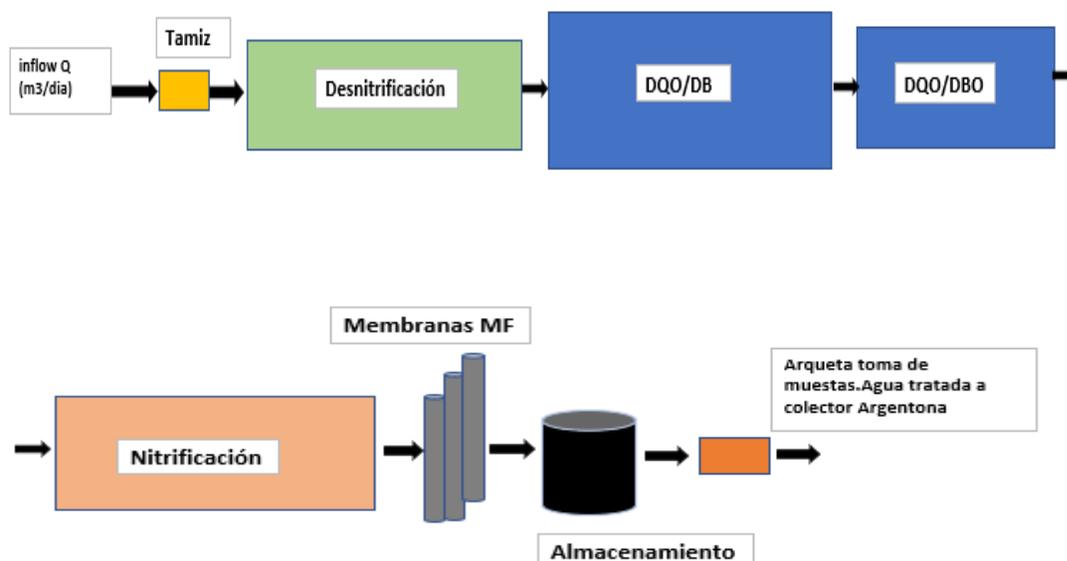


Figura 3 Diagrama de flujo EDARI. Fuente: propio.

### 7.2 Dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema.

El dimensionamiento del sistema se realizó en base a los datos de la tabla 1 dados por INTEXTER además el diseño se hizo bajo el cumplimiento del real decreto 130/2003 tomando en cuenta los parámetros de interés para este se presentan en la tabla 2.

Modulo	Volumen liquido (m3)	TRH (h)	Dimensiones internas (m)		
			Largo	Ancho	Altura liqui.
Reactor desnitrificación	8,69	13,90	2,62	1,75	2,00
Reactor remoción carbono #1	74,38	119,01	7,70	5,14	2,00
Reactor remoción carbono #2	3,99	6,39	1,40	1,50	2,00
Reactor nitrificación.	22,86	36,58	4,25	2,83	2,00
Tanque almacenamiento	5,00	8,00	2,30	1,50	1,50
Tamiz rotatorio	N/A	N/A	0,78	0,49	0,59
Arqueta de muestreo	0,10	N/A	0,58 m de diámetro con 0,55 m altura		
Módulo de membranas MF	1 módulo conformado por 3 membranas modelo BT 20 empresa MOTIMO. Ficha técnica anexos.				

Tabla 3 Resumen dimensiones EDARI texteprint. Fuente: Anexo II.

## 7.3 Componentes electromecánicos

### 7.3.1 Equipos hidráulicos

A manera de resumen se presentan los equipos necesarios para la EDARI, los cálculos pertinentes se encuentran en el Anexo II.

#### 7.3.1.1 Equipo de bombeo

Equipo requerido	Marca / modelo/ HP	Unidades
Bomba sumergible recirculación nitratos	HCP-SERIE F-FN / F-21U / 1	1
Bomba sumergible permeado de membrana MF	HCP-SERIE F-FN / F-21U / 1	1
Bombas sumergible tanque almacenamiento para autolavado membranas	HCP-SERIE F-FN / F-21U / 1	1

Tabla 4 equipos mecánicos EDARI. Fuente: Anexo II.



Figura 4 Bomba sumergible marca HCP. Fuente HCP comapny.

#### 7.3.1.2 Mezclador

Para la selección del mezclador en el reactor anoxico de pre-desnitrificación se ha tomado como base de selección lo indicado por el libro Water Eviromental Federation el cual indica que en medios sin aireación se requieren de 25 a 35 W/m<sup>3</sup> para movilizar los medios móviles de manera adecuada. Bajo la anterior recomendación se ha seleccionado el modelo MX-gi 21.08.4 con una capacidad de 1460 rpm, 0,75 Kw y un peso de 38 kg. Para más detalles consultar anexo IV.

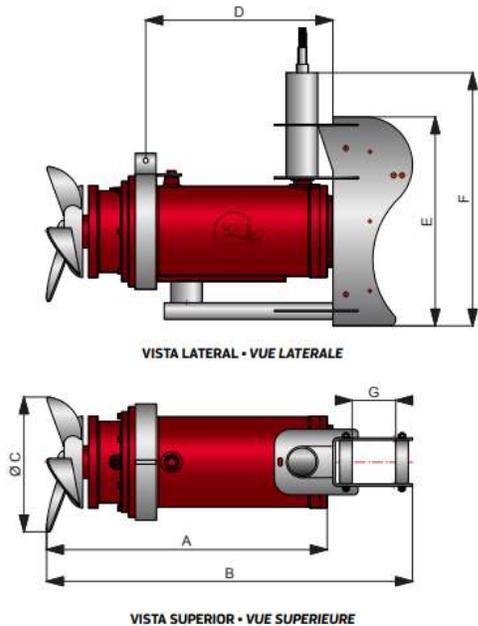


Figura 5 Mezclador reactor desnitrificación. Fuente:SCM technologie.

### 7.3.1.3 Equipo de aireación

El equipo de aireación se ha calculado en base a las necesidades de oxígeno del sistema, estos cálculos pueden consultarse en el anexo II. El soplador seleccionado alimentara los dos reactores de remoción de materia carbonosa y el reactor de nitrificación. El soplador es referente al modelo PG-30-F2 RNT-32.20 PRESION DN-100 de la empresa española Pedro Gil. Entre las principales características es que el sistema incluye su propio panel y control digital por lo que restaría llegar la acometida de sitio hasta el mismo lo cual disminuirá trabajos y agiliza los mismo. Las características técnicas del soplador se encuentran en el anexo IV.

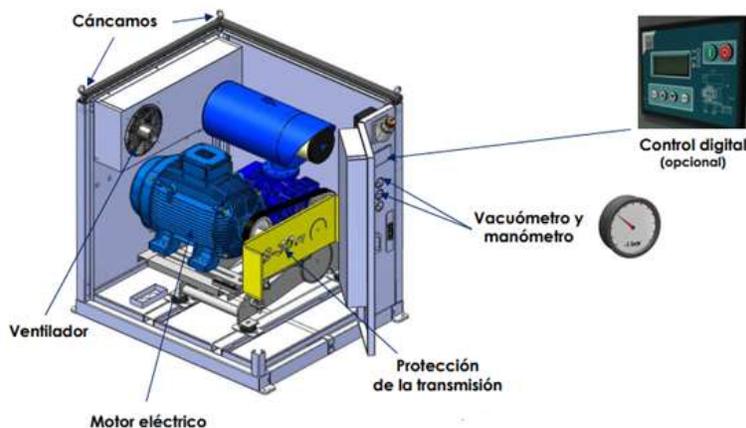


Figura 6 Soplador EDARI. Fuente: PedroGil España.

### 7.3.2 Tubería utilizada y accesorios

La tabla 5 muestra un resumen de la tubería a utilizar para la EDARI, dicha tubería se compone en su mayoría por polietileno de alta densidad PEAD y acero inoxidable para la tubería de aireación que quede expuesta antes de entrar al nivel líquido de cada reactor.

Tipo de tubería	Características	ML
Tubería de presión de aireación dentro de reactores	D 50mm, PEAD, 10 atm.	120
Tubería de presión externa para aireación.	D 100mm, Acero inoxidable, 10 atm.	20
Tubería de bombeo y recirculaciones.	D 50mm, PEAD, 10 atm.	45

Tabla 5 tubería a utilizar EDARI. Fuente: Anexo II.

### 7.4 Resumen del presupuesto

El presupuesto total de la estación depuradora de aguas industrial EDARI asciende a un monto total de 373 005,60 € (treientos setenta y tres mil con cinco euros y sesenta céntimos). El presupuesto detallado se encuentra en el anexo III.

El la tabla 6 se adjunta resumen de presupuesto total

Concepto	Costo total
Seguridad / Protección ind y colec./ Covid 19	5 876,15 €
Preliminar a construcción	11 657,09 €
Tratamiento primario	6 744, 85 €
Reactores MBBR y modulo MBR	56 253,55 €
Sistema electromecánico	23 437,74 €
Vertedero de salida	254,00 €
Caseta operación y paneles bombas, mixer	15 000,00 €
Mano de obra	118 080,00 €
Consultorías	1918,90 €
Utilidad, imprevistos	69 374,46
IVA 21%	64 805,32 €
<b>TOTAL FINAL</b>	<b>373 005,60 €</b>

Tabla 6 Resumen presupuesto. Fuente: Anexo IV.

## **7.5 Planos EDARI**

Los planos de la EDARI se basaron en el diseño del anexo II, en el documento 2 del presente proyecto se encuentran 8 láminas realizadas en Autocad con un formato de hoja A3.

**ANEXO I**  
**BASE TEÓRICA RELEVANTE**

## Contenido

1. Industrial textil .....	4
1.2. Fibras en la industria textil .....	4
1.3. Colorantes en la industria textil.....	5
2. Compuesto Nitrogenados.....	5
2.1. Ciclo del Nitrógeno .....	6
2.2. Nitrificación .....	7
2.2.1. Principales parámetros de diseño del proceso de nitrificación .....	8
2.3. Desnitrificación.....	10
2.3.1 Configuraciones del proceso de desnitrificación .....	11
2.3.2 Principales parámetros de diseño del proceso de desnitrificación .....	12
2.4. Fuentes de carbono orgánico .....	13
3. Reactor de lecho móvil (moving bed biofilm reactor MBBR).....	14
3.1. MBBR medio de soporte, sistema carrier .....	15
3.2. Alternativas de configuración MBBR .....	15
3.2.1 MBBR para remoción de materia carbonosa DBO.....	15
3.2.2 Nitrificación en reactores MBBR.....	17
3.2.3. Desnitrificación en reactores MBBR .....	18
4. Reactor de membrana (Membrane Bioreactor MBR) .....	20
4.1. Clasificación de las membranas.....	20
4.2. Fuerzas de transporte en las membranas.....	21
4.3. Tipos de flujos utilizados en separaciones basadas en membranas .....	21
4.4. Principales problemas que afectan las membranas .....	22
4.5. Proceso de separación de la membrana.....	22
4.6. Materiales de la membrana .....	22
4.7. Configuración de membranas .....	22

## Figuras y Tablas

Figura 3 Ciclo del nitrógeno. Fuente: Valencia, 2017. ....	7
Figura 4 Representación desnitrificación post conectada. Fuente: propio. ....	11
Figura 5 Representación desnitrificación pre conectada. Fuente: propio ....	11
Figura 6 Desnitrificación combinada. Fuente: propio.....	11
Figura 7 Reactor MBBR aeróbico (izquierda) y anóxico (derecha). Fuente: Bengtson, 2017.....	14
Figura 8 Ratio remoción DBO. Fuente: WEF.....	16
Figura 9 Ratio de nitrificación. Fuente: WEF. ....	16
Figura 10 OD , amonio y ratio de nitrificación.Fuente WEF.....	17
Figura 11 Ratio de desnitrificación. Fuente WEF.....	19
Figura 12 SARL proceso desnitrificación. Fuente WEF.....	19
Figura 13 Configuración reactores de membrana MBR. Fuente: Judd,2006, .....	20
Figura 14 Clasificación de las membranas. Fuente: propio. ....	20
Figura 18 Configuraciones de la membrana. Fuente: Judd,2006.....	23
Tabla 3 Tipos de fibra utilizadas en la industria textil. Fuente: Perea,2012 .....	4
Tabla 4 compuestos nitrogenados, modificada de Valecia,2017.....	7
Tabla 5 Relación DBO/NTK. Fuente: Hernández, 2015 .....	10
Tabla 6 Valores constante $KD$ . Fuente: Hernandez,2015 .....	12
Tabla 7 valores de los coeficientes y tasa de crecimiento específico. Fuente: Hernández 2015 .....	13
Tabla 8 Valores típicos SARL para diseño MBBR remoción DBO. Fuente: Bengtson, 2017.....	15
Tabla 9Caracterización de las membranas por su estructura. Fuente:propio. ....	21
Tabla 10 Fuerzas de transporte en las membranas. Fuente:propio. ....	21

## 1. Industrial textil

La industria textil es una de las principales industrias del mundo que provee empleos que no requieren habilidades especiales y juegan un papel muy importante en la economía global. Las fibras utilizadas en la industria textil se clasifican en 3 principales categorías: fibras de celulosa (algodón, lino, cáñamo, ramio), fibras de proteína (lana, seda, angora) y fibras sintéticas (poliéster, nylon, acrílico, acetato, polipropileno) (Ghaly et al. 2014)

El impacto ambiental de la industria textil es grave y en un mayor porcentaje de este impacto radica en las aguas residuales generadas, aunque también emiten gases tóxicos como óxidos de nitroso ( $NO_x$ ), dióxido de sulfuro ( $SO_2$ ) producidos durante los procesos de producción de energía y residuos sólidos como contenedores de pintura, pedazos de fibras, hilos y otros generados en las diferentes etapas del proceso. Las características de las aguas residuales dependerán de las operaciones específicas que realice la industria y del tipo de fibra y maquinaria utilizan en el proceso (López, Crespi. 2015). Se estima que se utilizan alrededor de 200 litros de agua por cada kg de textil procesado (Ghaly et al. 2014).

Los efluentes textiles se caracterizan generalmente por su elevada demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), temperaturas elevadas, alto contenido en color, pH inestable, alto contenido en químicos orgánicos y sólidos en suspensión, siendo parámetros que deben encontrarse dentro de los rangos permisibles de la normativa ambiental vigente previo a ser descargados al alcantarillado público o un cuerpo receptor.

### 1.2. Fibras en la industria textil

Dependiendo del proceso productivo de la industria el tipo de fibra utilizado varia, en el siguiente cuadro se pueden observar los principales tipos de fibra. (Perea,2012)

Origen natural	Animal	Lana, pelo, seda	
	Vegetal	Cañamo, lino, yuste, algodón	
	Mineral	Asbesto	
	Artificiales	Polimeros naturales (cupro, acetato, triacetato, viscosa)	
Origen Químico	Sintéticas	Polímeros orgánicos	Poliéster, polipropileno, Acrílico, elastano, poliamida
		Polímeros inorgánicos	Fibra de metal
			Fibra de vidrio

Tabla 1 Tipos de fibra utilizadas en la industria textil. Fuente: Perea,2012

### 1.3. Colorantes en la industria textil

Un colorante es un compuesto orgánico que al aplicarlo a un sustrato (generalmente una fibra la industria textil) le confiere un color más o menos permanente.

Los colorantes en general son solubles en el medio en el que se aplican o en el producto final. Muchos de los colorantes y químicos utilizados en la industria textil son poco biodegradable por lo que los tratamientos biológicos convencionales por sí solo no son efectivos y es necesario agregar al proceso diferentes productos como por ejemplo carbón activo para remover el color lo que causa un incremento en los costos de proceso biológico convencional.

Existen diferentes tipos de colorantes los cuales se adapta mejor a la fibra que se utilizan en el proceso, algunos tipos de colorantes se pueden citar: colorantes reactivos, colorantes sulfurosos, colorantes ácidos, colorantes con cromo, colorantes tina, colorantes directos entre otros. Las propiedades de cada uno varían, así como la calidad del efluente. Los colorantes más consumidos son los azoicos (35% del total), y se caracterizan por la presencia de grupos azo (-N=N-) en la molécula que los une, al menos, dos anillos aromáticos (Cantarero 2019)

Los métodos de aplicación y fijado de los tintes en la industria textil dependen del tipo de fibra utilizada, entre alguno de estos tipos de métodos se pueden citar los siguientes:

- Baños ácidos y básicos.
- Aplicado en conjunto con sales de Cr
- Inmersión de la fibra en un baño con un electrolito. Forma enlaces de hidrógeno.
- Reducción con hidrosulfito de sodio, después de la impregnación se oxida

## 2. Compuesto Nitrogenados

El nitrógeno es un elemento químico que existe en la naturaleza en forma orgánica e inorgánica y se encuentra mayoritariamente disponible en la atmosfera en su forma diatómica (N<sub>2</sub>), representa el 78% (v/v) El nitrógeno forma parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y de las proteínas, moléculas esenciales para el desarrollo de vida. El origen principal del nitrógeno en el agua residual urbana son las proteínas ingeridas por las personas en su alimentación las cuales llegan principalmente como urea [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>]. (Hernández, 2015)

La urea también es utilizada con fines industriales y es muy común su uso en la industria textil, para el caso del proceso de estampación la urea se utiliza en los baños reactivos ya que incrementa la solubilidad del colorante en el medio de la reacción, desagregación del colorante, retarda la evaporación durante el secado y por ende facilitando la reacción entre la fibra y el colorante (Ahmed et al. 2006) Sin

embargo, el uso de urea en esta industria provoca un impacto ambiental alto debido a la descarga de efluentes cargados con altos contenidos de nitrógeno.

La urea a su vez es transformada en diferentes compuestos nitrogenados afecta el medio de diferente manera. Si el nitrógeno se encuentra en forma amoniacal, consumirá oxígeno del medio acuático para pasar al estado oxidado de nitratos (1g N-N requiere 4,6 g de oxígeno), además es toxico para algunas peces y dificulta el tratamiento de las aguas. Si el nitrógeno está en forma de nitratos, este contribuirá a la eutrofización del cuerpo de vertido, además puede ser perjudicial para la salud humana (Rodríguez, 2015)

Algunas de las repercusiones más negativas de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales son:

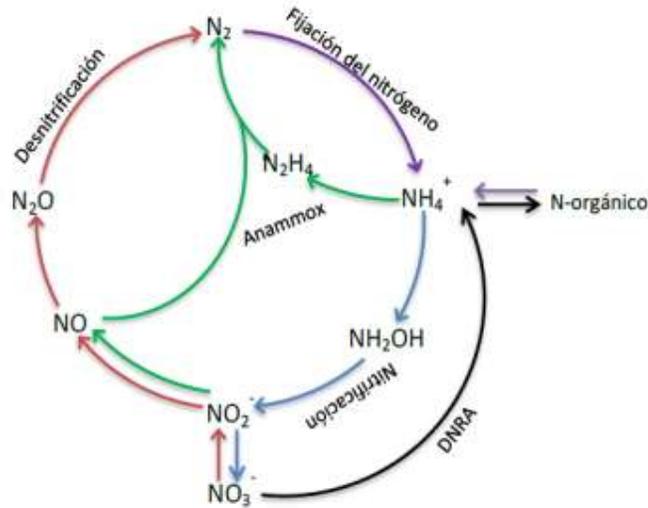
- Los compuestos de nitrógeno en forma orgánica o como amoniaco tienen un alto consumo de oxígeno lo cual es perjudicial para la vida acuática.
- Los nitritos y el amoniaco son muy tóxicos para la vida marina, especialmente para los peces, el tratamiento para estos compuestos es la nitrificación donde ambos son oxidados.
- La autorización es provocada por el nitrógeno y el fosforo en los cuerpos de agua en los que se descargan efluentes, la manera de tratar o evitar este problema es la desnitrificación.

La nitrificación y desnitrificación biológica es uno de los métodos más adecuado para eliminar el nitrógeno de las aguas residuales gracias a su elevado rendimiento, costos moderados y requiere de poco espacio comparado con otros sistemas.

## 2.1. Ciclo del Nitrógeno

El nitrógeno es el principal componente de la atmosfera aproximadamente un (79%), sin embargo, esta forma no está biodisponible para la mayoría de los seres vivos ya que se encuentra en su forma molecular ( $N_2$ ), la cual debido a su triple enlace entre sus átomos es aprovechada por algunas bacterias. El ciclo del nitrógeno es uno de lo más importante e incluye procesos naturales y antropogénicos involucrados en el equilibrio del nitrógeno en la biosfera.

Para poder llevar a cabo la transformación del nitrógeno molecular ( $N_2$ ) en compuestos asimilables para otros organismos (amonio y nitratos) es necesaria la participación de organismos especializado tales como algunas cianobacterias y bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Frankia*. La fijación del ( $N_2$ ) por estos microorganismos permite la incorporación de compuestos solubles ( $NO_4^+$  y  $NO_3^-$ ) utilizados para el crecimiento y desarrollo de otros seres vivos. De manera inmediata los organismos autótrofos transforman estos compuestos en nitrógeno orgánico ( $N_{organico}$ ). (Valencia, 2017)



**Figura 1 Ciclo del nitrógeno. Fuente: Valencia, 2017.**

Los compuestos nitrogenados presentan diferentes estados de oxidación los cual se citan en la siguiente tabla 3 presentada a continuación.

Fórmula	Nombre	Estado de oxidación
$NO_4^+$ y $NO_3^-$	Ion Amonio / amoniaco	(-3)
$N_2H_4$	Hidracina	(-2)
$NH_2OH$	Hidroxilamina	(-1)
$N_2$	Nitrógeno Molecular	(0)
$N_2O$	Óxido nitroso	(+1)
$NO$	Óxido nítrico	(+2)
$HNO_2/NO_2^-$	Ácido nitros / ion nitrito	(+3)
$NO_2$	Dióxido de nitrógeno	(+4)
$HNO_3/NO_3^-$	Ácido nítrico / Ion nitrato	(+5)

**Tabla 2 compuestos nitrogenados, modificada de Valecia,2017**

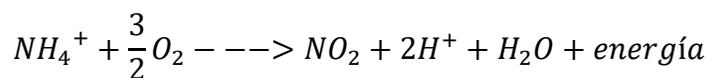
Existen diversos procesos para la eliminación de los compuestos nitrogenados en las aguas residuales, los procesos biológicos han demostrado gran eficiencia en su remoción tales como: nitrificación, desnitrificación o el proceso anammox siendo este último en condiciones anaeróbicas.

## 2.2. Nitrificación

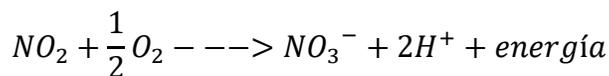
La nitrificación es el proceso mediante el cual se convierte el nitrógeno presente en el agua residual a nitrato. Es un proceso autotrófico lo que quiere decir que la energía necesaria para el crecimiento bacteriano se obtiene de la oxidación de los compuestos nitrogenados. Este proceso de oxidación se lleva a cabo en dos etapas en las cuales intervienen dos tipos de microorganismos, los nitrosomas en primera instancia que convierte el amonio a nitrito y las nitrobacter el nitrito a nitrato.

