



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2020/21**

---

*DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL  
CONTROL DE UN REACTOR BIOLÓGICO DE AGUAS  
RESIDUALES EMPLEANDO BIODISCOS*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**ALUMNO**

Jorge Rodríguez Calo

**TUTORES**

Gerardo González Filgueira

Juan Carlos Carral Couce

**FECHA**

SEPTIEMBRE 2021



# 1 RESUMEN

La supervisión del estado de los reactores biológicos rotativos o biodiscos localizados en pequeños núcleos de población se realiza mediante viajes semanales de un par de operarios. Con el paso de los años, el número de este tipo de plantas se ha visto incrementado, sin embargo, no el de operarios ya que las empresas no optan por la contratación de más operarios para realizar estas supervisiones. Esto provoca que los operarios deban realizar una gran cantidad de viajes, en su mayoría innecesarios porque la planta se encuentra en perfecto estado y en otras ocasiones se pueden encontrar con que la planta lleva días con alguna avería, por ejemplo, vertiendo aguas residuales sin tratar en el terreno, lo que provoca un gran impacto medioambiental.

En este proyecto se busca una solución para eliminar los costes que suponen los viajes innecesarios mediante la reducción de estos, además de terminar también con la incertidumbre relacionada con el estado de la planta depuradora. La solución que se propone va de la mano con los avances tecnológicos de la industria 4.0, tratándose del diseño de un sistema de comunicaciones y control entre la planta y un centro de mando remoto. Desde allí se puede conocer tanto la calidad del agua (antes de ser tratada y después de serlo) como de otros elementos relacionados con el mantenimiento mecánico y también actuar en consecuencia a ello en caso de ser necesario.

Para conseguirlo, se implementan diferentes sensores para medir los parámetros que se especificarán en el texto. Estos datos se transmiten a un PLC (Programmable Logic Controller) que, según los valores de las señales de entrada, podrá actuar sobre un variador de frecuencia que se encuentra conectado al motor del reactor biológico, de forma que puede modificar su velocidad de giro o realizar maniobras de cambios de sentido para desprender excesos de biopelícula en los biodiscos. A su vez, mediante una VPN, se pueden observar los datos en el centro de mando remoto y poder actuar desde allí en caso de ser necesario.

De esta forma se pretende reducir los costes de mantenimiento de las plantas de biodiscos en pequeñas poblaciones, a pesar de que ya poseen fama de ser reducidos. En este proyecto se busca una forma más acorde a la industria actual para realizar la supervisión además de reducir los costes de mantenimiento a largo plazo.

Palabras clave:

IoT, Sensores, PLC, Aguas residuales, Biodiscos

## 2 RESUMO

A supervisión do estado dos reactores biolóxicos rotativos ou biodiscos localizados en pequenos núcleos de poboación realízase mediante viaxes semanais dun par de operarios. Co paso dos anos, o número deste tipo de plantas viuse incrementado, sen embargo, non o de operarios xa que as empresas non optan pola contratación de máis operarios para realizar estas supervisións. Isto provoca que os operarios deban realizar unha gran cantidade de viaxes, na súa maioría innecesarias porque a planta se atopa en perfecto estado e noutras ocasións poden atoparse con que a planta leva días con algunha avaría, por exemplo, vertendo augas residuais sen tratar no terreo, o que provoca un gran impacto medioambiental.

Neste proxecto búscase unha solución para eliminar os custos que supoñen as viaxes innecesarias mediante a redución destas, ademais de terminar tamén coa incertidume relacionada co estado da planta depuradora. A solución que se propón vai da man cos avances tecnolóxicos da industria 4.0, tratándose do deseño dun sistema de comunicacións e control entre a planta e un centro de mando remoto. Dende alí pódese coñecer tanto a calidade da auga (antes de ser tratada e despois de selo) como de outros elementos relacionados co mantemento mecánico e tamén actuar en consecuencia a elo en caso de ser necesario.