Las ecuaciones de estos procesos son las siguiente:

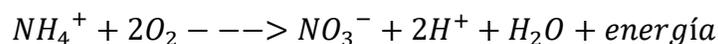
Etapa 1: Nitrosomas



Etapa 2: Nitrobacter



Tanto los nitrosomas como los nitrobacter utilizan la energía desprendida en las reacciones para el crecimiento celular. Se puede representar la reacción energética global como:



De la ecuación general podemos observar lo siguiente (Hernández, 2015):

- Precisa un elevado consumo de oxígeno: la oxidación de 1 g de N- $NH_4^+$  precisa de 4,57 g de  $O_2$ .
- Se produce una fuerte acidificación: 1 mol de N- $NH_4^+$  forma dos moles de  $H^+$ .
- Por cada mg de N- $NH_4^+$  oxidado se consumen 7,14 mg de alcalinidad en forma de  $CO_3Ca$

### 2.1.1. Principales parámetros de diseño del proceso de nitrificación

Existen factores ambientales que pueden provocar un aumento en el rendimiento y crecimiento de los microorganismos nitrificantes como también su rápido decrecimiento, entre ellos se pueden citar la temperatura, pH, oxígeno disuelto, sustrato disponible, relación DBO5/NKT, sustancias inhibidoras son los principales y se describen en el siguiente apartado:

#### 2.1.1.1. Crecimiento bacterias nitrificantes, expresión de Monod

$$\mu = \mu_{max} * \frac{S}{K_S + S}$$

Donde:

$\mu$ : tasa de crecimiento (*tiempo*<sup>-1</sup>)

$\mu_{max}$ : tasa máx. de crecimiento (*tiempo*<sup>-1</sup>)

S: concentración limitante de sustrato (masa/unidad de volumen)

$K_S$ : constante de semisaturación (masa/unidad de volumen)

### 2.1.1.2. Constante de semisaturación del amoníaco

$$\mu_N = \mu_{max} * \frac{N}{K_D + N}$$

$$K_N = 1,123^{(T-15)}$$

$\mu$ : tasa de crecimiento (*tiempo*<sup>-1</sup>)

$\mu_{max}$ : tasa máx. de crecimiento (*tiempo*<sup>-1</sup>)

N: concentración limitante de sustrato (masa/unidad de volumen)

$K_D$ : constante de semisaturación amoníaco (masa/unidad de volumen)

N: concentración de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

### 2.1.1.3. Tasa de crecimiento específico máx. en función de la temperatura

Los microorganismos nitrificantes son sensibles a cambios de temperaturas, un aumento brusco de ella disminuye su tasa de crecimiento mientras que las bajas temperaturas provocaran una repentina caída en su actividad.

Se puede representar mediante la siguiente ecuación, siendo T la temperatura en el reactor biológico.

$$\mu_{max} = 0,47 * 1,103^{(T-15)}$$

Donde T es la temperatura del reactor.

### 2.1.1.4. Constante de semisaturación de oxígeno disuelto

Al igual que la concentración de amoníaco en el reactor el O.D es un factor limitante para el crecimiento de los organismos nitrificantes y se puede expresar mediante la siguiente ecuación de Monod

$$\mu_N = \mu_{max} * \frac{OD}{K_{O_2} + OD}$$

Donde OD es el oxígeno disuelto en el reactor biológico y  $K_{O_2}$  es la constante de oxígeno expresada en mgO<sub>2</sub>/l y su valor oscila de 0,15 a 2mgO<sub>2</sub>/l.

Como se puede observar, en las zonas del reactor donde no existe oxígeno disuelto, la tasa de crecimiento será 0.

### 2.1.1.5. pH

Se ha observado que la tasa máxima de nitrificación se produce entre valores de 7,2 y 9,0 aproximadamente. Para sistemas combinado de oxidación carbononitrificación, el efecto pH puede tenerse en cuenta mediante la siguiente relación:

$$\mu_N = \mu_{max} * (1 - 0,833 * (7,2 - pH))$$

La expresión anterior es válida para pH entre 6,0 y 7,2, por lo que si el pH es mayor a 7,2 se adapta un valor de 1 y si el pH es menor a 6 se adapta un valor de 0

### 2.1.1.6. Relación DBO5/NTK

Se ha observado una correlación entre la capacidad nitrificadora de varios procesos de fangos activados con el valor del cociente DBO5/NKT. Una relación muy alta disminuye la fracción de bacterias nitrificantes en el medio. (Rodríguez, 2015)

Relacion $DBO_5/NTK$	Fracción nitrificantes $F_N$
0,5	0,35
1	0,21
2	0,12
3	0,083
4	0,064
5	0,054
6	0,043
7	0,037
8	0,033
9	0,029

**Tabla 3 Relación DBO/NTK. Fuente: Hernández, 2015**

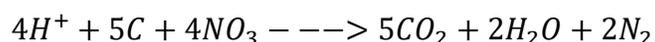
### 2.1.1.7. Sustancias inhibidoras

Exceso en los sustratos tanto amonio como nitrito, metales pesados como el níquel, cromo, cobre son algunas de las sustancias que provocan un decrecimiento o muerte de los microorganismos nitrificantes.

## 2.3. Desnitrificación

La base del proceso de desnitrificación reside en la ausencia de oxígeno disuelto, las bacterias heterótrofas utilizan nitratos o nitritos, originándose nitritos o nitrógeno gas respectivamente

La reacción de la desnitrificación se puede expresar de la siguiente manera:



Esta reacción se caracteriza por:

- Recupera parte importante del oxígeno consumido en la nitrificación: 2,86 gO<sub>2</sub>/ gN-NO<sub>3</sub> desnitrificado.
- Recupera la mitad de la alcalinidad perdida en la nitrificación. Se producen 3,57mg de alcalinidad en forma de CO<sub>3</sub>Ca por cada mg de N-NO<sub>3</sub> reducido a gas.
- El proceso consume 1,91 g de metanol por cada g N-NO<sub>3</sub> desnitrificado.

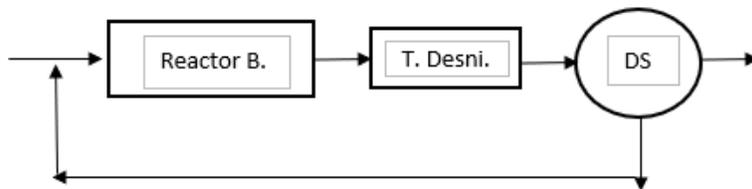
Algunas condiciones necesarias para llevar a cabo el proceso de desnitrificación son las siguiente (Hernández, 2015)

- Presencia de combinaciones oxidadas de nitrógeno.
- Ausencia de oxígeno disuelto.
- Presencia de bacterias facultativas (que puedan usar nitratos u oxígeno)
- Presencia de sustrato asimilable como fuente de energía.

### 2.3.1 Configuraciones del proceso de desnitrificación

#### 2.3.1.1 Desnitrificación post-conectada

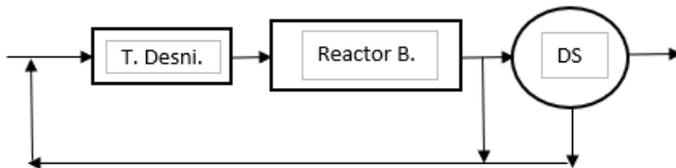
Requiere de una fuente de carbono para llevar a cabo el proceso de desnitrificación, usualmente se utiliza metano u otros compuestos.



**Figura 2 Representación desnitrificación post conectada. Fuente: propio.**

#### 2.3.1.2. Desnitrificación Preconectada

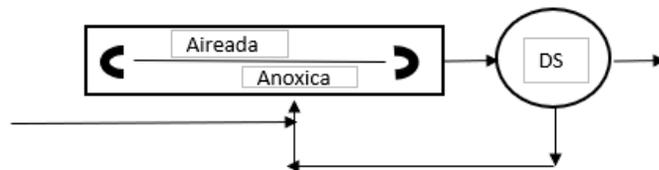
Para este caso es necesaria la recirculación de nitrato al tanque anóxico.



**Figura 3 Representación desnitrificación pre conectada. Fuente: propio**

#### 2.3.1.3. Desnitrificación simultánea y alternante

Se consigue realizar la desnitrificación simultanea al mismo tiempo que la la zona del reactor aireado se lleva a cabo la nitrificación.



**Figura 4 Desnitrificación combinada. Fuente: propio.**

### 2.3.2 Principales parámetros de diseño del proceso de desnitrificación

La cinética de crecimiento de microorganismo se puede expresar con la relación de Monod:

#### 2.3.2.1. Crecimiento bacterias desnitrificantes, expresión de Monod

$$\mu = \mu_{max} * \frac{S}{K_S + S}$$

Donde:

$\mu$ : tasa de crecimiento (*tiempo*<sup>-1</sup>)

$\mu_{max}$ : tasa máx. de crecimiento (*tiempo*<sup>-1</sup>)

S: concentración limitante de sustrato (masa/unidad de volumen)

$K_S$ : constante de semisaturación (masa/unidad de volumen)

#### 2.3.2.2. Constante de semisaturación de los nitratos:

$$\mu_N = \mu_{max} * \frac{N}{K_D + N}$$

Donde D es la concentración de nitratos (mg N-NO<sub>3</sub>/l). El valor de  $K_D$  se obtiene de la tabla 6.

Tipo de cultivo	$K_D$
C. en suspensión sin recirculación	0,08
C. en suspensión con recirculación	0,16
C. en lecho fijo	0,06

**Tabla 4 Valores constante  $K_D$ . Fuente: Hernandez,2015**

#### 2.3.2.3. Tasa de crecimiento en función de la temperatura

$$\mu_{max} = \mu_{max,20^{\circ}C} * \vartheta^{(T-20)}$$

Siendo valores normales los que se muestran en la tabla 7.

Donante $H^+$	$\mu$	$\mu_{max,20^{\circ}C}$	Temperatura °C
Metanol	1,12	10	10 a 25
Agua residual bruta	1,15	3	5 a 20
Sustancias de reserva endógenas	1,2	0,4	15 a 25

**Tabla 5 valores de los coeficientes y tasa de crecimiento específico. Fuente: Hernández 2015**

#### **2.3.2.4. Constante de semisaturación de carbono**

Al igual que la concentración de nitratos, la concentración de carbono es un factor limitante para el crecimiento de microorganismo desnitrificantes.

La tasa específica de crecimiento también puedes expresarse por medio de la ecuación de Monod:

$$\mu_D = \mu_{max} * \frac{M}{K_m + M}$$

Siendo M la concentración de metanol (mg  $CH_3OH/l$ ),  $K_m$  puede tomarse como un valor de 1.

#### **2.3.2.5. Expresión cinética en condiciones reales**

Combinando las expresiones anteriores se obtiene la expresión conjunta para el crecimiento de bacterias desnitrificantes en condiciones reales.

$$\mu_D = \mu_{max} * \frac{M}{K_m + M} * \frac{N}{K_D + N}$$

#### **2.3.2.6. pH**

El pH óptimo para el proceso de desnitrificación se encuentra en el intervalo de 7,0 a 9,0, aunque el proceso puede llevarse a cabo a pH próximos a 11. El pH tiene influencia sobre el producto final de la desnitrificación, si el pH está por encima de 7,3 el producto final es el  $N_2$ , si está por debajo es  $N_2O$ . (Rodríguez, 2015)

#### **2.3.2.7. Oxígeno disuelto**

El oxígeno puede considerarse como el regulador más importante de la actividad nitrificante. Para la desnitrificación se necesitan condiciones de anoxia, para que la actividad biológica se regule a partir del nitrato y no del oxígeno. La presencia de oxígeno disuelto tiene efectos tanto sobre el comienzo de la desnitrificación como sobre la velocidad de desnitrificación. (García y Fernández-Polanco. 1996)

### **2.4. Fuentes de carbono orgánico**

Diversos grupos de bacterias compiten con las desnitrificantes para utilizar el nitrato y transformarlo en otros productos que no son  $N_2$ , por lo anterior es fundamental una relación DQO/NTK, ya que a medida este ratio disminuye los microorganismos requieren más tiempo para transformar la materia orgánica que no se degrada de manera sencilla.

El potencial de la fuente de carbono para apoyar el proceso de desnitrificación depende principalmente de su biodegradabilidad, ratio de desnitrificación, potencial de desnitrificación en término de DQO/ N ratio y cinética de crecimiento. Es importante mencionar que el tipo de fuente de carbono a utilizar estará influenciado

por el tipo de reactor en el que se realizan los análisis, si es a escala laboratorio o escala real, las características y composición del agua residual industrial, aspectos ambientales que generalmente afectan el proceso biológico (pH, temperatura, etc.)

### 3. Reactor de lecho móvil (moving bed biofilm reactor MBBR)

El proceso MBBR fue inicialmente desarrollado por el profesor Hallvard Odgaard en los 80's en la Universidad de ciencia y tecnología de Noruega. La tecnología de lecho móvil es una solución económica en el caso que se requiera tratar grandes volúmenes de agua residual. También con esta tecnología que utiliza los medios plásticos llamados carriers dentro del reactor, se puede aumentar la capacidad de una estación depuradora que requiera tratar más caudal por día, además se reducen los tiempos de retención hidráulico (TRH), lo que permite disminuir el tamaño del reactor frente a otros sistemas que requieran tratar el mismo volumen por ejemplo sistemas convencionales de lodos activados con aireación extendida.

Como se mencionó anteriormente los reactores de lecho móvil utilizan carrier que son el medio plástico que se mueven dentro del reactor por medio de la agitación / aireación del sistema. Las bacterias crecen y se reproducen de una manera más acelerada en la superficie de los carriers. La mayor parte de la biomasa se encuentra adherida en el material de relleno, siendo muy pequeña la fracción que se encuentra en suspensión. El Sistema MBBR es un método eficiente para retener el crecimiento lento de microorganismos como los nitrificantes en el medio plástico.

La decantación primaria es típicamente utilizada previo al reactor MBBR. La clarificación secundaria también es usual en este tipo de tecnologías, sin embargo, la recirculación de lodo no es necesaria ya que la cantidad de microorganismos se mantiene en los carriers.

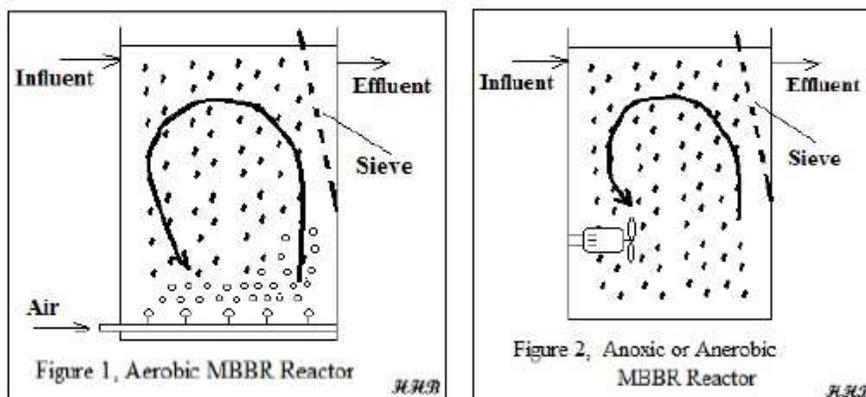


Figura 5 Reactor MBBR aeróbico (izquierda) y anóxico (derecha). Fuente: Bengtson, 2017.

### 3.1. MBBR medio de soporte, sistema carrier

Como se mencionaba anteriormente la tecnología MBBR consiste en un medio plástico, estos medio están típicamente diseñados para tener una alta área de superficie por unidad de volumen lo que da mayor área a los microorganismos para desarrollarse y crecer. Dos de las propiedades más importantes de los carriers son el área superficial en unidades de  $m^2/m^3$  y el porcentaje de vacíos. Los valores de diseño dependerán del tipo de carrier utilizado y la casa fabricante. Los valores típicos de área superficial van de los 350 a 1200  $m^2/m^3$  mientras que el porcentaje de vacíos varía en un rango de 60% a 90%.

### 3.2. Alternativas de configuración MBBR

La flexibilidad de la tecnología MBBR permite una variedad de configuraciones para el tratamiento de diferentes efluentes, a continuación, se citan las 6 principales configuraciones:

- 1) MBBR para remoción de materia carbonosa DBO
- 2) MBBB para tratamiento terciario de nitrificación
- 3) MBBR DBO doble etapa
- 4) MBBR etapa de DBO y nitrificación
- 5) MBBR con desnitrificación pre anóxica y etapa de DBO y nitrificación.
- 6) MBBR con desnitrificación post anóxica y etapa de DBO y nitrificación

#### 3.2.1 MBBR para remoción de materia carbonosa DBO

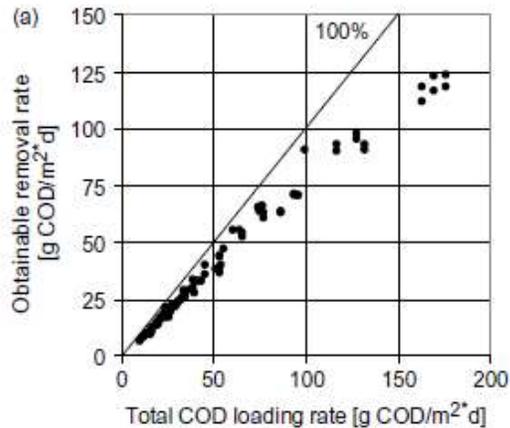
La remoción de materia carbonosa dependerá del objetivo que quiera alcanzarse, la tabla 8 muestra los diferentes objetivos de remoción a alcanzarse según sea el deseado.

Objetivo de diseño	DBO ( $g/m^2 \cdot d$ )	SARL
Alta remoción	> 20	
Remoción normal	De 5 a 15	
Baja remoción	5	

**Tabla 6 Valores típicos SARL para diseño MBBR remoción DBO. Fuente: Bengtson, 2017.**

##### 3.2.1.1. Diseño de remoción DBO de alta carga

Este tipo de diseño se utiliza cuando se requiere un sistema más compacto y un tratamiento secundario como floculación, coagulación u otra tecnología. Los diseños de alta remoción requieren tiempos de retención hidráulico mucho menores que los diseños de baja remoción. Este tipo de diseño se utiliza cuando el propósito es remover materia carbonosa soluble y fácil de degradar.



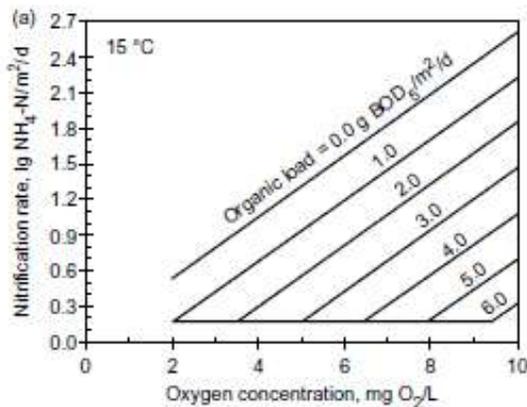
**Figura 6 Ratio remoción DBO. Fuente: WEF**

### 3.2.1.2. Diseño de remoción DBO normal

Este tipo de diseño es utilizado para casos donde se utilice como tratamiento secundario, dos reactores en serie son una típica configuración de este tipo de diseños.

### 3.2.1.3. Diseño de remoción DBO de baja carga

Este tipo de diseño se considera previo a un proceso de nitrificación, lo anterior asegura que un alto porcentaje de nitrificación se llevara a cabo y los microorganismos participantes en la materia carbonosa no estarán presentes permitiendo un alto rendimiento. Como se puede observar en la figura 8, se puede obtener un porcentaje de nitrificación de 0,8 gNH<sub>4</sub> /m<sup>2</sup>\*d con una carga de DBO de 2g DBO /m<sup>2</sup>\*d y una cantidad de OD de 6mg O<sub>2</sub>/L, pero este porcentaje de nitrificación puede reducirse un 50% con solo aumentar la carga de DBO a 3g DBO /m<sup>2</sup>\*d



**Figura 7 Ratio de nitrificación. Fuente: WEF.**

### 3.2.2 Nitrificación en reactores MBBR

La configuración MBBR con nitrificación usualmente es usada como tratamiento terciario posterior a un tratamiento secundario que haya reducido el DBO a un nivel estable y aceptable para los microorganismos nitrificantes. Algunas de las condiciones necesarias para tener un buen rendimiento en el proceso de nitrificación son:

- Carga orgánica,
- Oxígeno disuelto
- Concentración de amoníaco,
- Temperatura y
- pH y Alcalinidad.

Cuando la carga orgánica se reduce, la tasa de nitrificación aumenta, hasta que la concentración de oxígeno disuelto se convierte en un factor limitante. La disponibilidad del sustrato (amoníaco) solo se vuelve limitante cuando las concentraciones en el reactor son bajas (<2 mg N/L) y por lo tanto es una preocupación cuando se requiere una nitrificación sustancialmente completa. En estos casos, se pueden considerar dos reactores en serie, por lo que el primer reactor está limitado en oxígeno y el segundo reactor tiene amoníaco limitado.

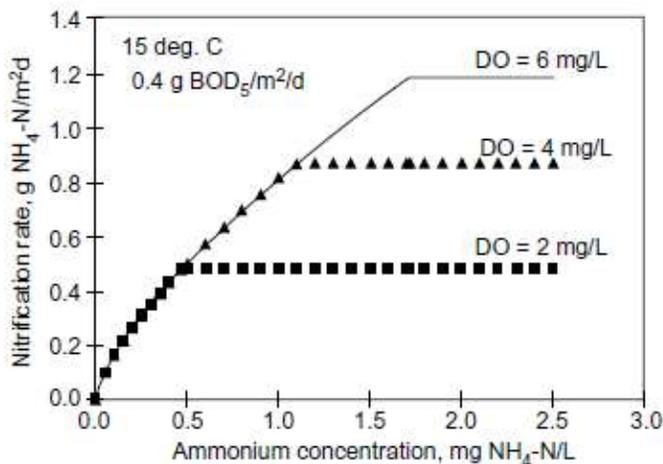


Figura 8 OD , amonio y ratio de nitrificación.Fuente WEF

#### 3.2.2.1 Temperatura en el proceso de nitrificación MBBR

Al evaluar los efectos de la temperatura en un reactor MBBR con el proceso de nitrificación es importante tener en cuenta algunos aspectos (water environmental federation)

- Afecta la difusión del sustrato dentro y fuera de la biomasa,
- Afecta la viscosidad del líquido,
- Afecta la solubilidad del oxígeno disuelto en el líquido

- Afecta la cinética de nitrificación biológica intrínseca

El efecto de la temperatura puede ser corregido mediante la siguiente ecuación

$$K_{T_2} = K_{T_1} * \theta^{(T_2 - T_1)}$$

Donde:

$K_{T_1}$  = constante de reacción a temperatura 1,

$K_{T_2}$  = constante de reacción a temperatura 2,

$\theta$  = coeficiente de temperatura.

### 3.2.3. Desnitrificación en reactores MBBR

La desnitrificación puede llevarse a cabo de dos maneras: desnitrificación pre-anóxica y post-anóxica.

Algunos factores importantes a considerar en el diseño son los siguientes:

- Presencia de una fuente de carbón para un ratio apropiado C/N,
- Nivel de desnitrificación es requerido,
- Temperatura del licor mezcla, y
- Nivel de oxígeno en el reactor.

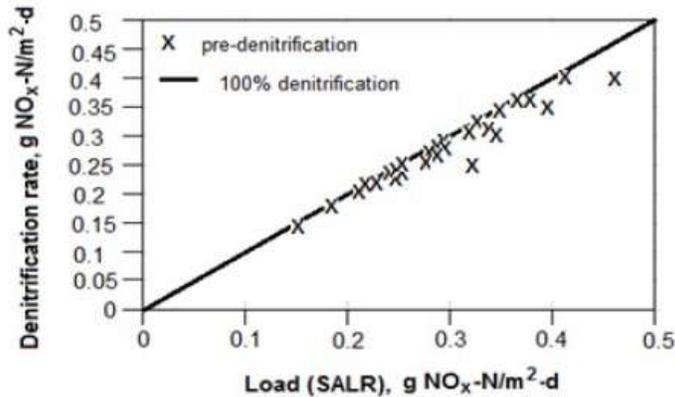
La elección entre la configuración de desnitrificación pre-anóxica y post-anóxica se caracteriza y diferencia por: el proceso de desnitrificación pre-anóxica tiene la ventaja de no requerir una fuente de carbono externa y reduce la carga de DBO a la parte de eliminación de DBO del proceso porque la DBO se utiliza en las reacciones de desnitrificación. Sin embargo, el proceso pre-anóxico requiere una relación C/N del influente mayor que 4. (Bengtson, 2017)

1. Las condiciones para la desnitrificación pre-anóxica son: C/N > 4 y el % de remoción de N < 75%

2. Las condiciones para la desnitrificación post-anóxica son C/N < 4 y el % de remoción de N > 75%

#### 3.2.3.1 Pre-desnitrificación en un reactor MBBR

En un proceso de desnitrificación pre-anóxico, la DBO en las aguas residuales efluentes primarias se utiliza como fuente de carbono para la desnitrificación. En este proceso, sin embargo, el efluente primario que ingresa al reactor pre-anóxico todavía tiene presente nitrógeno amoniacal en lugar del nitrógeno nitrato necesario para la desnitrificación. Por lo anterior se utiliza un flujo de reciclado de efluente del reactor de nitrificación para enviar nitrógeno nitrato al reactor de desnitrificación. (Bengtson, 2017)

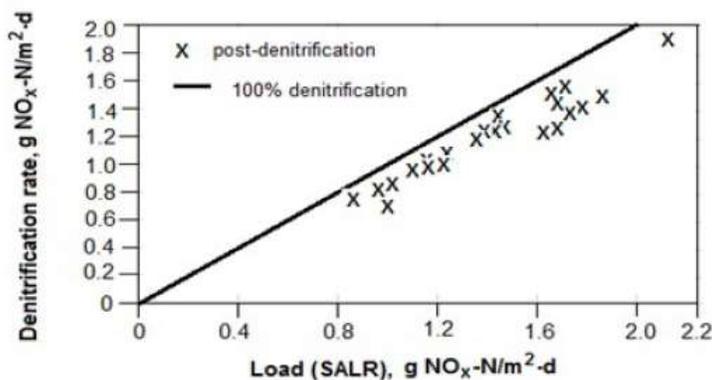


**Figura 9 Ratio de desnitrificación. Fuente WEF.**

La configuración MBBR con pre-desnitrificación es típicamente utilizada en instancias que la remoción de DBO, nitrificación y nitrógeno se requieren en un nivel moderado. El afluente debe tener una proporción favorable de DQO fácilmente biodegradable y amoníaco para un ratio C:N adecuado para hacer un uso eficiente del reactor anoxico. Cabe mencionar que el oxígeno disuelto reciclado puede tener una importancia significativa en reactor MBBR con configuración de pre-desnitrificación debido a los niveles altos de OD en el lodo que requiere el proceso de nitrificación, por lo que se debe tener extremo cuidado el porcentaje de recirculación ya que un aumento de OD en la etapa de desnitrificación puede disminuir su eficiencia.

### 3.2.3.2 Post- desnitrificación en un reactor MBBR

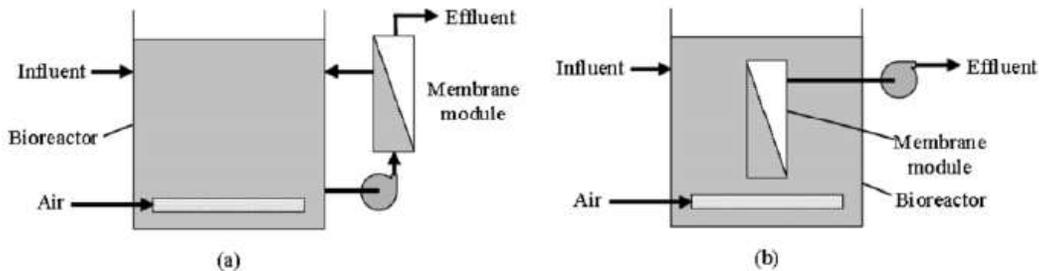
El diseño del proceso de un sistema MBBR de desnitrificación post-anóxica requiere dimensionar un tanque de MBBR para la eliminación de DBO, uno para la nitrificación y otro para la desnitrificación. Para los tres de estos reactores, el parámetro de diseño clave para dimensionar el tanque MBBR es la tasa de carga del área de superficie (SALR), generalmente con unidades de g / m<sup>2</sup> / día, es decir, g / día (del parámetro que se elimina en ese reactor) entrando en el tanque MBBR por m<sup>2</sup> de superficie del portador en el reactor. (Bengtson, 2017)



**Figura 10 SARL proceso desnitrificación. Fuente WEF.**

#### 4. Reactor de membrana (Membrane Bioreactor MBR)

Existen dos configuraciones básicas para los reactores de membrana y se muestran en la figura 12. El primero es un sistema MBR configurado con el módulo de membrana externo al reactor, además cuenta con recirculación. El licor mezcla es transportado por medio de bombas al módulo de membranas donde por medio de presión separa el agua y el lodo, el lodo concentrado es llevado nuevamente al reactor. El segundo método de configuración de este sistema es dentro del reactor biológico de lodos activados como se aprecia en la figura. Para esta configuración una fuerza de succión es aplicada a través de la membrana para extraer el permeado mientras que la superficie de la membrana evita el paso del lodo y otros contaminantes no deseados. La membrana es colocada sobre los difusores de aire lo que permite un ciclo de limpieza de la membrana.

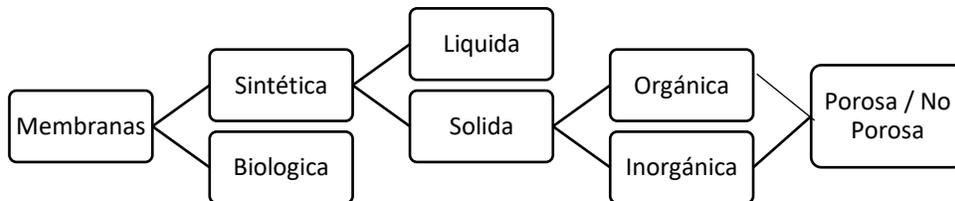


**Figura 11 Configuración reactores de membrana MBR. Fuente: Judd,2006,**

#### 4.1. Clasificación de las membranas

Existen diversas maneras de clasificación de las membranas, las más comunes se citan a continuación.

De acuerdo al origen, material, morfología y estructura:



**Figura 12 Clasificación de las membranas. Fuente: propio.**

De acuerdo a su estructura física (trans-wall symmetry)

<b>Simétrica (homogénea)</b>	Construido con un solo material y debido a esto razón, la membrana es uniforme en densidad y poro
------------------------------	---

	estructura en toda la sección transversal.
<b>Asimétrica</b>	Tipo Skinned: consta de una densa capa sin piel utilizada como primaria barrera de filtración y, una gruesa y subestructura más porosa que sirve como estructura de soporte.
	Tipo de densidad graduada: la estructura porosa gradualmente Disminuye la densidad desde el pieño hasta el lado del filtrado de la membrana
<b>Compuesta (heterogénea)</b>	Constituidas por diferentes materiales (heterogéneos), las membranas tienen una capa fina y densa que sirve como barrera de filtración. Pero, a diferencia de las membranas con piel, está hecha de un material diferente al de la subestructura porosa sobre la que está moldeada.

**Tabla 7** Caracterización de las membranas por su estructura. Fuente: propio.

#### 4.2. Fuerzas de transporte en las membranas

En general cuatro fuerzas de transporte son posibles en cuanto a membranas, se citan en el siguiente cuadro:

<b>Fuerza de transporte</b>	<b>Efecto Primario</b>	<b>Ejemplos</b>
Presión	Flujo de disolvente	RO, UL, MF, NF, Permeado de gas y vapor.
Concentración	Flujo de soluto	Diálisis, extracción de membrana, membrana líquida emulsión (ELM)
Potencial eléctrico	Flujo de una corriente eléctrica	Electrodiálisis, intercambio iónico.
Temperatura	Flujo de energía térmica	Termo-osmosis, Destilación de membrana.

**Tabla 8** Fuerzas de transporte en las membranas. Fuente: propio.

#### 4.3. Tipos de flujos utilizados en separaciones basadas en membranas

En los procesos de membrana convencionales impulsado por presión de permeación de líquidos pueden operar bajo dos modos. Si no hay corriente de

retenido se llama "dead-end" o "full flow" en español vendría a ser como flujo total; finalmente si la corriente del retenido fluye continuamente desde la salida del módulo se le denomina "crossflow" o bien flujo cruzado.

#### **4.4. Principales problemas que afectan las membranas**

Las membranas pueden verse afectadas por múltiples problemas en diversas etapas desde un mal diseño dependiendo del efluente a tratar o en su parte operativa la cual por medio de malas prácticas reduce la vida útil de la misma encareciendo la tecnología. Algunos de los principales problemas en la operación de reactores de membrana son los siguientes:

- a) Compactación de la membrana: Se refiere a la disminución en la permeabilidad de la membrana causada por la compresión de la estructura de la membrana bajo presión transmembrana.
- b) Polarización por concentración: Se acumulan especies en la superficie de la membrana
- c) Ensuciamiento: es la deposición de partículas submicrométricas (menores de 1  $\mu\text{m}$ ) en la membrana superficie y / o sus poros. Ocurre cuando los sólidos rechazados no se transportan desde la superficie de la membrana a la corriente a lodos. En general existen 4 principales tipos de ensuciamiento: Sólidos disueltos, Sólidos suspendidos, Compuestos orgánicos no biológicos y organismos biológicos

#### **4.5. Proceso de separación de la membrana**

Las técnicas de separación por medio de membranas han tenido un crecimiento en los últimos años tendiendo una amplia aplicación en las industrias debido a los requerimientos que estas presenta como: la demanda de mejores calidades en productos, mayores presiones regulatorias, el alto crecimiento en la preservación de los recursos naturales, la sostenibilidad entre otros aspectos.

#### **4.6. Materiales de la membrana**

Existen principalmente dos tipos diferentes de material de membrana, que son poliméricos y cerámica. También existen filtros de membrana metálica, pero estos tienen aplicaciones muy específicas que no se relacionan con la tecnología de biorreactores de membrana (MBR).

#### **4.7. Configuración de membranas**

El módulo de membrana es la forma en que la membrana se organiza en dispositivos. En el mercado predominan tres configuraciones de módulo de membrana: hoja plana, fibra hueca y tubular como mostrado a continuación



**Figura 13 Configuraciones de la membrana. Fuente: Judd,2006.**

**ANEXO II**  
**CALCULOS DE DISEÑO JUSTIFICADOS.**

## Contenido

1. Datos de entrada para el diseño. ....	4
2. Dimensionamiento reactores biológicos de lecho móvil MBBR .....	5
2.1. Diseño etapa de desnitrificación .....	5
2.2 Diseño etapa #1 de remoción de DBO.....	7
2.3. Diseño etapa #2 de remoción de DBO.....	9
2.4 Diseño etapa de nitrificación.....	11
3. Cálculo de necesidades de oxígeno para los diferentes procesos. ....	13
3.1. Oxígeno necesario para la remoción DBO .....	14
3.2 Oxígeno necesario para etapa de nitrificación .....	16
4. Diseño de módulo de membranas de microfiltración MBR-MF .....	17

A continuación, se procederá a diseñar los diferentes reactores y elementos que componen el tratamiento de aguas residuales para la industria textil texprint ubicada en Argenton, Barcelona, España.

El orden de diseño es el siguiente:

- Etapa de desnitrificación biológica en un reactor de lecho móvil MBBR,
- Etapa número 1 de remoción DBO en un reactor de lecho móvil MBBR,
- Etapa número 2 de remoción DBO en un reactor de lecho móvil MBBR,
- Etapa de nitrificación biológica en un reactor de lecho móvil MBBR,
- Módulo de membranas microfiltración para remoción de color MBR-MF.

## 1. Datos de entrada para el diseño.

<b>Datos entrada Generales</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>valor</b>	<b>unidades</b>
Caudal promedio inicial Qo	15	m3/d
Concentración TKN inicial	270	mg/l
Concentración DBO inicial**	10800	mg/l
Temperatura máx.	35	°C
Temperatura min	10	°C
pH	9,3	-
<b>Etapas desnitrificación</b>		
Conc. NO <sub>3</sub> -N efluente	70	mg/l
NO <sub>3</sub> -N ratio de reciclado	2,31	-
SALR	0,9	g/m <sup>2</sup> /d
SARR/SARL ratio	0,927	-
% de carriers en el reactor	50%	-
<b>Etapas #1 remoción DBO</b>		
SALR	6	g/m <sup>2</sup> /d
SARR/SARL ratio	0,935	-
<b>Etapas #2 remoción DBO</b>		
SALR	15	g/m <sup>2</sup> /d
SARR/SARL ratio	0,875	-
<b>Etapas Nitrificación</b>		
Conc. NH <sub>4</sub> -Ne	50	mg/l
Oxígeno Disuelto Reactor	3	mg/l
% remoción NH <sub>4</sub> -N	81%	-
SARR máximo	0,88	g/m <sup>2</sup> /d
NH <sub>4</sub> -Ne @ SARRmax	0,8	mg/l
SARR @ NH <sub>4</sub> -Ne, 15oC, SARR15	0,88	g/m <sup>2</sup> /d
SARR @ NH <sub>4</sub> -Ne, T °C, <b>SARR<sub>T</sub></b> =	0,66	g/m <sup>2</sup> /d
SARL de diseño	0,81	g/m <sup>2</sup> /d
SARR Temp. Coeff, <b>q</b> =	1,058	-
<b>Determinar si utilizar Pre o Post Desnitrificación</b>		
Ratio de C/N	40	pre
% de remoción	74%	pre
<b>Información de carrier y del tanque para todas las etapas</b>		
Área específica superficial Carrier	590	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Altura liquida del tanque	2	m
Relación L:W tanque	1,5	-
% vacío carrier	90%	-

## 2. Dimensionamiento reactores biológicos de lecho móvil MBBR

### 2.1. Diseño etapa de desnitrificación

El primer paso a calcular es la carga de nitratos en el reactor:

$$\begin{aligned} \text{Carga diaria } NO_3 - N &= Q_0 * \text{carga } NO_3 - N_{inf} + Q_0 * \% \text{ recicl } NO_3 - N * \text{carga } NO_3 - N_{ef} \end{aligned}$$

$$\text{Carga diaria } NO_3 - N = \frac{15m^3}{d} * 0 + \frac{15m^3}{d} * 2,32 * 70 \text{ mg/l}$$

Seguidamente se calcula el área superficial necesaria para los carriers

$$\text{Area sup. para carriers} = \frac{\text{Carga diaria } NO_3 - N}{SARL \text{ pre anox}}$$

$$\text{Area sup. para carriers} = \frac{2428,1 \frac{g}{\text{día}}}{\frac{0,9 \frac{g}{m^2}}{\text{día}}} = 2697,8 \text{ m}^2$$

Obtenida el área de superficie de carriers se calcula el volumen de los Carrier en el reactor.

$$\text{Volumen para carriers} = \frac{\text{Area sup. para carriers}}{\text{Superficie esp. carrier}}$$

$$\text{Volumen para carriers} = \frac{2697,8 \text{ m}^2}{590 \frac{m^2}{m^3}} = 4,573 \text{ m}^3$$

Se debe calcular el volumen total del reactor

$$\text{Volumen del reactor} = \frac{\text{Volumen de carriers}}{\% \text{ de llenado}}$$

$$\text{Volumen del reactor} = \frac{4,573}{50\%} = 9,1 \text{ m}^3$$

Se procede a calcular el volumen líquido del reactor

$$\text{Vol. liq. React} = \text{Volumen del reactor} - (1 - \% \text{ vacío de carriers}) * \text{volu. carrier}$$

$$\text{Vol. liq. React} = 9,1 \text{ m}^3 - (1 - 90\%) * 4,573 \text{ m}^3 = 8,7 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención hidráulico a caudal promedio

$$TRH = \frac{\text{Volumen líquido del tanque}}{Q \text{ promedio}}$$

$$TRH = \frac{8,7 \text{ m}^3}{15 \frac{m^3}{\text{día}} / (24 * 60)} = 834 \text{ minutos}$$

### Estimación del SARR

$$Est. SARR = SALR * \left( \frac{SARR}{SARL} \right)$$

$$Est. SARR = 0,9 \frac{g}{m^2} * 0,927 = 0,83g/m^2/d$$

### Se debe estimar la cantidad requerida de NO<sub>3</sub>-N a remover

$$Req. de NO_3 - N a remover = Q_o * (TKN infl - NO_3 - N efl - NH_3 - N efl)$$

$$Req. de NO_3 - N a remover = 15 \frac{m^3}{dia} * \left( 270 \frac{mg}{l} - 70 \frac{mg}{l} - 50 \frac{mg}{l} \right) = 2250 \frac{gramos}{dia}$$

### Se procede a calcular cuánto NO<sub>3</sub>-N se ha removido en el proceso

Esto para comprobar que la cantidad estimada a remover sea igual a la requerida del proceso.

$$Estimación de remoción NO_3 - N = SARR * Area Superficial de los carriers.$$

$$Estimación de remoción NO_3 - N = 0,83g/m^2/d * 2697,8 m^2 = 2250g/d$$

Por lo anterior de comprueba que al restar la cantidad estimada removida – la cantidad requerida obtenemos un valor de 0. Este es el escenario al cual se debe tratar de llegar y la manera de lograrlo es iterando la recirculación de NO<sub>3</sub>-N al reactor de desnitrificación, en este caso con una tasa de recirculación de 2,31 se ha logrado obtener dicho valor.

### Dimensionamiento del reactor de desnitrificación

<b>Volumen liquido</b>	<b>8,7 m3</b>
<b>Volumen total tanque</b>	<b>9,1 m3</b>
<b>Relación L:W</b>	<b>1,5</b>
<b>Altura liquida propuesta</b>	<b>2 m</b>
<b>Altura total</b>	<b>2,20 m</b>
<b>Longitud L</b>	<b>2,6 m</b>
<b>Ancho W</b>	<b>1,7 m</b>
<b>Qr NO<sub>3</sub>-</b>	<b>2,31*Qo</b>

## 2.2 Diseño etapa #1 de remoción de DBO

El primer paso a calcular es la carga de DBO en el reactor:

*Carga diaria DBO*

$$= Q_o * S_o + Q_o * SARR/SARL * S_{efluente} - (0,67 * \left(\frac{20}{7}\right) * Canti. NO_3 - N \text{ requerida a remov})$$

*Carga diaria DBO*

$$= \frac{15m^3}{d} * 10800 \frac{mg}{l} - (0,67 * \left(\frac{20}{7}\right) * 2250 \frac{g}{día} + 15 \frac{m^3}{día} * 0,95 * 728,3 \frac{mg}{l} = 168071.13 \frac{g}{día}$$

Seguidamente se calcula el are superficial necesaria para los carriers

$$Area \text{ sup. para carriers} = \frac{Carga \text{ diaria DBO}}{SARL}$$

$$Area \text{ sup. para carriers} = \frac{168071.13 \frac{g}{día}}{6 \frac{m^2}{día}} = 28012 \text{ m}^2$$

Obtenida el área de superficie de carriers se calcula el volumen de los Carrier en el reactor.

$$Volumen \text{ para carriers} = \frac{Area \text{ sup. para carriers}}{Superficie \text{ esp. carrier}}$$

$$Volumen \text{ para carriers} = \frac{28012 \text{ m}^2}{590 \frac{m^2}{m^3}} = 47,48 \text{ m}^3$$

Se debe calcular el volumen total del reactor

$$Volumen \text{ del reactor} = \frac{Volumen \text{ de carriers}}{\% \text{ de llenado}}$$

$$Volumen \text{ del reactor} = \frac{47,48}{60\%} = 79,1 \text{ m}^3$$

Se procede a calcular el volumen liquido del reactor

$$Vol. \text{ liq. Reac} = Volumen \text{ del reactor} - (1 - \% \text{ vacío de carriers}) * volu. \text{ carrier}$$

$$Vol. \text{ liq. Reac} = 79,1m^3 - (1 - 90\%) * 47,48 \text{ m}^3 = 74,4 \text{ m}^3$$

## Tiempo de retención hidráulico a caudal promedio

$$TRH = \frac{\text{Volumen líquido del tanque}}{Q \text{ promedio}}$$

$$TRH = \frac{74,4 \text{ m}^3}{15 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} / (24 * 60)} = 7141 \text{ minutos}$$

## Estimación del SARR

$$\text{Est. SARR} = \text{SALR} * \left( \frac{\text{SARR}}{\text{SARL}} \right)$$

$$\text{Est. SARR} = 6 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ día}} * 0,935 = 5,61 \text{ g/m}^2/\text{d}$$

## Se procede a calcular cuánto DBO se ha removido en el proceso

Esto para comprobar que la cantidad estimada a remover sea igual a la requerida del proceso.