Para conseguilo, utilízanse diferentes sensores para medir os parámetros que se especificarán no texto. Estes datos transmítense a un PLC (Programmable Logic Controller) que, segundo os valores das sinais de entrada, poderá actuar sobre un variador de frecuencia que se atopa conectado ao motor do reactor biolóxico, de forma que pode modificar a súa velocidade de xiro ou realizar manobras de cambios de sentido para desprender excesos de biopelícula nos biodiscos. Á súa vez, mediante unha VPN, pódense observar os datos no centro de mando remoto e poder actuar dende alí en caso de ser necesario.

Desta forma preténdese reducir os custos de mantemento das plantas de biodiscos en pequenas poboacións, a pesar de que xa poseen fama de ser reducidos. Neste proxecto búscase unha forma máis acorde á industria actual para realizar a supervisión ademais de reducir os custos de mantemento a longo prazo.

Palabras chave:

IoT, Sensores, PLC, Aguas residuales, Biodiscos

### 3 ABSTRACT

Monitoring of the status of rotating biological reactors (RCB) or biodisks located in small population centres is carried out by weekly trips of a couple of operators. Over the years, the number of this type of plant has increased, however, not the number of operators since the companies do not opt for the hiring of more operators to carry out these supervisions. This causes operators to make a lot of trips, mostly unnecessary because the plant is in perfect condition and at other times they may find that the plant has been damaged for days, for example, by dumping untreated sewage into the ground, which has a major environmental impact.

This project seeks a solution to eliminate the costs of unnecessary travel by their reduction, and also to end the uncertainty related to the state of the treatment plant. The proposed solution goes hand in hand with the technological advances of Industry 4.0, being the design of a communication and control system between the plant and a remote control center. From there you can know both the quality of the water (before and after being treated) and other elements related to mechanical maintenance and also act accordingly if necessary.

To achieve this, different sensors are implemented to measure the parameters specified in the text. This data is transmitted to a PLC (Programmable Logic Controller) which, according to the values of the input signals, can act on a variable frequency drive that is connected to the engine of the biological reactor, in such a way that it can modify its speed of rotation or carry out maneuvers of changes of direction to release the excess of biofilm in the biodisks. In turn, using a VPN, you can observe the data in the remote control center and be able to act from there if necessary.

This is intended to reduce the costs of maintaining biodisk plants in small towns, even though they are already reputed to be small, This project is looking to be way more in line with the current industry to carry out monitoring in addition to reducing long-term maintenance costs.

Keywords:

IoT, Sensors, PLC, Wastewater, Biodisks



# **INDICE GENERAL DE DOCUMENTOS**

**Documento I: MEMORIA**

**Documento II: PLANOS**

**Documento III: PLIEGO DE CONDICIONES**

**Documento IV: PRESUPUESTO**

**Documento V: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2020/21**

---

*DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL  
CONTROL DE UN REACTOR BIOLÓGICO DE AGUAS  
RESIDUALES EMPLEANDO BIODISCOS*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento I**

**MEMORIA**





## Contenido

1 Resumen .....	3
2 Resumen .....	4
3 Abstract.....	5
4 Depuradora de biodiscos y parámetros a considerar .....	17
4.1 Depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones.....	17
4.2 Tecnologías empleadas para la depuración de aguas residuales en pequeños núcleos de población .....	17
4.3 Biodiscos .....	18
4.4 Ventajas de los biodiscos.....	20
4.5 Inconvenientes de los biodiscos.....	21
4.6 Tratamiento completo .....	23
4.7 Disposición de los biodiscos .....	25
4.8 Parámetros a considerar para la monitorización .....	26
5 Sistema de control de velocidad.....	29
6 Aplicación real.....	33
6.1 Caso real .....	33
6.2 Dimensionamiento del reactor de biodiscos .....	34
6.2.1 Caudales diario y nominal.....	34
6.2.2 Cangilones.....	34
6.2.3 DBO.....	35
6.2.4 Sólidos en suspensión .....	37
6.2.5 Amonio .....	38
6.2.6 Desnitrificación .....	38
6.3 Dimensionamiento del accionamiento .....	40
6.3.1 Motor y relación de transmisión .....	40
7 Sistema de comunicaciones.....	45
7.1 Introducción .....	46
7.2 Características generales del control .....	47
7.3 Niveles de comunicación .....	47
7.3.1 Primer nivel.....	48
7.3.2 Segundo nivel.....	48
7.3.3 Tercer nivel.....	48
7.4 Instrumentación .....	48
7.4.1 Controlador.....	48
7.4.2 Sensores .....	51