*Estimación de remoción DBO = SARR \* Area Superficial de los carriers.*

$$\text{Estimación de remoción DBO} = 5,61 \text{ g/m}^2/\text{d} * 28012 \text{ m}^2 = 157147 \text{ g/d}$$

## Finalmente se debe calcular la concentración de DBO en el efluente

*Conc DBO efluente: (Carga diaria de DBO – % remoción DBO)/Q<sub>o</sub>*

$$\text{Conc DBO efluente: } \frac{168071.13 \frac{\text{g}}{\text{d}} - 157147 \frac{\text{g}}{\text{d}}}{15 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 728,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Nota: cómo se puede observar la cantidad de DBO en la primera etapa es muy alta por lo que no ha sido suficiente la remoción debido a que el reactor de nitrificación requiere que se cumpla el siguiente requisito:

- El SARL BOD debe ser < 0.5 g/m<sup>2</sup>/d para obtener una buena tasa de nitrificación.

$$\text{Comprobación DBO SARL: } \frac{\text{DBO efluente}}{\text{Area carrier necesaria}} * Q_o$$

$$\text{Comprobación DBO SARL: } \frac{728,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{28012 \text{ m}^2} * 15 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 0,39 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ día}}$$

$$> 0,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ día}} \text{ por lo que no cumple.}$$

### Dimensionamiento del reactor de remoción DBO #1

<b>Volumen liquido</b>	<b>74,4 m<sup>3</sup></b>
<b>Volumen total tanque</b>	<b>79,1 m<sup>3</sup></b>
<b>Relación L:W</b>	<b>1,5</b>
<b>Altura liquida propuesta</b>	<b>2 m</b>
<b>Altura total</b>	<b>2,20 m</b>
<b>Longitud L</b>	<b>7,7 m</b>
<b>Ancho W</b>	<b>5,1 m</b>

### 2.3. Diseño etapa #2 de remoción de DBO

El primer paso a calcular es la carga de DBO en el reactor:

$$\text{Carga diaria DBO} = \frac{Q_0 * S_{\text{salida etapa 1}}}{1000}$$

$$\text{Carga diaria DBO} = \frac{15 \text{m}^3 * 728,3 \frac{\text{g}}{\text{d}}}{1000} = 10,925 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 10925 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

Seguidamente se calcula el are superficial necesaria para los carriers

$$\text{Area sup. para carriers} = \frac{\text{Carga diaria DBO}}{\text{SARL}}$$

$$\text{Area sup. para carriers} = \frac{10925 \frac{\text{g}}{\text{día}}}{15 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ día}}} = 728,309 \text{ m}^2$$

Obtenida el área de superficie de carriers se calcula el volumen de los Carrier en el reactor.

$$\text{Volumen para carriers} = \frac{\text{Area sup. para carriers}}{\text{Superficie esp. carrier}}$$

$$\text{Volumen para carriers} = \frac{728,309 \text{ m}^2}{590 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}} = 1,234 \text{ m}^3$$

Se debe calcular el volumen total del reactor

$$\text{Volumen del reactor} = \frac{\text{Volumen de carriers}}{\% \text{ de llenado}}$$

$$\text{Volumen del reactor} = \frac{1,234}{30\%} = 4,1 \text{ m}^3$$

**Se procede a calcular el volumen liquido del reactor**

$$\text{Vol. liq. Reac} = \text{Volumen del reactor} - (1 - \% \text{ vacio de carriers}) * \text{volu. carrier}$$

$$\text{Vol. liq. Reac} = 4,1\text{m}^3 - (1 - 90\%) * 1,234 \text{ m}^3 = 3,991 \text{ m}^3$$

**Tiempo de retención hidráulico a caudal promedio**

$$TRH = \frac{\text{Volumen liquido del tanque}}{Q \text{ promedio}}$$

$$TRH = \frac{3,991 \text{ m}^3}{15 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} / (24 * 60)} = 383 \text{ minutos}$$

**Estimación del SARR**

$$\text{Est. SARR} = \text{SALR} * \left( \frac{\text{SARR}}{\text{SARL}} \right)$$

$$\text{Est. SARR} = 15 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ dia}} * 0,875 = 13,13 \text{ g/m}^2/\text{d}$$

**Se procede a calcular cuánto DBO se ha removido en el proceso**

Esto para comprobar que la cantidad estimada a remover sea igual a la requerida del proceso.

$$\text{Estimación de remoción DBO} = \text{SARR} * \text{Area Superficial de los carriers.}$$

$$\text{Estimación de remoción DBO} = 13,13\text{g/m}^2/\text{d} * 728,309 \text{ m}^2 = 9559\text{g/d}$$

**Finalmente se debe calcular la concentración de DBO en el efluente**

$$\text{Conc DBO efluente: } (\text{Carga diaria de DBO} - \% \text{ remoción DBO})/Q_o$$

$$\text{Conc DBO efluente: } \frac{10925 \frac{\text{g}}{\text{d}} - 9559 \frac{\text{g}}{\text{d}}}{15 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 91,0 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Nota: Podemos observar la diferencia que obtenemos en la carga de DBO del efluente de la segunda etapa vs la primera.

**Dimensionamiento del reactor de remoción DBO #2**

<b>Volumen liquido</b>	<b>3,99 m3</b>
<b>Volumen total tanque</b>	<b>4,1 m3</b>
<b>Relación L:W</b>	<b>1,5</b>
<b>Altura liquida propuesta</b>	<b>2 m</b>
<b>Altura total</b>	<b>2,20 m</b>
<b>Longitud L</b>	<b>1,0 m</b>
<b>Ancho W</b>	<b>1,0 m</b>

## 2.4 Diseño etapa de nitrificación

El primer paso a calcular es la carga de NH<sub>3</sub>-N en el reactor:

*Carga diaria NH<sub>3</sub> - N*

$$= Q_0 * carga NO_3 - N_{inf} + Q_0 * \% recicl NO_3 - N * carga NH_4 - N_{ef}$$

$$Carga\ diaria\ NH_3 - N = \frac{15m^3}{d} * \frac{270mg}{l} + 15 \frac{m^3}{d} * 2.31 * 50 \frac{mg}{l} = 5784 \frac{g}{día}$$

Seguidamente se calcula el are superficial necesaria para los carriers

$$Area\ sup.\ para\ carriers = \frac{Carga\ diaria\ NH_3 - N}{SARL}$$

$$Area\ sup.\ para\ carriers = \frac{5784 \frac{g}{día}}{0,81 \frac{m^2}{día}} = 7100\ m^2$$

Obtenida el área de superficie de carriers se calcula el volumen de los Carrier en el reactor.

$$Volumen\ para\ carriers = \frac{Area\ sup.\ para\ carriers}{Superficie\ esp.\ carrier}$$

$$Volumen\ para\ carriers = \frac{7100\ m^2}{590 \frac{m^2}{m^3}} = 12,03\ m^3$$

Se debe calcular el volumen total del reactor

$$Volumen\ del\ reactor = \frac{Volumen\ de\ carriers}{\% de\ llenado}$$

$$Volumen\ del\ reactor = \frac{12,03}{50\%} = 24,10m^3$$

Se procede a calcular el volumen liquido del reactor

$$Vol.\ liq.\ React = Volumen\ del\ reactor - (1 - \% vacío\ de\ carriers) * volu.\ carrier$$

$$Vol.\ liq.\ React = 24,10m^3 - (1 - 90\%) * 12,03\ m^3 = 22,90\ m^3$$

## Tiempo de retención hidráulico a caudal promedio

$$TRH = \frac{\text{Volumen liquido del tanque}}{Q \text{ promedio}}$$

$$TRH = \frac{22,90 \text{ m}^3}{15 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} / (24 * 60)} = 2195 \text{ minutos}$$

## Estimación del SARR

Se ha tomado el valor de 3 mg/l de oxígeno disuelto por lo que tenemos 0,88 SARR<sub>max</sub> (g/m<sup>2</sup>/d) y 0,8 N @ SARR<sub>max</sub> (g/m<sup>2</sup>/d).

### Nitrification SARR:

D.O. mg/L	SARR <sub>max</sub> g/m <sup>2</sup> /d	N @ SARR <sub>max</sub> mg/L
2	0,61	0,5
3	0,88	0,8
4	1,03	1
5	1,23	1,3
6	1,41	1,65
3,0	0,88	0,8

Como se estableció en un principio el efluente presentara calidades de 50 mg/l NH<sub>4</sub>-N con lo anterior y el valor de 0,8 N @ SARR<sub>max</sub> (g/m<sup>2</sup>/d) obtenemos el coeficiente SARR:

SARR Temp. Coeff,  $\theta = 1,058$

Seguidamente se debe calcular SARR a una temperatura de 15°C

SARR @ NH<sub>4</sub>-Ne, 15°C, SARR<sub>15</sub> = 0,88 g/m<sup>2</sup>/d, al haber deficiencia de oxígeno el valor de SARR se mantiene al de tabla \_\_

Una vez obtenido el SARR a 15°C se debe calcular el SARR a la temperatura más critica del diseño, en este caso es de 10°C, los cálculos se realizan mediante la siguiente ecuación:

$$SARRT = SARR_{15} * \theta^{(T - 15)}$$

$$SARR(10^\circ\text{C}) = 0,88 \text{ g/m}^2/\text{d} * 1,058^{(10 - 15)}$$

$$SARR(10^\circ\text{C}) = 0,66 \text{ g/m}^2/\text{d}$$

**Finalmente se procede a calcular el valor de SARL**

$$SARL = \frac{\% \text{ remoción } NH_4 - N}{SARR(10^\circ C)}$$

$$SARL = \frac{\frac{270mg}{l} - \frac{50mg}{l}}{\frac{270mg}{l}} = \frac{220mg/l}{270mg/l} = 0,81 \text{ g/m}^2/\text{d}$$

La nitrificación es un proceso que requiere de ciertas condiciones como se explicaron anteriormente para tener una eficiencia alta en la remoción, entre ellas es la cantidad de materia carbonosa que entrara al reactor, por lo que es de suma importancia corroborar si las condiciones son aptas o se debe mejorar:

SALR DBO debe ser < 0.5 g/m<sup>2</sup>/d para obtener un buen ratio de nitrificación, por lo anterior se procede a calcular:

$$SARL \text{ DBO} = \frac{Q_o * DBO_{efl.etapa \#2}}{\text{Area de carrier necesaria para nitrificación}}$$

$$SARL \text{ DBO} = \frac{15 \frac{m^3}{d} * 91 \frac{mg}{l}}{7100 m^2} = 0,19 \frac{g}{m^2 \cdot d} < 0,5 \frac{g}{m^2 \cdot d} \therefore \text{cumple}$$

**Dimensionamiento del reactor de nitrificación.**

<b>Volumen liquido</b>	<b>22,9 m3</b>
<b>Volumen total tanque</b>	<b>24,1 m3</b>
<b>Relación L:W</b>	<b>1,5</b>
<b>Altura liquida propuesta</b>	<b>2 m</b>
<b>Altura total</b>	<b>2,20 m</b>
<b>Longitud L</b>	<b>4,2 m</b>
<b>Ancho W</b>	<b>2,8 m</b>

### **3. Cálculo de necesidades de oxígeno para los diferentes procesos.**

Tanto para el proceso de remoción de materia carbonosa como la etapa de nitrificación se deben establecer algunas condiciones

Oxigeno requerido por kg de DBO	1,5	kgO2 / kgBOD
Oxigeno requerido por kg de NH3-N	4,57	kg O2/kg NH3-N

Altura de difusores	2,20	metros
Temperatura normal	0	°C
Presión normal	1,00	bar
Presión atmosférica	1,014	bar
Densidad aire en condiciones normales	1,275	kg/m <sup>3</sup>
Oxígeno contenido en el aire	0,2930	kg/m <sup>3</sup>
SOTE en función de la profundidad	2,50%	% por metro de profundidad
AOTE/SOTE	0,5	-
Perdida presión en difusor	0,030	bar
Factor de ensuciamiento del difusor	0,8	-
Constante de transferencia de oxígeno	0,6	-
Ratio de OD a una misma T,P	1,0	-

### 3.1. Oxígeno necesario para la remoción DBO

De acuerdo a la carga de DBO en cada etapa se calcula la necesidad de oxígeno mediante la siguiente formula:

$$O_2 \text{ necesario} = \frac{\frac{\text{kgO}_2}{\text{kgBOD}} * \text{Carga DBO reactor}}{1000}$$

Para reactor número 1

$$O_2 \text{ necesario} = \frac{1,5 \text{ kgO}_2 / \text{kgBOD} * (168071,3 \frac{\text{g}}{\text{d}})}{1000} = 252,1 \frac{\text{kgO}_2}{\text{día}}$$

Para reactor número 2

$$O_2 \text{ necesario} = \frac{1,5 \text{ kgO}_2 / \text{kgBOD} * (10925 \frac{\text{g}}{\text{d}})}{1000} = 16,4 \frac{\text{kgO}_2}{\text{día}}$$

**Seguidamente** de proceder a calcular SOTE

$$SOTE = \% \text{ SOTE en función de prof} * \text{Altura dif.}$$

$$SOTE = 2,50 \% * 2,20 m = 0,055m$$

**Se debe calcular el valor de AOTE**

$$AOTE = SOTE * \frac{AOTE}{SOTE}$$

$$AOTE = 0.055 m * 0,5 = 2,8\%$$

**Obtenidos los resultados anteriores se procede a calcular la presión de salida en los sopladores y el caudal de aire necesario para la etapa de remoción de DBO.**

$$Requerimiento\ aire \frac{Nm^3}{h} = \left( \frac{(Requerimiento\ oxigeno / AOTE / Contenido\ O_2\ aire)}{24} \right)$$

**Para reactor DBO numero 1**

$$Requerimiento\ aire \frac{Nm^3}{h} = \left( \frac{(252,1 \frac{kg}{d} / 2,8\% / 0,2930kg/m^3)}{24} \right) = 1303,7 \frac{Nm^3}{h}$$

**Para reactor DBO numero 2**

$$Requerimiento\ aire \frac{Nm^3}{h} = \left( \frac{(16,4 \frac{kg}{d} / 2,8\% / 0,2930kg/m^3)}{24} \right) = 84,7 \frac{Nm^3}{h}$$

Se debe calcular los requerimientos de aire en unidades de m<sup>3</sup>/h, pero es necesario calcular primero la presión en la salida del soplador en primera instancia, esta presión aplica para ambos reactores de remoción de materia carbonosa.

$$PB_{salida} = P_{atmos} + P_{perdidadifusor} * \left( 100 \frac{kPA}{Bar} \right) + \frac{\gamma_{H_2O} * altura\ difusor}{100}$$

$$PB_{salida} = 1,014\ bar + 0,031 * \left( 100 \frac{kPA}{Bar} \right) + \frac{9,81 * 2,2\ m}{100} = 1,26\ bar$$

Obtenido el dato de la presión de salida se procede a calcular los requerimientos de aire en unidades de m<sup>3</sup>/día

$$Requer.\ aire \frac{m^3}{h} = Q_{aire} \frac{Nm^3}{h} * \frac{Presión_{nor}}{(T_{nor} + 273,15)} * \frac{T_{mindiseño} + 273,15}{presion\ salida\ soplador}$$

**Para reactor DBO numero 1**

$$Requer.\ aire \frac{m^3}{h} = 1303,7 \frac{Nm^3}{h} * \frac{1\ bar}{(0 + 273,15)} * \frac{10 + 273,15}{1,26\ bar} = 1072,24 \frac{m^3}{h}$$

**Para reactor DBO numero 2**

$$\text{Requer. aire } \frac{m^3}{h} = 84,7 \frac{Nm^3}{h} * \frac{1 \text{ bar}}{(0 + 273,15)} * \frac{10 + 273,15}{1,26 \text{ bar}} = 69,66 \frac{m^3}{h}$$

### 3.2 Oxígeno necesario para etapa de nitrificación

$$\text{Oxígeno etapa nitrificación: } Q_o * (4,57 * \frac{N-TKN_{inf}-N-NH_{4ef}}{1000})$$

$$\text{Oxígeno etapa nitrificación: } 15 \frac{m^3}{d} * (4,57 * \frac{270 \frac{mg}{l} - 50 \frac{mg}{l}}{1000}) = 15,1 \frac{kg}{día}$$

Se procede a calcular el caudal de airea necesario para el proceso de nitrificación

$$\text{Requerimiento aire } \frac{Nm^3}{h} = \left( \frac{\left( \frac{\text{Requerimiento oxígeno}}{AOTE} \right) * 28,97}{0,209 * 32 * \text{densidad normal aire } \frac{kg}{m^3} * 24} \right)$$

$$\text{Requerimiento aire } \frac{Nm^3}{h} = \left( \frac{\left( \frac{\left( \frac{15,1 \frac{kg}{d}}{2,8 \%} \right) * 28,97}{0,209 * 32 * 1,275 \frac{kg}{m^3} * 24} \right)}{0,209 * 32 * 1,275 \frac{kg}{m^3} * 24} \right) = 96,51 \frac{Nm^3}{h}$$

Se debe calcular los requerimientos de aire en unidades de m<sup>3</sup>/h, pero es necesario calcular primero la presión en la salida del soplador en primera instancia

$$PB_{salida} = P_{atmos} + P_{perdidadifusor} * \left( 100 \frac{kPA}{Bar} \right) + \frac{\gamma_{H_2O} * \text{altura difusor}}{100}$$

$$PB_{salida} = 1,014 \text{ bar} + 0,031 * \left( 100 \frac{kPA}{Bar} \right) + \frac{9,79 * 2,2 \text{ m}}{100} = 1,26 \text{ bar}$$

Obtenido el dato de la presión de salida se procede a calcular los requerimientos de aire en unidades de m<sup>3</sup>/día

$$\text{Requer. aire } \frac{m^3}{h} = Q_{aire} \frac{Nm^3}{h} * \frac{\text{Presión}_{nor}}{(T_{nor} * 273,15)} * \frac{T_{mindiseño} + 273,15}{\text{presion salida soplador}}$$

$$\text{Requer. aire } \frac{m^3}{h} = 96,51 \frac{Nm^3}{h} * \frac{1 \text{ bar}}{(0 * 273,15)} * \frac{10 + 273,15}{1,26 \text{ bar}} = 80,05 \frac{m^3}{h}$$

#### 4. Diseño de módulo de membranas de microfiltración MBR-MF

El primer paso es calcular la demanda específica de aire basada en el área de la membrana y se define como el aire de limpieza siendo sus siglas en inglés (SAD<sub>M</sub>). Es de suma importancia airear la membrana para limpiarla de los sólidos y partículas en general.

$$SAD_M = \frac{Q_{aire}}{A_m}$$

Donde:

$$Q_o = \text{Caudal aire } \frac{m^3}{h}$$

$$A_m = \text{Área de la membrana } m^2$$

$$SAD_M = \text{demanda específica de aire } \frac{m^3 \text{ aire}}{m^2 \text{ membrana}}$$

Al no tener el área de la membrana otra manera de calcular la demanda específica de aire es por volumen permeado (SAD<sub>p</sub>)

$$SAD_p = \frac{Q_o}{J * A_m}$$

Donde:

$$Q_o = \text{Caudal prom } \frac{m^3}{h}$$

$$A_m = \text{Área de la membrana } m^2$$

$$J = \text{flujo permeado } \frac{L}{m^2 * h}$$

Para el caso de la membrana a utilizar de la empresa Motimo modelo BT-20, la ficha técnica nos da un valor de 6 Nm<sup>3</sup>/h\*pieza, siendo la pieza el área efectiva de la membrana que este caso tiene un valor de 20 m<sup>2</sup>. Por lo anterior el valor de SAD<sub>M</sub> es de 0,30 Nm<sup>3</sup>/h\*m<sup>2</sup>, basado en este valor y con el valor del flujo tomado de la ficha técnica se obtiene la demanda específica de aire por volumen permeado SAD<sub>p</sub>

$$SAD_p = 1000 * \left( \frac{0,30 \frac{Nm^3}{h * m^2}}{20 \frac{L}{m^2} * h} \right) = 15 \frac{m^3 \text{ aire}}{m^3 \text{ permeado}}$$

Área de la membrana

$$\text{Área de la membrana} = \frac{Q_o}{\text{Flujo (J)}}$$

$$\text{Área de la membrana} = \frac{0,625 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{h}}} = 31,25 \text{ m}^2$$

Se requieren 32 m<sup>2</sup> de membrana, el módulo BT 20 tiene 20 m<sup>2</sup> de área efectiva por lo que son necesarios dos módulos para cumplir con los requerimientos.

Se procede a calcular el flujo requerido de aire para la limpieza despejando de la siguiente manera

$$SAD_M * A_m = Q_{\text{aire}}$$

$$Q_{\text{aire}} = 0,3 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h} * \text{m}^2} * 32 \text{ m}^2 = 9,6 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Se debe calcular en unidades de m<sup>3</sup>/h

$$Q_{\text{aire}} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 9,6 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} * \frac{1\text{bar}}{1,26\text{bar}} * \left( \frac{10 + 273,15}{(0 + 273,15)} \right) = 8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

**ANEXO III**  
**CARACTERIZACIÓN ELEMENTOS ELECTROMECHANICOS**

## Contenido

1. Objetivo.....	3
2. Definición y caracterización de equipos. ....	3
2.1. Bombas sumergibles recirculación. ....	3
2.1.1 Pérdida de carga.....	3
2.2. Bombas en módulo de membranas: permeado y autolavado. ....	4
2.3 Equipo de aireación / casa de venta: PedroGill España. ....	5
2.4. Mezclador tanque desnitrificación .....	7

## 1. Objetivo

El presente apartado pretende describir y caracterizar cada uno de los equipos utilizados en el diseño de la presente EDARI.

## 2. Definición y caracterización de equipos.

Para garantizar el correcto funcionamiento biológico del sistema es necesario analizar los equipos que se dispondrán por medio de parámetros preestablecidos. El diseño realizado en el presente proyecto requiere de los siguientes elementos electromecánicos:

- Aireador capaz de llevar oxígeno necesario a los reactores de remoción de materia carbonosa y reactor de nitrificación.
- Bombeo de recirculación del tanque de nitrificación al tanque pre-anóxico donde se lleva a cabo el proceso de desnitrificación.
- Bombeo a módulo de membrana capaz de superar las presiones transmembrana con el fin de obtener un efluente depurado.
- Bombeo para el autolavado del módulo de membranas.
- Mezclador mecánico capaz de mantener en movimiento los medios móviles del reactor pre-anóxico.

### 2.1. Bombas sumergibles recirculación.

De acuerdo a la memoria de cálculo en el anexo II se debe recircular  $2,30 Q_o$  del reactor de nitrificación al reactor pre-anóxico con el fin de enviar nitratos al proceso de desnitrificación. Por lo anterior la capacidad de bombeo requerida para la bomba en cuestión es de 35 m<sup>3</sup>/día lo que equivale a 0,02 m<sup>3</sup>/min.

#### 2.1.1 Pérdida de carga.

La bomba deberá tener como mínimo una altura HB de 3,5 metros.

$$HB = \Delta Z + \Delta h$$

Donde

HB: altura requerida para bomba en unidades de m.c.a

$\Delta Z$ : altura total del reactor.

$\Delta h$ : pérdida de carga longitudinal y por accesorios.

Para este caso por facilidad de calculo y por criterio de ingeniería se ha optado por escoger un valor mayor de perdida de carga con lo anterior se tendrá seguridad del equipo a instalar.

La bomba seleccionada para la recirculación es la HCP modelo F-21U. Con la figura 1 se puede corroborar que cumple.

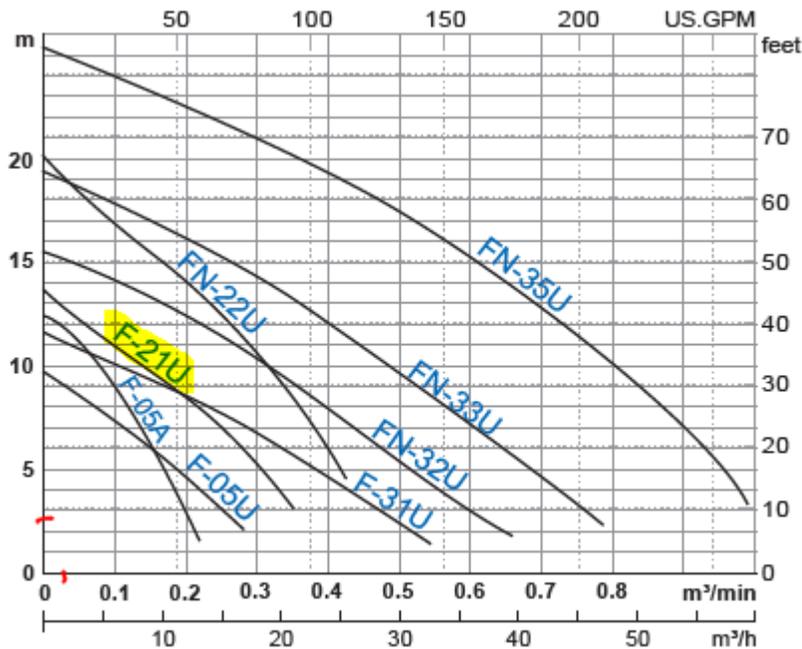


Figura 1 Curva de caudal y columna de agua bomba HCP.

## 2.2. Bombas en módulo de membranas: permeado y autolavado.

Para la selección de la bomba a utilizar en el permeado y autolavado se debe tener en cuenta la presión transmembrana de la misma, para el caso de la membrana BT-20 dicha presión es de 80 KPA. Adicional a esta presión se deben tomar en cuenta perdidas longitudinales y por accesorios.

El tanque de nitrificación tiene un tiempo de retención de 1,5 días y un volumen líquido de 23 m<sup>3</sup>. Se diseñará partiendo que la bomba deberá bombear 7,67 m<sup>3</sup> de agua en el reactor de nitrificación cada 12 horas completando el tiempo de retención de 1,5 días

Por lo anterior el caudal de bombeo necesario por minutos es de 0,01 m<sup>3</sup>/min. Por otro lado 80 KPA equivalen aproximadamente a 8,16 m.c.a a lo que sería necesario agregar las perdidas por longitud y accesorios a lo cual se emite un valor de 11 m.c.a incluyendo factor de seguridad.

La bomba para el modulo de membranas tanto para permeado como retrolavado es la HCP modelo F-21U misma que se utiliza en la recirculación.



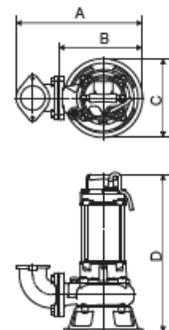
F-05U / 21U

Figura 2 Bomba HCP. Figura 3 Datos tecnicos bomba HCP.

### PERFORMANCE SPECS.

Note: Weight Without Cable & Elbow Set.

	Model	Output HP(kW)	Discharge Inch(mm)	Phase Ø	Start Method	Standard		Solid Passage mm(inch)	Weight kg(lb)		Dimensions mm				
						m-m <sup>3</sup> /min	ft-GPM		1Ø	3Ø	A	B	C	D	
														1Ø	3Ø
U Type	F-05A	0.5 (0.4)	2" (50)	1	Capacitor	8-0.1	25-26	10(1/4")	12(26)	-	225	-	161	349	-
	F-05U	0.5 (0.4)	2" (50)	1/3	Capacitor Direct	5.5-0.15	18-40	35(1 1/4")	16(35)	15(33)	237	-	154	425	425
	F-21U	1 (0.75)	2" (50)	1/3	Capacitor Direct	8-0.2	25-52	35(1 1/4")	17(37)	16(35)	237	-	154	425	425
	F-31U	1 (0.75)	3" (80)	1/3	Capacitor Direct	6-0.3	20-80	30(1 1/4")	18(40)	17(37)	278	-	173	456	456
	FN-22U	2 (1.5)	2" (50)	1/3	Capacitor Direct	14-0.2	46-55	35(1 1/4")	30(66)	25(55)	288	-	202	546	477
	FN-32U	2 (1.5)	3" (80)	1/3	Capacitor Direct	8-0.4	26-105	50(2")	32(71)	28(62)	402	260	202	588	519
	FN-33U	3 (2.2)	3" (80)	1/3	Capacitor Direct	12-0.4	40-105	50(2")	35(77)	30(66)	402	260	202	600	519
FN-35U	5 (3.7)	3" (80)	3	Direct	17-0.5	56-132	50(2")	-	33(73)	453	260	202	-	539	
P Type	F-21P	1 (0.75)	2" (50)	1/3	Capacitor Direct	9-0.2	30-52	22(7/8")	18(40)	17(37)	276	-	235	459	459
	FN-32P	2 (1.5)	3" (80)	1/3	Capacitor Direct	8-0.6	26-160	35(1 1/4")	34(75)	30(66)	417	275	260	590	521
	FN-33P	3 (2.2)	3" (80)	1/3	Capacitor Direct	12-0.6	40-160	35(1 1/4")	37(82)	32(71)	417	275	260	602	521
	FN-35P	5 (3.7)	3" (80)	3	Direct	18.5-0.6	61-160	35(1 1/4")	-	35(77)	468	275	260	-	541



### 2.3 Equipo de aireación / casa de venta: PedroGill España.

Para la selección del equipo de aireación fue necesario calcular la cantidad de oxígeno en cada proceso como se muestra en el anexo III, además de la potencia requerida.

Para el presente diseño se tomo como partida la cantidad de aire necesaria en el reactor de remoción de materia carbonosa #2 ya que es el que tiene necesidades muy altas de oxígeno.

<b>SOPLADOR m3/min</b>	
DBO a remov mg/l	10071,7
Yo (kg/dia) DBO alimento	151,1
Eficiencia	93%
DBO remover (kg/dia)	140,8917694
Aire Requerido (m3/kg)	150
Aire Requerido (cfm)	518,24
Caudal de aire (l/min/m3)	197,31
Recirculacion (cfm)	0,37
Porcentaje extra de aire (FS)	15%
Total de aire req. (cfm) FS:1,3	596,82

*Tabla 1 oxigeno necesario en el proceso.*

Como se puede observar la cantidad de aire requerido es de 596,82 cfm lo que equivale a 16,90 m3/min. De acuerdo a la ficha técnica el solador tiene una capacidad de aspirado de 21,02 m3/min lo que indica que cumple.

La potencia necesaria del equipo es de 15 Kw por lo que el modelo PG-30-F2 RNT-32.20 PRESION DN-100 cumple con los requerimientos.

CONDICIONES DE SERVICIO

FLUIDO A VEHICULAR : EXENTO DE ACEITE		: AIRE
PESO ESPECIFICO	kg/m3	: 1,171
CAUDAL ASPIRADO	m3/min	: 21,02
CAUDAL ASPIRADO	m3/h	: 1261,2
CAUDAL ASPIRADO	Nm3/h	: 1143
PRESION DE ASPIRACION	bar(A)	: ,973 (.973)
TEMPERATURA DE ASPIRACION	°C	: 20
PRESION IMPULSION	bar(A)	: 1,273
DIFERENCIA DE PRESION	bar(A)	: 0,30
TEMPERATURA FINAL	°C	: 48
VELOCIDAD MAX. SOPLANTE	rpm	: 4800
VELOCIDAD DEL SOPLANTE	rpm	: 4083
VELOCIDAD DEL MOTOR	rpm	: 2940
POTENCIA ABSORBIDA MECANICA	kW	: 15,63
POTENCIA DEL MOTOR	kW	: 18,5
MARCA DEL MOTOR		: DIMOTOR S.A.
DATOS TECNICOS DEL MOTOR	kW	: IP 55/60 Hz
FACTOR INERCIA DE LA SOPLANTE	kgm2	: ,33
DIAMETRO NOMINAL DE LA SOPLANTE	DN	: 100
RUIDO CON CABINA en campo abierto a 1m de distancia +/-2 dB(A)		: 74
RUIDO SIN CABINA en campo abierto a 1m de distancia +/-2 dB(A)		: 92
TOLERANCIA DEL CAUDAL ASPIRADO Y LA POTENCIA ABSORBIDA + - 5 %		
ALTURA	m	: 88
HUMEDAD RELATIVA (%)		: 70

*Tabla 2 Datos técnicos blower.*

## 2.4. Mezclador tanque desnitrificación

Para el diseño del mezclador se ha tomado como base de cálculo lo recomendado por el libro Biofilm reactor de la institución Water Environment Federation WEF en el volumen #35 pagina 231 apartado 3.2. El autor indica que se requieren entre 25 a 35 W/m<sup>3</sup> para mantener en movimiento el lecho móvil.

El volumen del reactor anoxico es de 9,10 m<sup>3</sup> por lo que se requieren 318,50 WATTS lo que equivale a 0,31 Kw. El modelo seleccionado para el presente diseño es el MX-gi 21.08.4 y las características técnicas del mismo se encuentran en la figura.... Lo que demuestra que cumple o requerimientos.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS \_ CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

TIPO TYPE	VELOCIDAD VITESSE (50 Hz)	POTENCIA NOMINAL P2 PUISSANCE NOMINALE P2	POTENCIA ABSORBIDA P1 PUISSANCE ABSORBEE P1	PESO POIDS	CANTIDAD DE PALETAS NOMBRE DE PALES	HÉLICE Ø HELICE Ø	CORRIENTE NOMINAL COURANT NOMINAL	EMPUJE DE REACCION POUSSEE DE REACTION
	revoluciones/min tours/min	kW	kW	kg	-	mm	A (400 V)	N
→ MX-gi 21.08.4	1460	0,75	1,3	38	2	210	3,9	150
MX-gi 21.15.4	1420	1,5	2,2	40	2	210	4,2	250
MX-gi 30.20.6	950	2,0	2,6	48	3	300	5,6	380
MX-gi 30.25.6	950	2,5	3,0	51	3	300	7,0	400
MX-gi 40.20.8	730	2,0	2,9	132	3	400	6,5	610
MX-gi 40.30.8	725	3,0	3,9	141	3	400	8,5	740
MX-gi 40.40.8	730	4,0	5,1	147	3	400	12,7	830
MX-gi 60.51.12	461	7,5	9,3	240	3	600	18,6	1040
MX-gi 60.70.12	461	7,5	9,3	240	3	600	18,6	1500
MX-gi 60.93.12	475	12	13,2	240	3	600	28,4	1850
MX-gi 60.142.10	549	12	14,0	275	3	600	26,5	2275
MX-ii 21.08.4	1440	0,75	0,95	40	2	210	2,0	150
MX-ii 21.15.4	1440	1,5	1,8	44	2	210	3,8	250
MX-ii 19.24.4	1382	2,3	2,6	46	3	197	4,4	275
MX-ii 30.23.6	931	2,3	2,7	50	2	300	5	300
MX-ii 30.34.6	931	3,2	3,7	65	3	300	6,9	320
MX-ii 37.13.8	696	2	2,5	68	3	370	5,1	385
MX-ii 40.22.8	696	2,5	3,1	114	3	400	6,2	420
MX-ii 40.33.8	701	3,7	4,5	114	3	400	8,9	650
MX-ii 40.43.8	706	5,2	6,2	125	3	400	12,1	780
MX-ii 60.51.12	461	7,5	9,3	245	3	600	18,6	1040
MX-ii 60.70.12	461	7,5	9,3	245	3	600	18,6	1500
MX-ii 60.93.12	475	12	13,2	245	3	600	28,4	1850
MX-ii 60.142.10*	549	12	14,0	280	3	600	26,5	2275

\* con anillo transportador • avec un concentrateur de flux

Tabla 3 Datos técnicos mezclador.

**ANEXO VI**  
**PRESUPUESTO**

## Contenido

1. Equipo de protección individual, colectiva, de la obra y contra COVID-19.....	3
2. Preliminares .....	5
3. Tratamiento primario .....	5
4. Reactores MBBR y módulo de membranas MF .....	6
5. Equipamiento electromecánico.....	10
6. Caseta operación y arqueta toma muestras.....	11
7. Mano de obra y total costos directos. ....	11
8. Consultorías y equipo general. ....	12
9. Costo final, utilidades, IVA.....	13
10. Resumen presupuesto.....	13

## 1. Equipo de protección individual, colectiva, de la obra y contra COVID-19

1. OBRAS PRELIMINARES A INICIOS DE CONSTRUCCIÓN Y ENTRADA DE PERSONAL										
CÓDIGO	ITEM	CANT.	UN	PRECIO UNITARIO			PRECIO TOTAL			COSTO TOTAL
				Material	MO	SUB	Material	MO	SUB	
1.1	SEGURIDAD Y SALUD									
1.1.1	EQUIPOS PROTEC INDIVIDUAL									
1.1.1.1	cinturon de seguridad	12	un	23,51 €			282,12 €			282,12 €
1.1.1.2	cinta flexible	12	un	12,45 €			149,40 €			149,40 €
1.1.1.3	arnes anticaida	12	un	29,21 €			350,52 €			350,52 €
1.1.1.4	mono de trabajo 1 pieza	12	un	14,52 €			174,24 €			174,24 €
1.1.1.5	casco estandar contra golpes UNE-EN 812	15	un	2,38 €			35,70 €			35,70 €
1.1.1.6	pantalla soldadura	5	un	5,05 €			25,25 €			25,25 €
1.1.1.7	pantalla facial	5	un	1,58 €			7,90 €			7,90 €
1.1.1.8	gafa protectora UVA antirayp	15	un	6,99 €			104,85 €			104,85 €
1.1.1.9	guantes uso general lona	36	un	2,02 €			72,72 €			72,72 €
1.1.1.10	guantes soladadura cerraje vacuno	1	un	3,75 €			3,75 €			3,75 €
1.1.1.11	guantes dielectricos	3	un	51,43 €			154,29 €			154,29 €
1.1.1.12	Botas trabajos día a día	12	un	9,41 €			112,92 €			112,92 €
1.1.1.13	bota trabajo electricos	3	un	10,99 €			32,97 €			32,97 €
1.1.1.14	zapatos de seguridad	12	un	17,63 €			211,56 €			211,56 €
1.1.1.15	Tapon auricular ruido	24	un	3,01 €			72,24 €			72,24 €
1.1.1.16	maskarilla polvo doble filtro	12	un	9,36 €			112,32 €			112,32 €
1.1.1.17	filtro maskarilla	24	un	2,93 €			70,32 €			70,32 €
1.1.2	EQUIPOS PROTEC COLECTIVA									
1.1.2.1	Proteccion excavacion barra horizontal superior corrugada de acero UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro	23,33	un	4,36 €			101,73 €			101,73 €
1.1.2.2	señal advertencia	2,00	un	13,74 €			27,48 €			27,48 €
1.1.2.3	señal ALTO	2,00	un	13,74 €			27,48 €			27,48 €
1.1.2.4	señal indicación	2,00	un	13,74 €			27,48 €			27,48 €
1.1.2.5	Otras señales	1,00	global	150,00 €			150,00 €			150,00 €

1.1.3	<b>HIGIENE Y BIENESTAR</b>								
1.1.3.1	caseta contenedor alquiler oficinas 3x2,45 m	3,00	mes	74,70 €			224,10 €		224,10 €
1.1.3.2	caseta contenedor alquiler bodega 6x2,40 m	3,00	mes	110,82 €			332,46 €		332,46 €
1.1.3.3	transporte de caseta a sitio	2,00	un	221,45 €			442,90 €		442,90 €
1.1.3.4	equipamiento casetas	2,00	glo	120,00 €			240,00 €		240,00 €
1.1.3.5	Sanitarios y lavados	3,00	un	200,00 €			600,00 €		600,00 €
1.1.4	<b>COVID 19</b>								
1.1.4.1	caja mascarillas 100 unidadesUNE - EN-14683	3,00	cajas	66,00 €			198,00 €		198,00 €
1.1.4.2	bote de gel 1 litros	5,00	un	10,99 €			54,95 €		54,95 €
1.1.4.3	señalización	1,00	gl	50,00 €			50,00 €		50,00 €
1.1.4.4	estaciones de higiene COVID 19 60x60x160	3,00	un	149,00 €			447,00 €		447,00 €
1.1.4.5	garrafa gel 20 litros	5,00	un	95,90 €			479,50 €		479,50 €
1.1.4.6	desinfeccion superficie obra	100,00	m2	5,00 €			500,00 €		500,00 €
							0,00 €		0,00 €
	<b>SUBTOTAL ACTIVIDAD</b>						<b>5 876,15 €</b>		<b>5 876,15 €</b>
	<b>SUBTOTAL ACUMULADO</b>						<b>5 876,15 €</b>		<b>5 876,15 €</b>

## 2. Preliminares

2. PRELIMINARES A CONSTRUCCIÓN OBRA										
CÓDIGO	ITEM	CANT.	UN	PRECIO UNITARIO			PRECIO TOTAL			COSTO TOTAL
				Material	MO	SUB	Material	MO	SUB	
2.1	TRABAJOS PREVIOS A OBRA									
2.1.1	desbroce y limpieza	16,00	hora			57,23 €	0,00 €		915,68 €	915,68 €
2.1.2	Demarcación	1,00		250,00 €			250,00 €		0,00 €	250,00 €
2.1.3	Bote de material en relleno autorizado	123,00	m3			42,00 €	0,00 €		5 166,00 €	5 166,00 €
2.1.4	Canon para entrega a gestor material de bote	123,00	m3			2,50 €	0,00 €		307,50 €	307,50 €
2.1.5	Relleno de EDARI misma tierra	117,00	m3			7,23 €	0,00 €		845,91 €	845,91 €
2.1.6	viaje excavadora a sitio ida y vuelta	4,00	hora			42,00 €	0,00 €		168,00 €	168,00 €
2.1.7	Excavacion 4 días	32,00	hora			45,00 €	0,00 €		1 440,00 €	1 440,00 €
2.1.8	Compactación excavacion 80 kg de peso	16,00	hora			4,00 €	0,00 €		64,00 €	64,00 €
2.1.9	agua para obras	1,00	gl			2 500,00 €	0,00 €		2 500,00 €	2 500,00 €
	SUBTOTAL ACTIVIDAD						250,00 €		11 407,09 €	11 657,09 €
	SUBTOTAL ACUMULADO						6 126,15 €		11 407,09 €	17 533,24 €

## 3. Tratamiento primario

3. TRATAMIENTO PRIMARIO										
CÓDIGO	ITEM	CANT.	UN	PRECIO UNITARIO			PRECIO TOTAL			COSTO TOTAL
				Material	MO	SUB	Material	MO	SUB	
3.1	Tamiz tornillo REMOSA 20 m3/dia	1,00	un	5 244,85 €			5 244,85 €			5 244,85 €
3.3	Dosificador acido acetico	1,00	un	1 500,00 €			1 500,00 €			1 500,00 €
	SUBTOTAL ACTIVIDAD						6 744,85 €			6 744,85 €
	SUBTOTAL ACUMULADO						12 621,00 €		11 407,09 €	24 278,09 €

#### 4. Reactores MBBR y módulo de membranas MF

4. MBBR - MBR REACTORES										
CÓDIGO	ITEM	CANT.	UN	PRECIO UNITARIO			PRECIO TOTAL			COSTO TOTAL
				Material	MO	SUB	Material	MO	SUB	
4.1	TANQUE ANOXICO									
4.1.1	hormigon clase IIA con resis de 30N/mm2	3,93	m3	82,65 €			324,45 €		0,00 €	324,45 €
4.1.2	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elabor	448,00	kg	1,22 €			546,56 €		0,00 €	546,56 €
4.1.3	enconfrado muro doble cara altura entre 2,6 y 3,9 incluye desecofrado, limpieza y almacenamiento	26,04	m2			28,00 €	0,00 €		729,12 €	729,12 €
4.1.4	impermeabilizante SIKA 5KG	11,78	cubeta	9,95 €			117,18 €		0,00 €	117,18 €
4.1.5	water stop SIKA WURT	8,60	ml	6,69 €			57,53 €		0,00 €	57,53 €
4.1.6	tapas de registro losa superior	2,00	un			100,00 €	0,00 €		200,00 €	200,00 €
4.1.7	carriers c-2 biofil	4,60	m3	350,00 €			1 610,00 €		0,00 €	1 610,00 €
4.1.9	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro	100,00	kg	1,10 €			110,00 €		0,00 €	110,00 €

4.1.2	TANQUE DQO 1									
4.1.2.1	hormigon clase IIA con resis de 30N/mm2	20,10	m3	82,65 €			1 660,99 €		0,00 €	1 660,99 €
4.1.2.2	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elabor	2 240,00	kg	1,22 €			2 732,80 €		0,00 €	2 732,80 €
4.1.2.3	enconfrado muro doble cara altura entre 2,6 y 3,9 incluye desecofrado, limpieza y almacenamiento	129,79	m2			28,00 €	0,00 €		3 634,20 €	3 634,20 €
4.1.2.4	impermeabilizante SIKA 5KG	60,29	cubeta	9,95 €			599,89 €		0,00 €	599,89 €
4.1.2.5	water stop	25,61	ml	6,69 €			171,31 €		0,00 €	171,31 €
4.1.2.6	tapas de registro losa superior	4,00	unidad			100,00 €	0,00 €		400,00 €	400,00 €
4.1.2.7	carriers c-2 biofil	47,50	m3	350,00 €			16 625,00 €		0,00 €	16 625,00 €
4.1.2.8	difusor burbuja fina	15,00	unidad	38,72 €			580,80 €		0,00 €	580,80 €
4.1.2.9	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 50 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 3,7 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 50% en concepto de accesorios y piezas especiales.	100,00	ml	44,00 €			4 400,00 €		0,00 €	4 400,00 €

4.1.3	TANQUE DQO 2									
4.1.3.1	hormigon clase IIA con resis de 30N/mm2	2,37	m3	82,65 €			195,88 €		0,00 €	195,88 €
4.1.3.2	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elabor	280,00	kg	1,22 €			341,60 €		0,00 €	341,60 €
4.1.3.3	enconfrado muro doble cara altura entre 2,6 y 3,9 incluye desecofrado, limpieza y almacenamiento	15,80	m2			28,00 €	0,00 €		442,40 €	442,40 €
4.1.3.4	impermeabilizante SIKA 5 KG	7,11	cubeta	9,95 €			70,74 €		0,00 €	70,74 €
4.1.3.5	water stop	5,80	ml	6,69 €			38,80 €		0,00 €	38,80 €
4.1.3.6	tapas de registro losa superior	2,00	unidad			100,00 €	0,00 €		200,00 €	200,00 €
4.1.3.7	carriers c-2 biofil	1,30	m3	350,00 €			455,00 €		0,00 €	455,00 €
4.1.3.8	difusor burbuja fina	3,00	unidad	38,72 €			116,16 €		0,00 €	116,16 €
4.1.3.9	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 50 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 3,7 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 50% en concepto de accesorios y piezas especiales.	7,73	ml	44,00 €			340,12 €		0,00 €	340,12 €

4.1.4	<b>TANQUE NITRIFICACION</b>								
4.1.4.1	hormigon clase IIA con resis de 30N/mm2	7,94	m3	82,65 €			656,08 €	0,00 €	656,08 €
4.1.4.2	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elabor	896,00	kg	1,22 €			1 093,12 €	0,00 €	1 093,12 €
4.1.4.3	enconfrado muro doble cara altura entre 2,6 y 3,9 incluye desecofrado, limpieza y almacenamiento	51,52	m2			28,00 €	0,00 €	1 442,56 €	1 442,56 €
4.1.4.4	impermeabilizante SIKA 5KG	23,81	cubetas	9,95 €			236,95 €	0,00 €	236,95 €
4.1.4.5	water stop	14,00	un	6,69 €			93,66 €	0,00 €	93,66 €
4.1.4.6	tapas de registro losa superior	2,00	un			100,00 €	0,00 €	200,00 €	200,00 €
4.1.4.7	carriers c-2 biofil	12,00	m3	350,00 €			4 200,00 €	0,00 €	4 200,00 €
4.1.4.8	difusor burbuja fina	8,00	un	38,72 €			309,76 €	0,00 €	309,76 €
4.1.4.9	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 50 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 3,7 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 50% en concepto de accesorios y piezas especiales.	25,48	ml	44,00 €			1 120,90 €	0,00 €	1 120,90 €
4.1.5	<b>MBR</b>								
4.1.5.1	membranas BT - 20 MOTIMO	3,00	un	1 580,00 €			4 740,00 €	0,00 €	4 740,00 €
4.1.5.2	Rack HN para membrnas	1,00	un	600,00 €			600,00 €	0,00 €	600,00 €
4.1.5.3	tanque almacenamiento PEAD 5000L	1,00	UN	3 500,00 €			3 500,00 €	0,00 €	3 500,00 €
							0,00 €	0,00 €	0,00 €
4.1.5	<b>VARIOS</b>								
4.1.5.1	Camion concreto día de la chorrea	8,00	h			170,00 €	0,00 €	1 360,00 €	1 360,00 €
	<b>SUBTOTAL ACTIVIDAD</b>						<b>47 645,28 €</b>	<b>8 608,28 €</b>	<b>56 253,55 €</b>
	<b>SUBTOTAL ACUMULADO</b>						<b>60 516,28 €</b>	<b>20 015,37 €</b>	<b>80 531,65 €</b>