---

7.4.3 Variador de frecuencia.....	66
7.4.4 Software .....	67
7.4.5 Elección del PLC .....	68
7.4.6 Fuentes de alimentación.....	68
7.5 Cuadro de fuerza y control.....	69
7.5.1 Cables .....	69
7.5.2 Canalizaciones .....	70
7.5.3 Cajas de registro.....	72
7.5.4 Cuadro eléctrico.....	72
7.6 Conexión inalámbrica .....	77
8 Sistema de control inteligente .....	78
8.1 Descripción .....	78
8.2 Guía GEMMA .....	78
8.3 GRAFCET .....	82
8.4 Diagrama de flujo.....	83
8.5 Programación del autómatas.....	85
8.5.1 Lenguaje empleado .....	85
8.5.2 Explicación más detallada del proceso .....	87
8.5.3 Programa.....	89
8.5.4 HMI.....	96
8.5.5 Acceso remoto al programa.....	97
8.6 Posibles futuras modificaciones.....	97
9 Presupuesto.....	98
10 Prioridad de documentos .....	99
11 BIBLIOGRAFÍA.....	100



## Índice de figura

<i>Figura 1: Diseño de biodiscos de la empresa UNFAMED</i> .....	19
<i>Figura 2: Esquema de un sistema de biodiscos</i> .....	20
<i>Figura 3: Rendimientos medios de los biodiscos</i> .....	21
<i>Figura 4: Costes de explotación y mantenimiento de biodiscos</i> .....	22
<i>Figura 5: Costes de explotación y mantenimiento de biodiscos</i> .....	22
<i>Figura 6: Esquema de un tanque Imhoff</i> .....	23
<i>Figura 7: Cangilones para regular caudal de entrada en una planta de Xunqueiro (Oleiros)</i> .....	24
<i>Figura 8: Ejemplo de proceso de depuración con biodiscos</i> .....	25
<i>Figura 9: Esquema de planta con dos reactores de biodiscos</i> .....	26
<i>Figura 10: Explosionado de un motor de jaula de ardilla</i> .....	29
<i>Figura 11: Sistema planetario de engranajes</i> .....	30
<i>Figura 12: Ejemplo de un variador de frecuencia instalado en una pared</i> .....	31
<i>Figura 13: Depuradora de Xunqueiro (Oleiros)</i> .....	33
<i>Figura 14: Ejemplo de pirámide de la automatización</i> .....	47
<i>Figura 15: Ejemplo de PLC, modelo AS300 de Delta</i> .....	49
<i>Figura 16: Caudalímetro Proline Promag 10D</i> .....	51
<i>Figura 17: Funcionamiento de un caudalímetro electromagnético en línea</i> .....	52
<i>Figura 18: Colocación del caudalímetro para evitar burbujas de aire</i> .....	52
<i>Figura 19: Colocación del caudalímetro en presencia de una bomba</i> .....	52
<i>Figura 20: Colocación del caudalímetro en tubería parcialmente llena con pendiente</i> ....	53
<i>Figura 21: Instalación del caudalímetro en tuberías descendentes</i> .....	53
<i>Figura 22: Medidor de nivel Prosonic FMU30</i> .....	54
<i>Figura 23: Medidor de oxígeno disuelto ST3020</i> .....	55
<i>Figura 24: Sensor de ORP 1200-S sc</i> .....	56
<i>Figura 25: GF Signet 2724-2726 ph Electrode</i> .....	57
<i>Figura 26: GF Signet 2751 pH Smart Sensor Electronics</i> .....	57
<i>Figura 27: Sensor de conductividad LDL100</i> .....	58
<i>Figura 28: Medidor de turbidez RMD-ISST105 de Remond</i> .....	58
<i>Figura 29: Sensor de sólidos en suspensión de Mettler Toledo</i> .....	59
<i>Figura 30: Sensor de temperatura</i> .....	60
<i>Figura 31: Sensor de medición SAC254, Modelo UVAS sc, Marca Hach</i> .....	61
<i>Figura 32: Sensor de amonio</i> .....	62
<i>Figura 33: Sensor de aceites y grasas</i> .....	62
<i>Figura 34: Sensor óptico láser</i> .....	63