## 5. Equipamiento electromecánico.

4. INSTALACIÓN ELECTROMECANICA GENERAL / EQUIPO ELECTROMECANICO										
CÓDIGO	ITEM	CANT.	UN	PRECIO UNITARIO			PRECIO TOTAL			COSTO TOTAL
				Material	MO	SUB	Material	MO	SUB	
4.1	Blower soplador 55KW	1,00	un	12 636,64 €			12 636,64 €			12 636,64 €
4.2	Válvula limitadora de presión de latón, de 2" DN 50 mm de diámetro, presión máxima de entrada de 25 bar y presión de salida regulable entre 1 y 6 bar. Incluso manómetro, elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. <b>Control aire a cada reactor y airlift de nitrifi a desnit</b>	4,00	un	200,00 €			800,00 €			800,00 €
4.3	Agitar tanque anoxico	1,00	un	5 000,00 €			5 000,00 €			5 000,00 €
4.4	Panel de equipos	1,00	un	2 000,00 €			2 000,00 €			2 000,00 €
4.5	Panel de control (llega la acometida)	1,00	un	800,00 €			800,00 €			800,00 €
4.6	Tubo de acero galvanizado estirado sin soldadura, de 2" DN 50 mm de diámetro, según UNE 19048, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales. <b>(de soplador a nivel de agua de cada tanque)</b>	40,00	ml	18,00 €			720,00 €			720,00 €
4.7	Bomba para permeado y rechazo	2,00	un	230,00 €			460,00 €			460,00 €
4.8	Bomba recirculación NO3-	1,00	un	230,00 €			230,00 €			230,00 €
4.9	Válvula limitadora de presión de latón, de 1 1/2" DN 40 mm de diámetro, presión máxima de entrada de 15 bar y presión de salida regulable entre 0,5 y 4 bar. Incluso manómetro, elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.	6,00	un	131,85 €			791,10 €			791,10 €
	SUBTOTAL ACTIVIDAD						23 437,74 €	0,00 €		23 437,74 €
	SUBTOTAL ACUMULADO						84 208,02 €	20 015,37 €		104 223,39 €

## 6. Caseta operación y arqueta toma muestras

5. Caseta de operación y arqueta toma muestras										
CÓDIGO	ITEM	CANT.	UN	PRECIO UNITARIO			PRECIO TOTAL			COSTO TOTAL
				Material	Mano de Obra	Sub-contrato	Material	Mano de Obra	Sub-contrato	
5.1	Caseta de 3mx5,5m x 2,5 alto	1,00	gl	15 000,00 €			15 000,00 €			15 000,00 €
5.2	vertedero salida remosa	1,00	un	254,00 €			254,00 €		0,00 €	254,00 €
	SUBTOTAL ACTIVIDAD						15 254,00 €		0,00 €	15 254,00 €
	SUBTOTAL ACUMULADO						99 208,02 €		20 015,37 €	119 223,39 €

## 7. Mano de obra y total costos directos.

### MANO DE OBRA

	DIAS	H/DIA		
TIEMPO ESTIMADO	90,00	8,00		
Costos Directos	Cantidad	Sal.Min x Hora	Monto	Correspondiente
Maestro de Obra	1,00	22,00 €	15 840,00 €	
Operario A	2,00	19,00 €	27 360,00 €	
Operario B	2,00	18,00 €	25 920,00 €	
Peones	4,00	17,00 €	48 960,00 €	
guarda	0,00		0,00 €	
	<b>Sub total</b>		<b>118 080,00 €</b>	

<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>	<b>237 303,39 €</b>
---------------------------------	---------------------

## 8. Consultorías y equipo general.

### CONSULTORIAS

	cantidad	costo unitario	total
Ensayo sobre una muestra de barras corrugadas de acero de un mismo lote, con determinación de: sección media equivalente, características geométricas del corrugado, doblado/desdoblado	3,00	82,30 €	246,90 €
Ensayo sobre una muestra de hormigón con D.O.R. con determinación de: consistencia del hormigón fresco mediante el método de asentamiento del cono de Abrams y resistencia característica a compresión del hormigón endurecido mediante control estadístico con fabricación de dos probetas, curado, refrentado y rotura a compresión.	8,00	30,00 €	240,00 €
Ensayo sobre una muestra de cemento, con determinación de: tiempo de fraguado, contenido de cloruros.	4,00	108,00 €	432,00 €
SUBTOTAL			918,90 €

### EQUIPO GENERAL

	Cant	costo un	costo total
Herramientas ( percusores, de corte, etc)	1,00	500,00 €	500,00 €
Equipo Menor ( picar, acabados)	1,00	500,00 €	500,00 €
SUBTOTAL			1 000,00 €

### **TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS**

**1 918,90 €**

## 9. Costo final, utilidades, IVA.

<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>238 968,29 €</b>
IMPREVISTOS	✓	0,10	✓	23 896,83 €
GASTOS SOBRE EL PRESUPUESTO	✓	0,13	✓	31 065,88 €
BENEFICIO INDUSTRIAL	✓	0,06	✓	14 338,10 €
MONTO DE OFERTA			✓	308 269,09 €
<b>MONTO CERRADO</b>				<b>308 269,09 €</b>
IVA ESPAÑA	✓	0,21	✓	64 736,51 €
<b>TOTAL FINAL</b>				<b>373 005,60 €</b>

## 10. Resumen presupuesto.

Concepto	Costo total
Seguridad / Protección ind y colec./ Covid 19	<b>5 876,15 €</b>
Preliminar a construcción	<b>11 657,09 €</b>
Tratamiento primario	<b>6 744,85 €</b>
Reactores MBBR y modulo MBR	<b>56 253,55 €</b>
Sistema electromecánico	<b>23 437,74 €</b>
Vertedero de salida	<b>254,00 €</b>
Caseta operación y paneles bombas, mixer	<b>15 000,00 €</b>
Mano de obra	<b>118 080,00 €</b>
Consultorías	<b>1 918,90 €</b>
Utilidad, imprevistos	<b>69 374,46 €</b>
IVA 21%	<b>64 805,32 €</b>
<b>TOTAL FINAL</b>	<b>373 005,60 €</b>

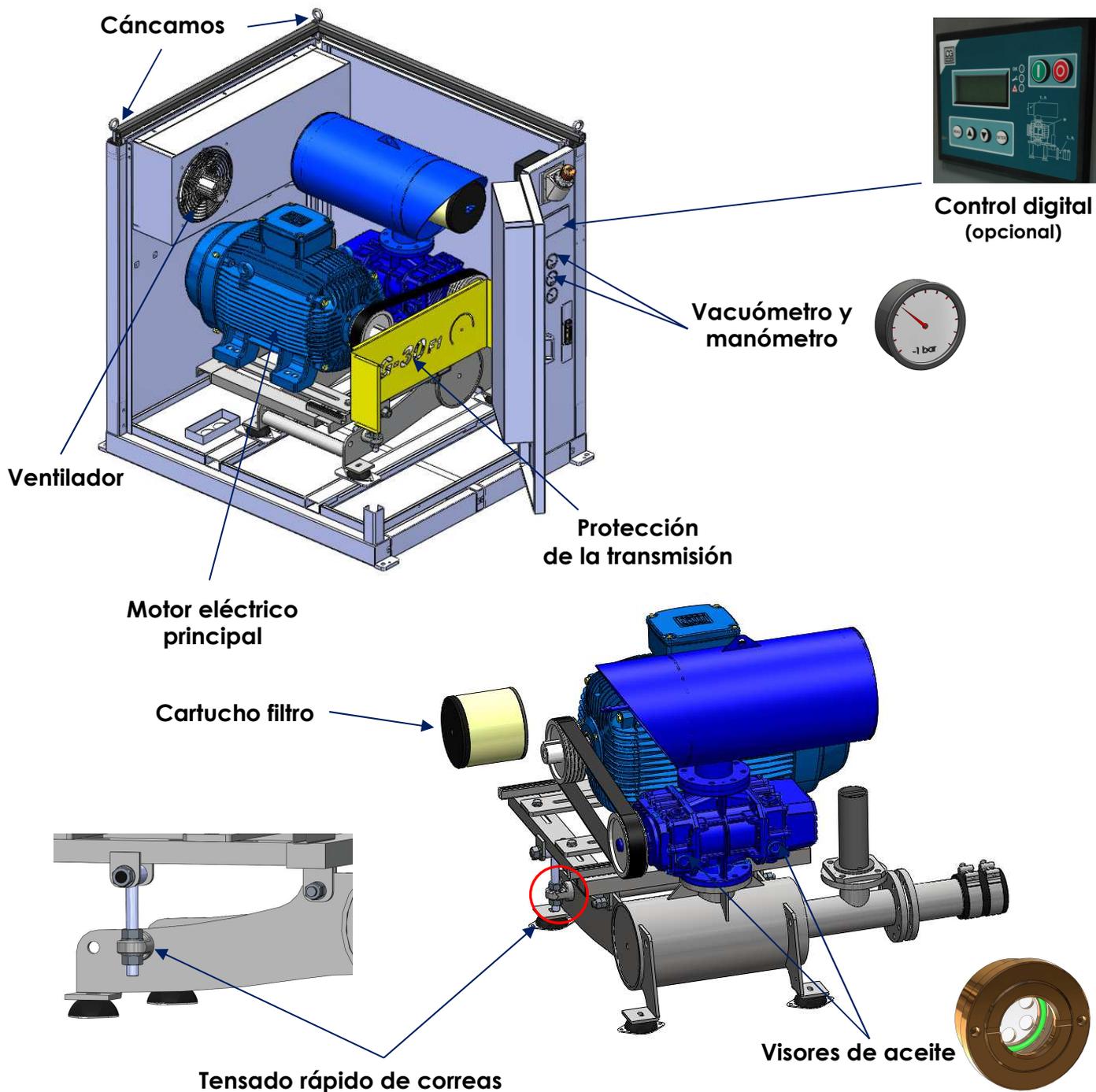
**ANEXO IV**  
**FICHAS TECNICAS DE EQUIPOS A UTILIZAR**

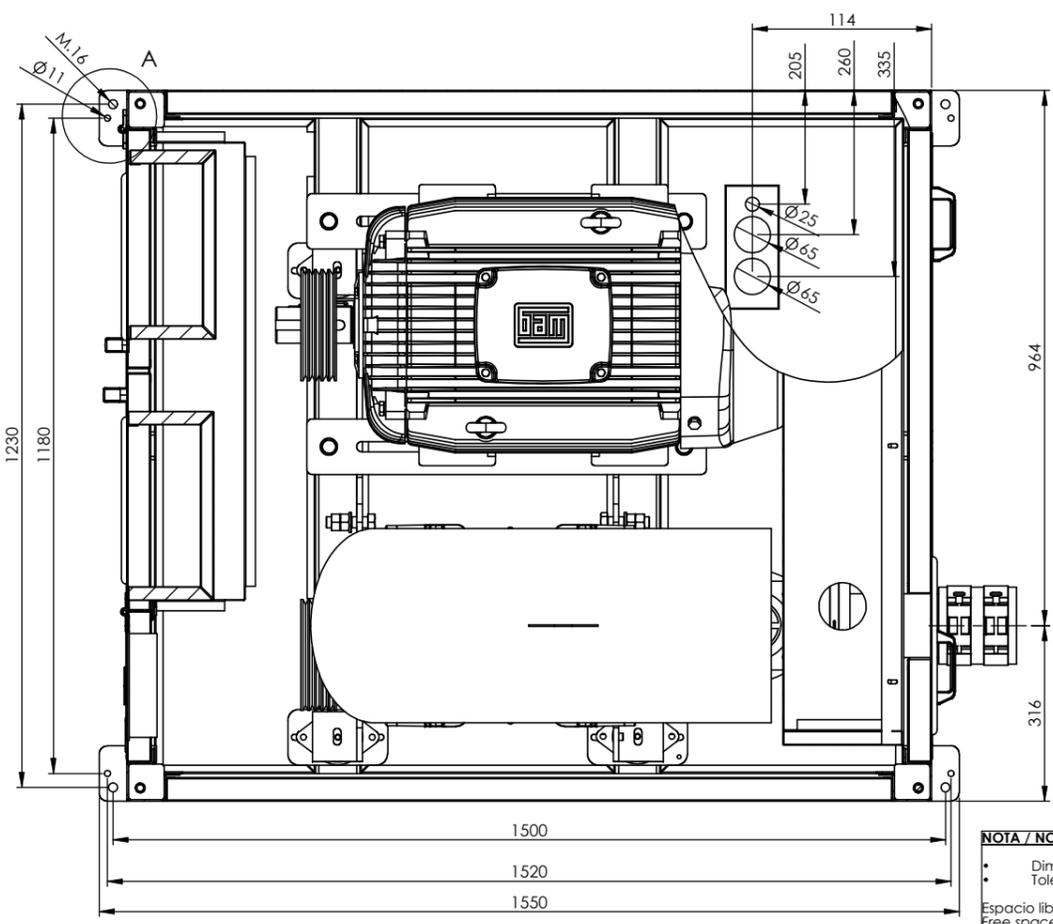
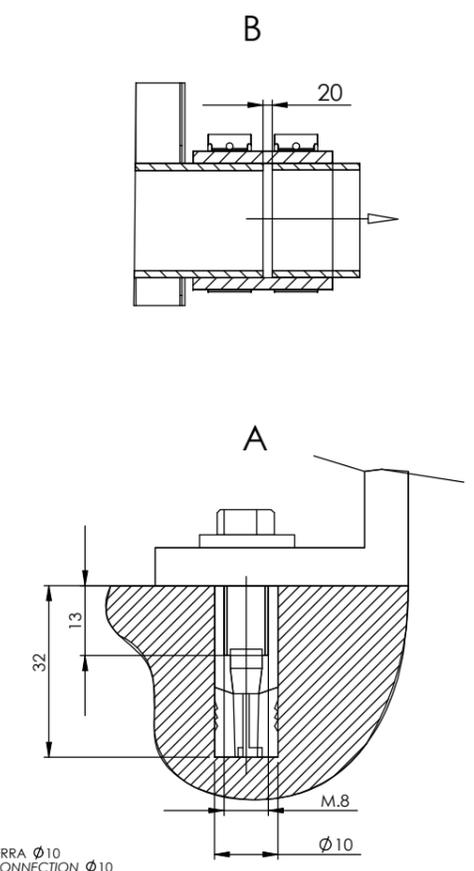
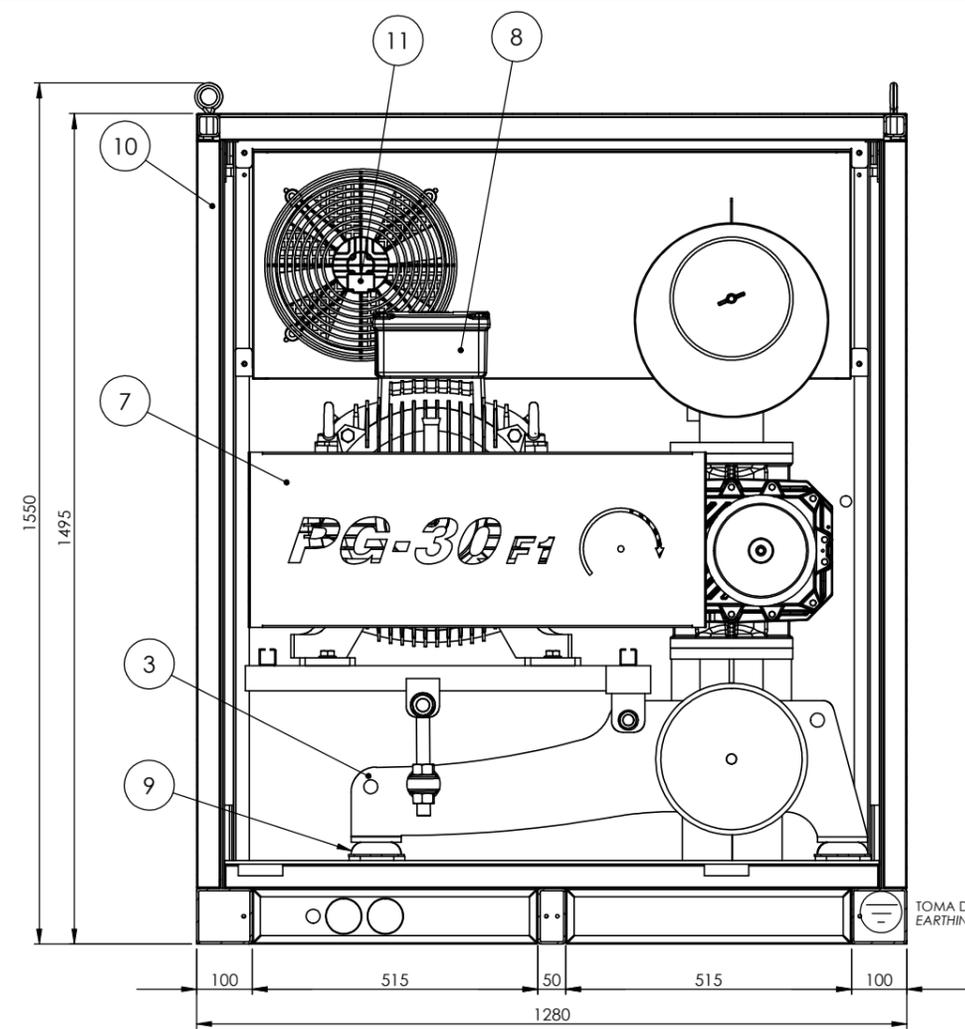
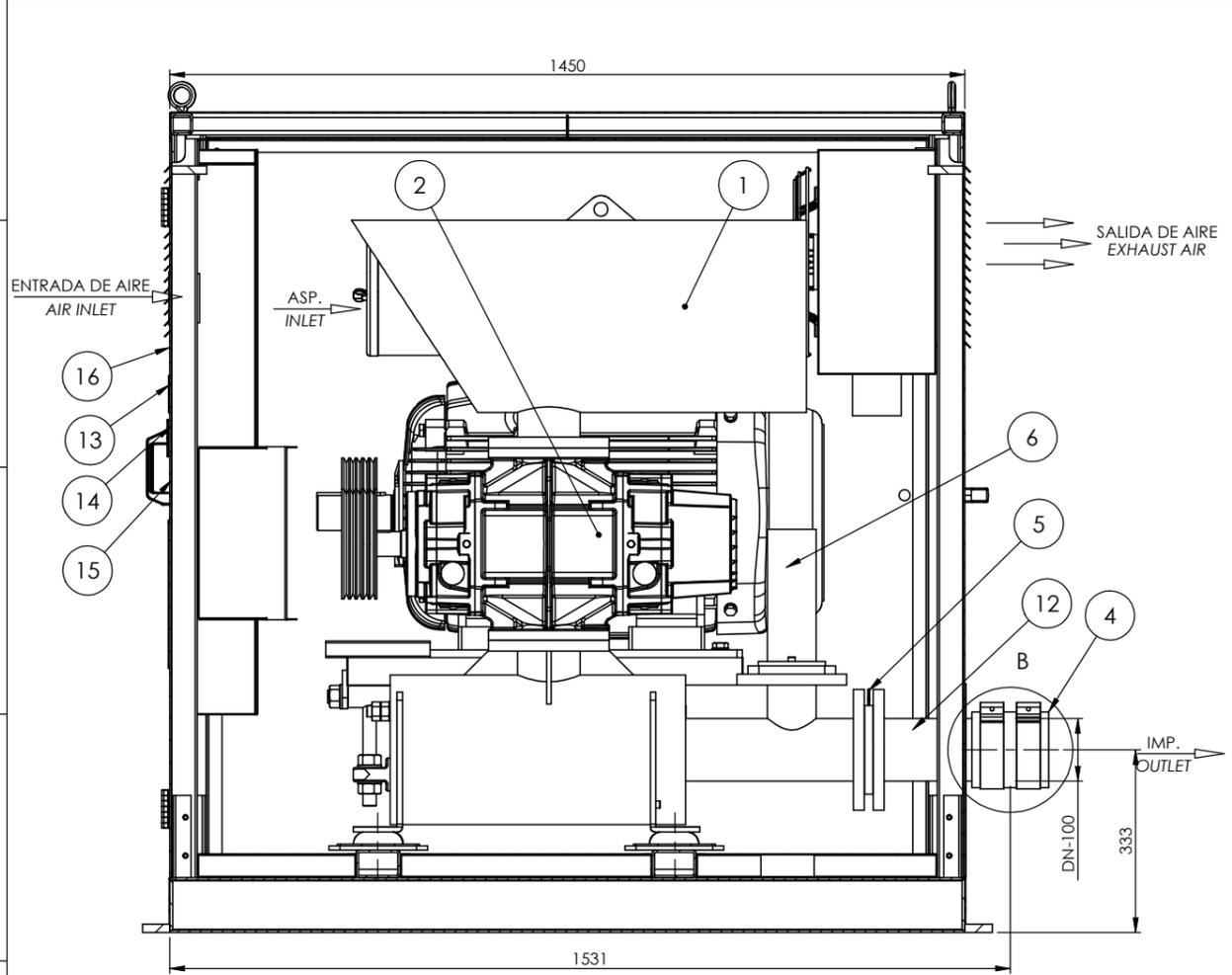
## Contenido

Información técnica soplador.....	3
Información técnica bomba sumergible HCP. ....	5
Información técnica mixer MX-GI.....	7
Información técnica carriers C-2. ....	10
Información técnica membranas MF BT-20. ....	11
Información técnica difusores Eco-320. ....	12
Información técnica tamiz rotativo. ....	13
Información técnica arqueta toma de muestras. ....	14

Elementos que incluyen los grupos PG-30-F2:

- 1- **Motor eléctrico.**
- 2- **Ventilador.** Refrigeración del grupo soplante.
- 3- **Protección de la transmisión.**
- 4- **Cáncamos.** Para la elevación de todo el conjunto.
- 5- **Manómetro y vacuómetro.**
- 6- **Control digital:** control de alarmas i estado del grupo.
- 7- **Cartucho del filtro.** De rápida y fácil extracción.
- 8- **Tensado de correas:** Cambio y tensado rápido de correas.