<i>Figura 35: Tacómetro Monarch</i> .....	63
<i>Figura 36: Sensor de consumo eléctrico</i> .....	64
<i>Figura 37: Vibrómetro MTN/1185</i> .....	65
<i>Figura 38: Controlador sc200</i> .....	65
<i>Figura 39: Variador de frecuencia SIEMENS SINAMICS V20</i> .....	66
<i>Figura 40: Logo de CODESYS</i> .....	67
<i>Figura 41: PLC AC500, marca ABB</i> .....	68
<i>Figura 42: Fuente de alimentación ABL1REM12050, marca Schneider Electric</i> .....	69
<i>Figura 43: Cable RV-K 0,6/1kV, marca RCT</i> .....	69
<i>Figura 44: Cable con pantalla de cinta de cobre</i> .....	70
<i>Figura 45: Canalización de acero</i> .....	70
<i>Figura 46: Canalizaciones de polietileno (PE) corrugadas</i> .....	71
<i>Figura 47: Canalización rígida de PVC</i> .....	71
<i>Figura 48: Caja de registro eléctrica de PVC con conos de presión</i> .....	72
<i>Figura 49: Interruptor General Automático</i> .....	73
<i>Figura 50: Dispositivo de Protección Contra Sobretensiones</i> .....	73
<i>Figura 51: Interruptor Diferencial</i> .....	74
<i>Figura 52: Pequeño Interruptor Automático</i> .....	74
<i>Figura 53: Ejemplo de esquema unifilar de distribución eléctrica</i> .....	75
<i>Figura 54: Esquema unifilar de la distribución eléctrica del proyecto</i> .....	76
<i>Figura 55: Simulación del cuadro eléctrico real</i> .....	77
<i>Figura 56: Esquema guía GEMMA</i> .....	79
<i>Figura 57: Esquema de todos los estados posibles</i> .....	81
<i>Figura 58: Indicación de símbolos en GRAFCET</i> .....	82
<i>Figura 59: Símbolos de diagrama de flujo y su significado</i> .....	83
<i>Figura 60: Diagrama de flujo del proceso</i> .....	84
<i>Figura 61: Ejemplo de programa en Ladder</i> .....	85
<i>Figura 62: Elementos básicos del lenguaje ladder</i> .....	86
<i>Figura 63: Ejemplo de programa en ladder</i> .....	87
<i>Figura 64: Ejemplo de escalado de señal analógica 4-20 mA</i> .....	88
<i>Figura 65: Interfaz de Codesys</i> .....	89
<i>Figura 66: Inicio del funcionamiento</i> .....	90
<i>Figura 67: Escalonamiento de las señales de entrada</i> .....	91
<i>Figura 68: Tratamiento de las señales de DQO y DBO</i> .....	92
<i>Figura 69: Tratamiento de las señales de DQO y DBO (2)</i> .....	93
<i>Figura 70: Escalonamiento de parámetros mecánicos y salida a variador de frecuencia</i> .....	93
<i>Figura 71: UnitConversion</i> .....	94

---

<i>Figura 72: Configuración de alarmas</i> .....	94
<i>Figura 73: Tabla de variables del programa</i> .....	96
<i>Figura 74: HMI del control del proceso</i> .....	96





## 4 DEPURADORA DE BIODISCOS Y PARÁMETROS A CONSIDERAR

### 4.1 Depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones

Las aguas residuales en pequeños núcleos de población se diferencian de las de las poblaciones medianas o grandes en su caudal y composición. El caudal es diferente debido a que una menor población implica un caudal muy irregular ya que en ciertos momentos el caudal puede ser prácticamente nulo y en otros instantes del día, o en periodos vacacionales, aumentar considerablemente. Esta irregularidad no es tan acusada en poblaciones grandes, donde además este mayor caudal facilita que los elementos contaminantes se encuentren más diluidos que en las pequeñas poblaciones, cuya concentración de sustancias contaminantes es superior [1].