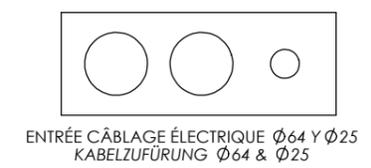
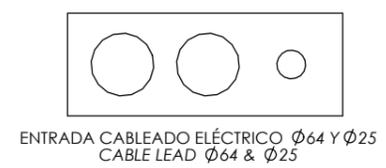


- 1.- FILTRO DE ASPIRACIÓN / AIR FILTER
- 2.- SOPLANTE / BLOWER
- 3.- SILENCIADOR BANCADA / BASE SILENCER
- 4.- MANGUITO / RUBBER SLEEVE
- 5.- VÁLVULA DE RETENCIÓN DN-100 / NON-RETURN VALVE DN-100
- 6.- VÁLVULA DE SEGURIDAD DN-80 / RELIEF VALVE DN-80
- 7.- PROTECCIÓN TRANSMISIÓN / PROTECTION GUARD
- 8.- MOTOR ELÉCTRICO / ELECTRIC MOTOR
- 9.- PIES ELÁSTICOS / FLEXIBLE MACHINE FEET
- 10.- CABINA INSONORIZACIÓN / ACOUSTIC ENCLOSURE
- 11.- VENTILADOR ELÉCTRICO / ELECTRIC FAN SODECA HEP-31-2T
- 12.- TUBO BRIDA / CONNECTING PIPE WITH FLANGE
- 13.- MANÓMETRO / PRESSURE GAUGE
- 14.- VACUOMETRO / VACUUM GAUGE
- 15.- TERMOMETRO (OPCIONAL) / TERMOMETER (OPTIONAL)
- 16.- PANEL DE CONTROL ELECTRÓNICO (OPCIONAL) / ELECTRONIC PANEL (OPTIONAL)

- 1.- FILTRE À AIR / ANSAUGSCHALLDÄMPFER - LUFTFILTER
- 2.- SURPRESSEUR / GEBLÄSE
- 3.- SOCLE-SILENCIEUX / GRUNDRAHMEN - SCHALLDÄMPFER
- 4.- MANCHETTE SOUPLE / GUMMI MANSCHETTE
- 5.- CLAPET ANTI-RETOUR DN-100 / RÜCKSCHLAGKLAPPE DN-100
- 6.- SOUPEPE DE SÉCURITÉ DN-80 / SICHERHEITSVENTIL DN-80
- 7.- CARTER DE TRANSMISSION / KEILRIEMEN - SCHUTZGITTER
- 8.- MOTEUR ÉLECTRIQUE / E-MOTOR
- 9.- PLOTS ANTI-VIBRATOIRES / SCHWINGUNGSDÄMPFER
- 10.- CAPOT D'INSONORISATION / SCHALLHAUBE
- 11.- VENTILATEUR ÉLECTRIQUE SODECA HEP-31-2T / VENTILATOR
- 12.- EMBOUT LISSE / DRUCKROHR ANSCHLUSS
- 13.- MANOMETER / MANOMETER
- 14.- VIDE / VAKUUM
- 15.- THERMOMETRE (FACULTATIF) / THERMOMETER (OPTIONAL)
- 16.- PANNEAU DE CONTRÔLE (FACULTATIF) / CONTROL PANEL (OPTIONAL)

Peso grupo s/Motor / Weight group without Motor: 420Kg  
 Peso Cabina / Weight Enclosure: 250Kg

Poids Groupe s/Moteur / Last Gruppe s/mot: 420 Kg  
 Poids Cabine / Last Kabine: 250Kg



**NOTA / NOTE:**  
 • Dimensiones en mm / Dimensions are in mm  
 • Tolerancia General ±10mm / General tolerance ±10mm  
 Espacio libre para mantenimiento desde cara frontal 800mm  
 Free space for maintenance work at front side of unit 800mm min.

**NOTA / NOTE:**  
 • Dimensionen en mm / Abmessungen mm  
 • Tolerance General ±10mm / Allgemeine Toleranz ±10mm  
 Espace minimal pour maintien travailler depuis le fronteau de la machine 800mm  
 Free space for maintenance work at front side of unit 800mm min.

E	-	-	-	
D	-	-	-	
C	-	-	-	
B	-	-	-	
A	Change M18 for M16	V.R.L.	03/06/19	
Rev	Descripción	Nombre	Fecha	
Rev	Description	Name	Date	
SOPLANTE DE ÉMBOLOS ROTATIVOS ROTARY PISTON BLOWER <b>GRUPO PG-30-F2 RNT-32.20 PRESIÓN DN-100</b> <b>PRESSURE GROUP PG-30-F2 RNT-32.20 DN-100</b>				
	Nombre	Fecha	Escala:	Hoja 1 de 1 Sheet 1 of 1 Nº Plano No Drawing <b>165.007</b>
	Name	Date	Scale:	
Dibujado	V.R.L.	06/06/18	1:9	
Drawn				
Revisado	-	-	DIN A2	
Revised				



## ACCESSORIES : ELBOW / GRS-GUIDE RAIL SYSTEMS

Pump can be installed with 90° Elbow with Flange outlet or GRS quick coupling system, for quick and safer for installation, removal, replacement and maintenance purpose.



## PRODUCT FEATURES



**Epoxy Cable Base**

An epoxy resin seal cable base prevents moisture from entering the motor through the core wires.



**Double Mechanical Seals**

Superior abrasion resistant mechanical seal manufactured with silicon carbide to ensure the best seal effect.



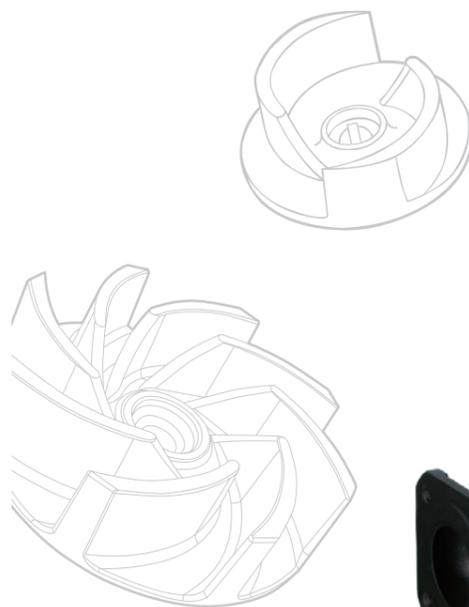
**Auto-cut Protector**

Automatic On/Off motor protector to prevent motor burn out due to high temperature and excess amperage draw.



**High Efficiency Dry Motors**

All stator coils need to be treated with insulating varnish procedure to achieving the best insulation, efficiency and durability.



**F/FN** **60Hz** SERIES  
 SUBMERSIBLE SEWAGE EFFLUENT PUMPS

**HCP** Professionalism • Innovation • Service • Commitment  
**HCP PUMP MANUFACTURER CO., LTD.**  
[www.hcppump.com.tw](http://www.hcppump.com.tw)



Distributor:  
 \_\_\_\_\_

DFNEN6-1608

We reserve the right to alter specifications of product at any time without giving prior notice.



# FN

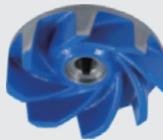
## FEATURES

- A precision manufactured motor is achieved by utilizing the highest standard of quality control. All rotors adopt heat treatment methods for drive shaft assembling, and stator winding impregnated with varnish that is heat dried in an industrial oven. The Water Resistance for Pump can reach IP68 Grade.
- HCP's professional assembly line, complimented with a synthesized production test, ensures the highest level of pump quality.
- Standard accessories include : cable with an epoxy resin sealed water-resistant cable base, Auto-cut Protector, dual mechanical seals and lip seal design.



**P Type Impeller**  
Semi-open(Single or Two Vane):

Excellent to use with waste materials to prevent from clogging.



**U Type Impeller**  
Semi-open (Vortex Impeller):

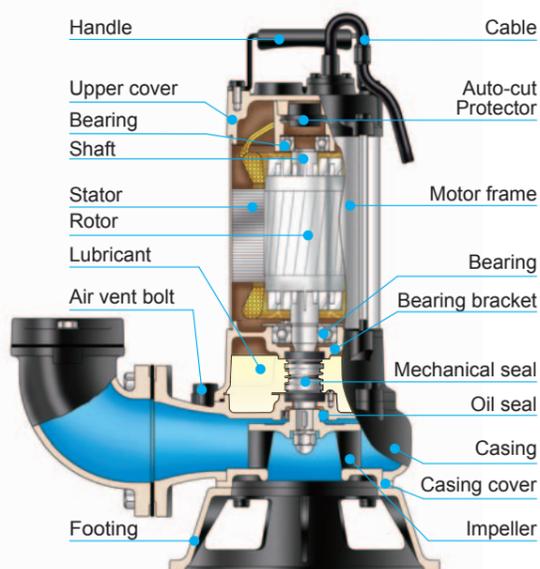
Produces a vortex (whirlpool effect) allowing long fibrous materials and other solid waste to pass through, without contact with the impeller.

## APPLICATIONS

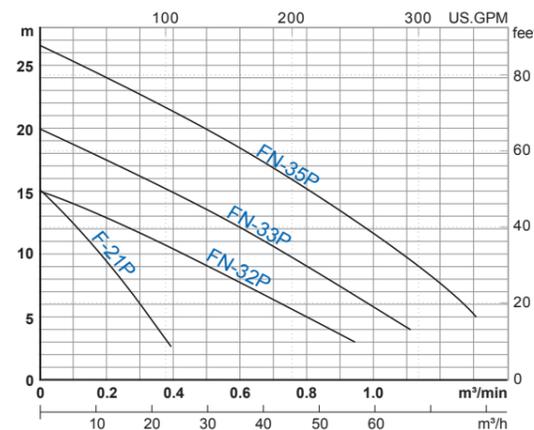
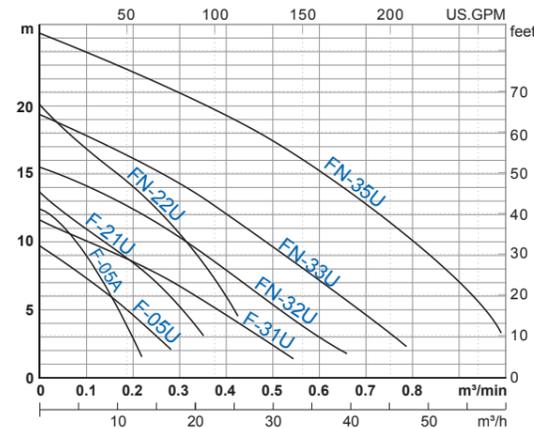
- Drainage of sewage from the building basements, hotel industry, and waste water from factories.
- Drainage of sewage from industrial process factories.
- Emptying of septic tanks, cesspits and sewage pump stations.
- Pumping surface and drainage water from garages and sprinkler systems.

## PRODUCT NOMENCLATURE

F/ FN	-	3	2	P
Type		Discharge inch	HP	Impeller type (P/ U)



## PERFORMANCE CURVES



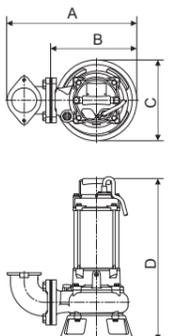
## SPECIFICATIONS

Item	Description
Limits Of Use	Liquid Temp. 0~40°C (32~104°F)
	Applications General wastewater • Sewage water and Industrial waste
Type	Frequency 60Hz
	Motor 2P (3600rpm) • Dry Motor (F-05A: Oil Motor)
	Insulation Class B(0.5HP~3HP) • Class F(5HP)
	Protection IP68
	Protector Auto-cut Protector (F-05A/05U 1Ø: Thermal)
Material	Bearing Ball Type
	M.seal Double M.seals (F-05A: Single M.seals)
	Impeller Semi-open
	Upper Cover FC200
	Motor Frame SUS304
	Shaft SUS410(0.5~1HP) • SUS403 (2~5HP)
	M.seal Upper: Carbon/Ceramic Lower: Silicon/Silicon (F-05A: Carbon/Ceramic)
	Casing FC200
	Impeller FC200 (F-05A: PA)
	Cable VCT or H07RN-F or SJOW/SOW
Optional Pumps can be customized to fit specifications	

## PERFORMANCE SPECS.

Note: Weight Without Cable & Elbow Set.

Model	Output HP(kW)	Discharge Inch(mm)	Phase Ø	Start Method	Standard		Solid Passage mm(inch)	Weight kg(lb)		Dimensions mm				
					m-m³/min	ft-GPM		1Ø	3Ø	A	B	C	1Ø	3Ø
F-05A	0.5 (0.4)	2" (50)	1	Capacitor	8-0.1	25-26	10(3/8")	12(26)	-	225	-	161	349	-
F-05U	0.5 (0.4)	2" (50)	3	Capacitor Direct	5.5-0.15	18-40	35(1 3/8")	16(35)	15(33)	237	-	154	425	425
F-21U	1 (0.75)	2" (50)	3	Capacitor Direct	8-0.2	25-52	35(1 3/8")	17(37)	16(35)	237	-	154	425	425
F-31U	1 (0.75)	3" (80)	3	Capacitor Direct	6-0.3	20-80	30(1 1/8")	18(40)	17(37)	278	-	173	456	456
FN-22U	2 (1.5)	2" (50)	3	Capacitor Direct	14-0.2	46-55	35(1 3/8")	30(66)	25(55)	288	-	202	546	477
FN-32U	2 (1.5)	3" (80)	3	Capacitor Direct	8-0.4	26-105	50(2")	32(71)	28(62)	402	260	202	588	519
FN-33U	3 (2.2)	3" (80)	3	Capacitor Direct	12-0.4	40-105	50(2")	35(77)	30(66)	402	260	202	600	519
FN-35U	5 (3.7)	3" (80)	3	Direct	17-0.5	56-132	50(2")	-	33(73)	453	260	202	-	539
F-21P	1 (0.75)	2" (50)	3	Capacitor Direct	9-0.2	30-52	22(7/8")	18(40)	17(37)	276	-	235	459	459
FN-32P	2 (1.5)	3" (80)	3	Capacitor Direct	8-0.6	26-160	35(1 3/8")	34(75)	30(66)	417	275	260	590	521
FN-33P	3 (2.2)	3" (80)	3	Capacitor Direct	12-0.6	40-160	35(1 3/8")	37(82)	32(71)	417	275	260	602	521
FN-35P	5 (3.7)	3" (80)	3	Direct	18.5-0.6	61-160	35(1 3/8")	-	35(77)	468	275	260	-	541





MX-GI



MX-II

Los **mezcladores sumergibles de la serie MX** son el resultado de una larga experiencia en el sector del tratamiento de aguas. La utilización de hélices con dos o tres paletas, con perfil autolimpiador, cubre una vasta gama de usos y de tipos de líquidos para mezclar; los materiales utilizados garantizan una larga duración y eficiencia incluso en las condiciones más extremas. Las técnicas de diseño de vanguardia y experiencia en el sector, proponen los mezcladores sumergibles de S.C.M. Tecnologías de vanguardia en el rendimiento hidráulico que equivalen a un notable ahorro de energía.

Les **mélangeurs immergés de la série MX** sont le résultat d'une longue expérience dans le secteur du traitement des eaux. L'utilisation d'hélices à deux ou trois pales, à profil autonettoyant, couvre un vaste éventail d'utilisations et de types de liquides à mélanger ; la durée de vie et l'efficacité des matériaux utilisés sont garanties aussi dans les conditions les plus extrêmes. Grâce à des techniques de conception à l'avant-garde et à une longue expérience dans le secteur, les mélangeurs immergés de S.C.M. Technologie garantissent un rendement hydraulique maximal, ce qui équivaut à des économies d'énergie considérables.

# MX-GI MX-II

## MEZCLADORES SUMERGIBLES

**POTENCIA: 0,75-12 kW**  
**VELOCIDAD DE ROTACIÓN:**  
**1460/461 revoluciones/min**

Ideales para mezclar y homogeneizar líquidos, pueden utilizarse en depósitos de cualquier dimensión y forma.

## MELANGEURS IMMERMES

**PUISSANCE: 0,75 à 12 kW**  
**VITESSE DE ROTATION:**  
**1460 à 461 tours/min**

Parfaits pour le mélange et l'homogénéisation de liquides, ils peuvent être utilisés dans des cuves de toutes dimensions et géométries.



[www.scmtec.com](http://www.scmtec.com)

**\_ COMPONENTES** - Los ejes están realizados en acero inoxidable AISI 420B, rectificadas en las sedes de los cojinetes y de la junta, sobredimensionados con respecto a los parámetros estándares de utilización, equilibrados dinámicamente. El motor es asíncrono trifásico de jaula de ardilla de 4-12 polos, clase de aislamiento F o H. En seco, enfriado por el líquido circundante. Grado de protección IP68. Motor dotado de protecciones térmicas del estator y sonda de detección de agua en la cámara de aceite, a excepción de los modelos MX-ii 19.24.4. y MX-ii 30.23.6. El motor ha sido diseñado para un trabajo intermitente, con un número que no supere 15 arranques por hora, regularmente distanciados, y con un equilibrio de tensión máximo entre fases del 5% (según la norma IEC 34-1). El mezclador está dotado de dos juntas mecánicas para un aislamiento perfecto entre el motor eléctrico y el líquido bombeado. Juntas idóneas para el tipo de líquido de trabajo. La hélice es de acero AISI 316 de microfusión con perfil autolimpiador de alto rendimiento.

**\_ INSTALACIÓN** - Nuestros mezcladores sumergibles serie MX se instalan normalmente con la ayuda de una varilla orientable, para garantizar la máxima eficacia, evitar la formación de zonas muertas y definir la altura de ejercicio de la máquina. El uso del cabrestante, montado en la varilla, facilita la bajada y la extracción del mezclador incluso con el depósito lleno, con un notable ahorro de tiempo y de energía.

**\_ PRESTACIONES** - Dada la versatilidad de uso de los mezcladores MX, es necesario considerar la densidad del líquido que hay que mezclar y las características químicas y físicas del mismo; deberá prestarse especial atención además a la forma del depósito y al tipo de tratamiento que hay que realizar. La oficina técnica de S.C.M. Technologie está disponible para el dimensionamiento de los sistemas de mezclado y para proporcionar la información técnica de instalación.

**\_ COMPOSANTS** - Les arbres sont réalisés en acier inoxydable AISI 420B, rectifiés au niveau des roulements et de la garniture d'étanchéité surdimensionnés par rapport aux paramètres standards d'utilisation, équilibrés dynamiquement. Le moteur est asynchrone triphasé à cage d'écuruil 4-12 pôles, classe d'isolement F.o.H. A sec, refroidi par le liquide environnant Degré de protection: IP68. Moteur équipé de protections thermiques stator et sonde de détection d'eau dans la chambre à huile, à l'exception des modèles MX-ii 19.24.4. et MX-ii 30.23.6. Le moteur est conçu pour un fonctionnement continu ou intermittent, avec un nombre de 15 démarrages maximum par heure, dument distancés et avec un déséquilibre maximal de tension entre les phases de 5% (conformément aux normes CEI 34-1). Le mélangeur est équipé de deux garnitures mécaniques pour le parfait isolement entre le moteur électrique et le liquide pompé. Garnitures adaptées au type de liquide de travail. L'hélice est en acier AISI 316 de microfusion avec profil autonettoyant hautes performances.

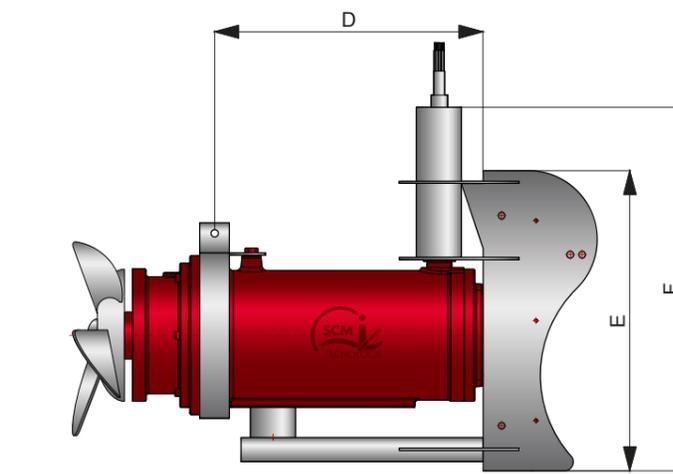
**\_ INSTALLATION** - Nos mélangeurs immergés de la série MX sont normalement installés à l'aide d'une tige orientable, pour garantir l'efficacité maximale, éviter la formation de zones mortes et définir la hauteur de fonctionnement de l'équipement en fonction des besoins. L'utilisation du palan, monté sur la tige, facilite la descente et l'extraction du mélangeur également quand la cuve est pleine, permettant ainsi un important gain de temps et de considérables économies d'énergie.

**\_ PERFORMANCES** - Etant donné la versatilité d'utilisation des mélangeurs MX, il est nécessaire de toujours prendre en compte la densité du liquide devant être mélangé, les caractéristiques chimiques et physiques de ce dernier. Il conviendra aussi d'être particulièrement attentif à la géométrie de la cuve et au type de traitement à réaliser. Le bureau d'études de S.C.M. Technologie se tient à disposition pour des dimensionnements de systèmes de mélange et pour toutes les informations techniques d'installation.

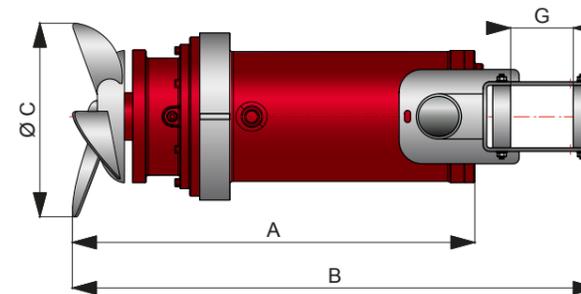
## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS \_ CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

TIPO TYPE	VELOCIDAD VITESSE (50 Hz)	POTENCIA NOMINAL P2 PUISSANCE NOMINALE P2	POTENCIA ABSORBIDA P1 PUISSANCE ABSORBEE P1	PESO POIDS	CANTIDAD DE PALETAS NOMBRE DE PALES	HÉLICE Ø HELICE Ø	CORRIENTE NOMINAL COURANT NOMINAL	EMPUJE DE REACCIÓN POUSSEE DE REACTION
	revoluciones/min tours/min	kW	kW	kg	-	mm	A (400 V)	N
MX-gi 21.08.4	1460	0,75	1,3	38	2	210	3,9	150
MX-gi 21.15.4	1420	1,5	2,2	40	2	210	4,2	250
MX-gi 30.20.6	950	2,0	2,6	48	3	300	5,6	380
MX-gi 30.25.6	950	2,5	3,0	51	3	300	7,0	400
MX-gi 40.20.8	730	2,0	2,9	132	3	400	6,5	610
MX-gi 40.30.8	725	3,0	3,9	141	3	400	8,5	740
MX-gi 40.40.8	730	4,0	5,1	147	3	400	12,7	830
MX-gi 60.51.12	461	7,5	9,3	240	3	600	18,6	1040
MX-gi 60.70.12	461	7,5	9,3	240	3	600	18,6	1500
MX-gi 60.93.12	475	12	13,2	240	3	600	28,4	1850
MX-gi 60.142.10	549	12	14,0	275	3	600	26,5	2275
MX-ii 21.08.4	1440	0,75	0,95	40	2	210	2,0	150
MX-ii 21.15.4	1440	1,5	1,8	44	2	210	3,8	250
MX-ii 19.24.4	1382	2,3	2,6	46	3	197	4,4	275
MX-ii 30.23.6	931	2,3	2,7	50	2	300	5	300
MX-ii 30.34.6	931	3,2	3,7	65	3	300	6,9	320
MX-ii 37.13.8	696	2	2,5	68	3	370	5,1	385
MX-ii 40.22.8	696	2,5	3,1	114	3	400	6,2	420
MX-ii 40.33.8	701	3,7	4,5	114	3	400	8,9	650
MX-ii 40.43.8	706	5,2	6,2	125	3	400	12,1	780
MX-ii 60.51.12	461	7,5	9,3	245	3	600	18,6	1040
MX-ii 60.70.12	461	7,5	9,3	245	3	600	18,6	1500
MX-ii 60.93.12	475	12	13,2	245	3	600	28,4	1850
MX-ii 60.142.10*	549	12	14,0	280	3	600	26,5	2275

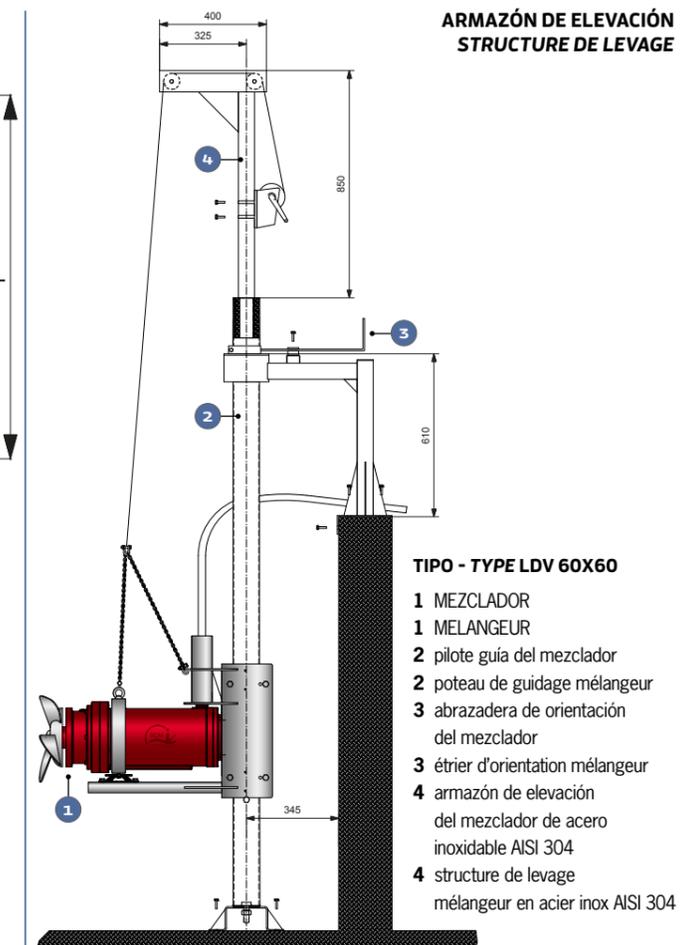
\* con anillo transportador • avec un concentrateur de flux



VISTA LATERAL • VUE LATÉRALE



VISTA SUPERIOR • VUE SUPÉRIEURE



ARMAZÓN DE ELEVACIÓN  
STRUCTURE DE LEVAGE

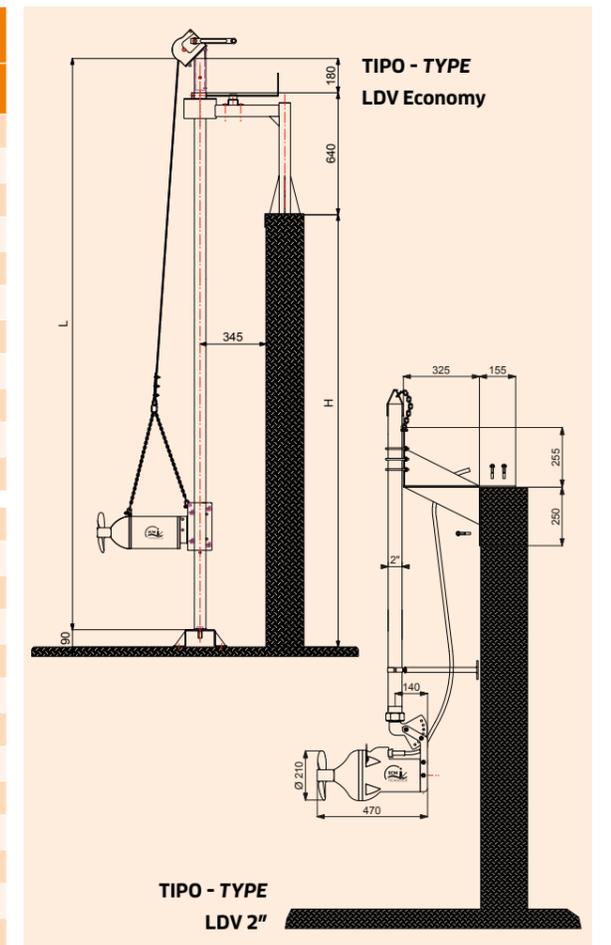
**TIPO - TYPE LDV 60X60**

- 1 MEZCLADOR
- 1 MELANGEUR
- 2 pilote guía del mezclador
- 2 poteau de guidage mélangeur
- 3 abrazadera de orientación del mezclador
- 3 étrier d'orientation mélangeur
- 4 armazón de elevación del mezclador de acero inoxidable AISI 304
- 4 structure de levage mélangeur en acier inox AISI 304

## MEDIDAS \_ DIMENSIONS

TIPO TYPE	A	B	C	D	E	F	G
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
MX-gi 21.08.4	440	601	210	230	250	-	60x60**
MX-gi 21.15.4	440	601	210	230	250	-	60x60**
MX-gi 30.20.6	473	587	300	326	300	-	60x60**
MX-gi 30.25.6	473	587	300	326	300	-	60x60**
MX-gi 40.20.8	633	823	400	390	500	606	100x100***
MX-gi 40.30.8	684	874	400	448	500	606	100x100***
MX-gi 40.40.8	684	874	400	448	500	606	100x100***
MX-gi 60.51.12	1027	1175	600	-	320	-	100x100
MX-gi 60.70.12	1027	1175	600	-	320	-	100x100
MX-gi 60.93.12	1027	1175	600	-	320	-	100x100
MX-gi 60.142.10	1045	1193	600	-	320	-	100x100
MX-ii 21.08.4	434	595	210	270	250	-	60x60**
MX-ii 21.15.4	434	595	210	270	250	-	60x60**
MX-ii 19.24.4	455	602	197	276	280	-	60x60
MX-ii 30.23.6	378	525	300	276	280	-	60x60
MX-ii 30.34.6	434	581	300	336	280	-	60x60
MX-ii 37.13.8	454	601	370	336	280	-	60x60
MX-ii 40.22.8	730	843	400	-	250	-	60x60
MX-ii 40.33.8	730	843	400	-	250	-	60x60
MX-ii 40.43.8	818	932	400	-	250	-	60x60
MX-ii 60.51.12	1027	1175	600	-	320	-	100x100
MX-ii 60.70.12	1027	1175	600	-	320	-	100x100
MX-ii 60.93.12	1027	1175	600	-	320	-	100x100
MX-ii 60.142.10 *	1045	1193	600	-	320	-	100x100

\*\*adaptable a 50x50 • adaptable à 50x50 | \*\*\*adaptable a 80x80 • adaptable à 80x80



TIPO - TYPE  
LDV Economy

TIPO - TYPE  
LDV 2"

# GALLERY



## WASTEWATER TREATMENT AERATION AND MIXING

S.C.M. TECNOLOGIE s.r.l.

via Einstein 6/A | 46030 San Giorgio di Mantova (MN) Italy

T. +39 0376 321936 | F. +39 0376 364472 | [info@scmtec.com](mailto:info@scmtec.com)

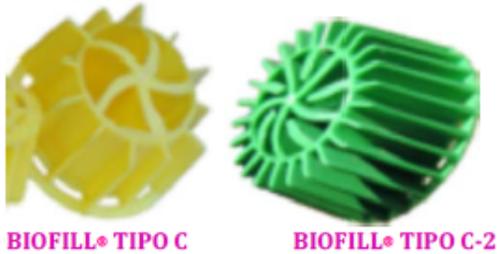
[www.scmtec.com](http://www.scmtec.com)

Nuestra empresa busca la mejora continua de sus productos, por tanto, los valores indicados en los cuadros no son vinculantes y nos reservamos el derecho de aportar cambios en las máquinas sin previo aviso.

*Notre société poursuit une politique basée sur la recherche constante d'amélioration du produit; les valeurs indiquées dans les tableaux ne sont donc pas contraignantes et nous nous réservons le droit d'apporter des modifications à nos équipements sans préavis.*

# RELLENOS PLÁSTICOS BIOFILL C® y C-2®

Los rellenos plásticos **BIOFILL®** son el fruto de continuos estudios conjuntos entre la Universidad y la Empresa. Siempre se han buscado piezas con una gran superficie específica que permiten la adherencia de la biomasa en sus paredes y, a la vez, un gran volumen libre que permite una perfecta circulación de los fluidos por el interior de un lecho biológico.



Los rellenos **BIOFILL® TIPOS C y C-2** son la última innovación desarrollada por los técnicos de procesos de la compañía y de ingenieros y doctores de la Universidad Politécnica de Catalunya.

## APLICACIONES DE LOS RELLENOS PLÁSTICOS BIOFILL®

Las áreas de aplicación son amplias, la más actual son los lechos móviles para expansión de viejas plantas de tratamiento que reciben cargas mayores de aquellas para las que fueron originalmente diseñadas así como nuevas plantas para tratar altas cargas de DBO y NTK. Los productos **BIOFILL** tipos C y C-2, son aptos tanto para procesos aerobios, como anaerobios.

Otras aplicaciones tradicionales son: torres de intercambio químico, equipos de desodorización, etc.

## VENTAJAS DE LOS RELLENOS PLÁSTICOS BIOFILL® FRENTE A OTROS RELLENOS

- 1.- Paredes rugosas que ofrecen una mayor adherencia del film biológico, frente a otros de paredes lisas.
- 2.- Su geometría y disposición de las aletas tanto interiores como exteriores dan una gran movilidad a las piezas tanto si es por la aportación de las gruesas burbujas de aire como por sí es por una suave agitación mecánica.
- 3.- Ofrece una fácil adherencia de la biomasa que queda altamente protegida por la disposición de las aletas.

## GAMA DE MODELOS DE LOS RELLENOS PLÁSTICOS BIOFILL®

	<u>TIPO C</u>	<u>TIPO CT</u>	<u>TIPO C-2</u>	<u>TIPO C-2T</u>
Superficie específica m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	460	460	590	590
Volumen libre %	90	90	90	90
Peso por unidad gr	1,7	1,8	2,1	2,25
Nº de piezas /m <sup>3</sup>	75.000	75.000	85.000	85.000
Peso Kg /m <sup>3</sup>	128	135	179	194
Diámetro de la pieza mm	28	28	25	25
Fabricado por inyección en	PP y PE	PP y PE	PP y PE	PP y PE
Colocación	Desord.	Desord.	Desord.	Desord.
Compresión Kg/m <sup>3</sup>	500	500	500	500
Temperatura max. de trab. °C	65	65	65	65
Resistencia a hidrocarburos	Buena	Buena	Buena	Buena
Resistencia a álcalis	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

Los productos **BIOFILL®** se fabrican en polipropileno reciclado. Podemos fabricar **BIOFILL®** en polipropileno de primera clase o en polietileno, según pedido. Todos los productos **BIOFILL®** cumplen con la norma [DIN EN 12255-7](#)

Los productos **BIOFILL CT** y **C-2T** se fabrican con densidad > 1

**BIOLOGÍA Y FILTRACIÓN S.L.:** Pol ind. Can Magré, C/ Carles Buigas nº 79, 08187; Sta Eulalia de Ronçana- Barcelona  
TEL. Comercial: + 34 93 735 31 90; Móbil: + 34 629 23 39 70; + 34 689 858 344; Fax: + 34 93 844 94 65  
TEL. Fábrica: + 34 93 844 62 11 WEB: [www.BIO-FIL.es](http://www.BIO-FIL.es) e-mail: [bio-fil@bio-fil.es](mailto:bio-fil@bio-fil.es)

Module model		BT-12	BT-20	BT-20D
Module parameters	Membrane material	PVDF		
	Membrane making method	H-TIPS		
	Effective membrane area ( m <sup>2</sup> )	12.5	20	20
	Intercept aperture ( μm )	0.03		
	Inner/outer diameter of the hollow fiber ( mm )	0.7/1.3		
Module size	Length*Width*Height ( mm )	534 x46 x 1000	534 x 46 x 1500	534 x 55 x 1500
	Connector specification	DN32 Socket interface ( Outer diameter 40mm , Inner diameter 32mm )		
Module Weight	Moist module ( kg )	10	13	13
Operation conditions	Filtration mode	Dead-end filtration or Cross flow filtration		
	Produced water flux ( L/m <sup>2</sup> ·h )	10~20		
	Maximum TMP ( kPa )	80		
	Module uniform aeration rate ( Nm <sup>3</sup> /h· piece )	2~6		
	Operational TMP ( kPa )	10~60		
	Applicable temperature range ( °C )	5~40		
	Applicable sludge concentration ( mg/L )	< 12000		
Cleaning conditions	pH range of doing chemical cleaning	1~13		
	Maximum tolerance concentration of NaClO ( ppm )	5000		
Produced water performance	Produced water turbidity ( NTU )	< 1		



## DIFUSORES DE AIRE DE MEMBRANA DE BURBUJA FINA MOD. ECO-320

Difusores de membrana de disco, superficie en EPDM con microporos que actúan como una válvula, dilatándose para hacer salir el aire pero cerrándose impidiendo la entrada de agua una vez interrumpido el flujo, de esta forma se consigue también un efecto autolimpiante de las membranas.

### APLICACIONES:

- Tratamientos de aireación de aguas residuales.
- Acuicultura.
- Oxigenación de estanques, lagos y balsas.
- Aireación de piscinas ecológicas.

DATOS TÉCNICOS	DIFUSOR ECO-320
Material: -Membrana con microporos de precisión	EPDM alta calidad, Dureza 60° ± 5
Diámetro	320 mm
Dimensiones y cantidad de microporos	Aprox. 100 µm; 8,300 microporos
Conexión	R3/4" NPT
Caudal -rango de trabajo	3,00 – 6,00 m <sup>3</sup> /h
Rango temperatura de funcionamiento	0 - 80°C



## TAMIZ ROTATIVO

Diseñado para la separación de sólido-líquido, efectuando el mismo por un sistema de rotación continua, con sistema opcional de lavado interior a contracorriente.

Datos técnicos:		ELEMENTOS DEL TAMIZ
Marca	REMOSA	-CILINDRO FILTRANTE
Producto	Tamiz rotativo	-GRUPO MOTRIZ DE ACCIONAMIENTO
Modelo	TR	-SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS
Material de fabricación	Aisi-304	-ARMAZÓN / DEPÓSITO
Consumo	280 W	-SISTEMA DE LIMPIEZA CONTRACORRIENTE OPCIONAL
		-CAPOTA PROTECTORA / TOTALMENTE CARENADOS



MODELO	CAUDAL m³/h	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	PASO (mm)	POTENCIA CV	DN ENTRADA/ SALIDA/ REBOSADERO (*)
TR 20	20	781,7	490	590	≤2	0.18	80/125/80
TR 40	40	740	685,7	840	≤2	0.25	125/150/125
TRS 20	20	781,7	490	590	≤2	0.18	80/125/80
TRS 40	40	740	685,7	840	≤2	0.25	125/150/125

(\*) Opcional

MODELO	CAUDAL m³/h	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	PASO (mm)	POTENCIA CV	DN ENTRADA/ SALIDA/ REBOSADERO (*)
TR 20	20	781,7	490	590	≤2	0.18	80/125/80
TR 40	40	740	685,7	840	≤2	0.25	125/150/125
TRS 20	20	781,7	490	590	≤2	0.18	80/125/80
TRS 40	40	740	685,7	840	≤2	0.25	125/150/125

(\*) Opcional

### INSTALACIÓN

- Los tamices rotativos deben ser instalados sobre una base o soporte plano y nivelado, preparado para soportar el peso.
- Se debe fijar al suelo o soporte mediante tornillos o fijaciones químicas.

Para más información deben seguir el manual de instalación de REMOSA.

### MANTENIMIENTO

- Limpiar la parte exterior del equipo usando una aspiradora para prevenir la dispersión del polvo en el ambiente y a los alrededores. No utilizar aire comprimido.
- Utilizar un paño húmedo para la limpieza superficial exterior e interior.

Para información más detallada sobre las tareas rutinarias de mantenimiento consultar con el departamento técnico de REMOSA.

### GARANTÍA

- La garantía se limita a la reparación o sustitución gratuita del producto defectuoso, según valoración de REMOSA.
  - Ésta no incluye la instalación ni la puesta en marcha.
  - Esta garantía pierde su valor si la instalación del producto es defectuosa, si ha habido negligencia en el mantenimiento o ha sido usado de forma incorrecta, no siguiendo las indicaciones de REMOSA.
  - La garantía de los elementos electromecánicos, tales como motores eléctricos, cuadros eléctricos, boyas... será la que apliquen los fabricantes de dichos equipos y se atenderán a su servicio técnico más cercano.
- Remosa no se hará responsable de los equipos elegidos cuando se desconozcan las particularidades de la instalación.

RECUBRIMIENTOS Y MOLDEADOS, S.A.  
OFICINAS CENTRALES Y FÁBRICA 1  
Zona Industrial Abadal, Molí de Reguant, 2  
08260 Súria (Barcelona) España  
FÁBRICA 2 - C/ta. Villarrubia Km 56.9  
45350 Noblejas (Toledo) España

T. +34 902 49 06 49  
T. +34 93 869 62 65 FÁBRICA 1  
T. +34 925 14 05 55 FÁBRICA 2  
F. +34 93 869 69 86  
dep.com@remosa.net  
www.remosa.net



## ARQUETA TOMA DE MUESTRAS

En la salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales debe instalarse una arqueta toma de muestras para el control y vigilancia del afluente. Una buena toma de muestras es indispensable para un adecuado control del rendimiento de los equipos. Esta arqueta permite tomar las aguas que estén saliendo de la depuradora evitando recoger las aguas estancadas en la arqueta.

### Datos técnicos:

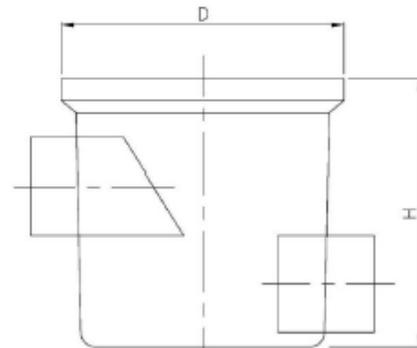
Marca	REMOSA
Producto	Arqueta Toma de Muestras
Modelo	AM
Material de Fabricación	Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV)
Tipo de Resina	Ortoftálica



MODELO	VOLUMEN (l)	D (mm)	H (mm)	TUBERIAS Ø (mm)	PESO (Kg)
AM 110	100	580	550	110	5
AM 125	100	580	550	125	5
AM 160	100	580	550	160	5
AM 200	100	580	550	200	5
AM 250	200	620	1.020	250	7
AM 315	200	620	1.020	315	7.5

### \*OPCIONAL: ACCESORIO NO INCLUIDO CON LA ARQUETA

MODELO	D (mm)	DESCRIPCIÓN
TC 100*	580	TAPA EN PRFV → AM 110 - AM 200
TC 200*	620	TAPA EN PRFV → AM 250 - AM 315



### MANIPULACIÓN E INSTALACIÓN -- Terrenos estables, no inundables y sin tráfico rodado

- ⚠ - La manipulación debe realizarse con el equipo vacío.
- ⚠ - Durante la descarga, mantener la distancia de seguridad con el depósito.

- Construir una losa de hormigón armado. Ésta debe ser plana y estar perfectamente nivelada y sin cantos cortantes.
  - Una vez endurecida la losa, proceder a rellenar el foso con hormigón pobre.
  - Antes del fraguado del hormigón, introducir el equipo en el foso y llenarlo 30-40 cm con agua clara. Seguidamente, alternar esta operación con el llenado exterior con hormigón pobre, hasta alcanzar 1/3 de la altura del equipo.
  - Una vez fraguado el hormigón rellenar el foso hasta el nivel del terreno con arena o gravilla fina (máx. 400 mm).
  - La arqueta de registro de la boca de hombre no puede transmitir ningún tipo de carga que pueda dañar el equipo (Máx. arena 0,5m).
- Para información más detallada consultar con el departamento técnico de **REMOSA**.

### GARANTÍA

- La garantía se limita a la reparación o sustitución gratuita del producto defectuoso, según valoración de REMOSA.
- Ésta no incluye la instalación ni la puesta en marcha.
- Esta garantía pierde su valor si la instalación del producto es defectuosa, si ha habido negligencia en el mantenimiento o ha sido usado de forma incorrecta, no siguiendo las indicaciones de REMOSA.

**GARANTÍA 10 AÑOS**

Remosa no se hará responsable de los equipos elegidos cuando se desconozcan las particularidades de la instalación.

RECUBRIMIENTOS Y MOLDEADOS, S.A.  
OFICINAS CENTRALES Y FÁBRICA 1  
Zona Industrial Abadal, Molí de Reguant, 2  
08280 Súria (Barcelona) España  
FÁBRICA 2 - Crta. Villarrubia Km 56,9  
45350 Noblejas (Toledo) España

T.+34 902 40 06 40  
T.+34 93 869 62 65 FÁBRICA 1  
T.+34 925 14 05 55 FÁBRICA 2  
F. +34 93 869 69 86  
dep.com@remosa.net  
www.remosa.net



**ANEXO VI**  
**BIBLIOGRAFIA**

La bibliografía consultada es la siguiente:

- 1) Hernandez Muñoz, Aurelio. Depuración de Aguas Residuales. Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid (UPM), 1998
- 2) García P.A., Fernandez-Polanco F. (1996). Parámetros de operación en sistemas de eliminación de nutrientes. 2n Curs d'Enginyeria Ambiental. Eliminació de nutrients en aigües residuals. Lleida, 28-30 d'Octubre de 1996.
- 3) WEF, Manual of Practice, nr 35. Biofilm Reactors. Water Environmental Federation. 2010
- 4) R Ananthashankar, A. G. (2013). Production, Characterization and Treatment of Textile Effluents: A Critical Review. Journal of Chemical Engineering & Process Technology, 05(01), 2–8.  
<https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000182>
- 5) López, V, & Crespi, M. (2015, septiembre). GESTION DE LOS EFLUENTES DE LA INDUSTRIA TEXTIL (N.o 18). INTI.  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/87574/Gesti%C3%B3n%20efluentes%20textiles%20Num18.pdf>
- 6) Perea, B. (2012, septiembre). Estudios de tratabilidad agua residual de industria textil a escala laboratorio.  
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/751/345887.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 7) Metcalf & Eddy. 1995. Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Tercera Edición. Mc Graw Hill.
- 8) Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 2003. Mc Graw Hill.
- 9) Hernández L, Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales. Colegio de ingenieros de caminos canales y puertos (UPM),2015.
- 10) Judd, S. (2006). The MBR book: Principles and applications of membrane bioreactors in water and
- 11) Bengtson H, Biological wastewater treatment processes II: MBBR processes.
- 12) Fernández-Nava, Y., Marañón, E., Soons, J., & Castrillón, L. (2010). Denitrification of high nitrate concentration wastewater using alternative carbon sources. Journal of Hazardous Materials, 173(1-3), 682-688.
- 13) Rodriguez R, 2011. Eliminación biológica de nitrógeno en un efluente con alta carga orgánica y amoniacal. Tesis master. Universidad Politécnica de Cataluña, España.