Debido a lo comentado en el párrafo anterior y considerando el factor económico, no se debería emplear el mismo método de depuración de aguas residuales en pequeños núcleos de población que en grandes ciudades. Mientras que las grandes ciudades pueden dedicar un extenso espacio a una planta depuradora y dotarla de medios complejos de depuración, pues disponen de elevados recursos económicos, en los pequeños núcleos prevalecen las tecnologías que ocupando poco espacio, para reducir el impacto ambiental, son de bajo coste de explotación para reducir el coste por habitante de la depuración, ya que la capacidad económica de estos municipios es reducida. .

Estas diferencias en caudales y contaminación de las aguas residuales es la razón por la cual el tamaño de las poblaciones se mida en función del número de habitantes equivalentes.

Un habitante equivalente se define como "la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO 5), de 60 gramos de oxígeno por día" [2].

### 4.2 Tecnologías empleadas para la depuración de aguas residuales en pequeños núcleos de población

En el proceso de depuración de aguas residuales son de gran importancia el pretratamiento y el tratamiento primario. Con ellos se trata de eliminar las impurezas y los sólidos en suspensión para facilitar los tratamientos propiamente dichos. El pretratamiento suele consistir en un desbaste, un desarenado y un desengrasado, y el tratamiento primario, en una decantación para lo cual se emplean fosas sépticas, tanques *Imhoff* o decantadores primarios.

Tras estos procesos, se realiza el tratamiento secundario, o depuración del agua residual propiamente dicho, para el cual se pueden emplear dos tipos de tecnologías diferentes: extensiva e intensiva.

- Tecnología extensiva: Es aquella que no precisa de gran aporte de energía y funciona de una manera más natural aunque eso conlleva a la necesidad de mayor superficie de explotación. Algunos ejemplos de este tipo de tecnología son los humedales artificiales, filtros intermitentes de arena, infiltración – percolación, filtros de turba o lagunaje.

- Tecnología intensiva: A diferencia de la tecnología anterior, este tipo precisa de un mayor aporte de energía pero necesita muy poca superficie, permitiendo realizar el proceso de depuración en espacios muy reducidos. Algunos tratamientos pertenecientes a esta tecnología son las aireaciones prolongadas, lechos bacterianos, reactores secuenciales y de biopelícula sobre lecho móvil y los contactores biológicos rotativos. Estos últimos son objeto de estudio en este proyecto y su funcionamiento se detallará a continuación [3].

### 4.3 Biodiscos

Este sistema de tratamiento secundario en la depuración de aguas residuales mediante un reactor de biodiscos consiste en un proceso aerobio en el que se dispone de una serie de discos de polipropileno o polietileno ligeramente separados entre sí y montados sobre un eje central común que está girando muy lentamente. A estos discos se adhiere una biopelícula, es decir, biomasa formada por bacterias, las cuales son las encargadas de consumir la materia orgánica que contiene el agua que llega a la bañera en la que están situados los discos.

Los discos se encuentran sumergidos en un 40% de su superficie debido a que las bacterias de la biopelícula necesitan oxígeno para respirar. Este oxígeno lo colectan mientras están en la parte superior del disco en contacto con el aire exterior. Mientras las bacterias se encuentran sumergidas, se producen las reacciones químicas necesarias para metabolizar la materia carbonácea y nitrogenada de las aguas residuales. [4]

La cantidad de biomasa adherida a los discos va aumentando con el tiempo, lo cual podría provocar problemas al producirse reacciones anaerobias por no poder llegar el oxígeno a las capas más internas de la biopelícula. Esto no sucede gracias a que cuando la biopelícula alcanza un espesor de unos 5 mm se rompe debido al esfuerzo cortante provocado por el choque contra el agua en el momento de inmersión. La biomasa así desprendida cae al fondo de la cuba permitiendo que el sistema opere de nuevo a pleno rendimiento. El rendimiento del sistema de biodiscos es muy elevado rondando el 85-95%.

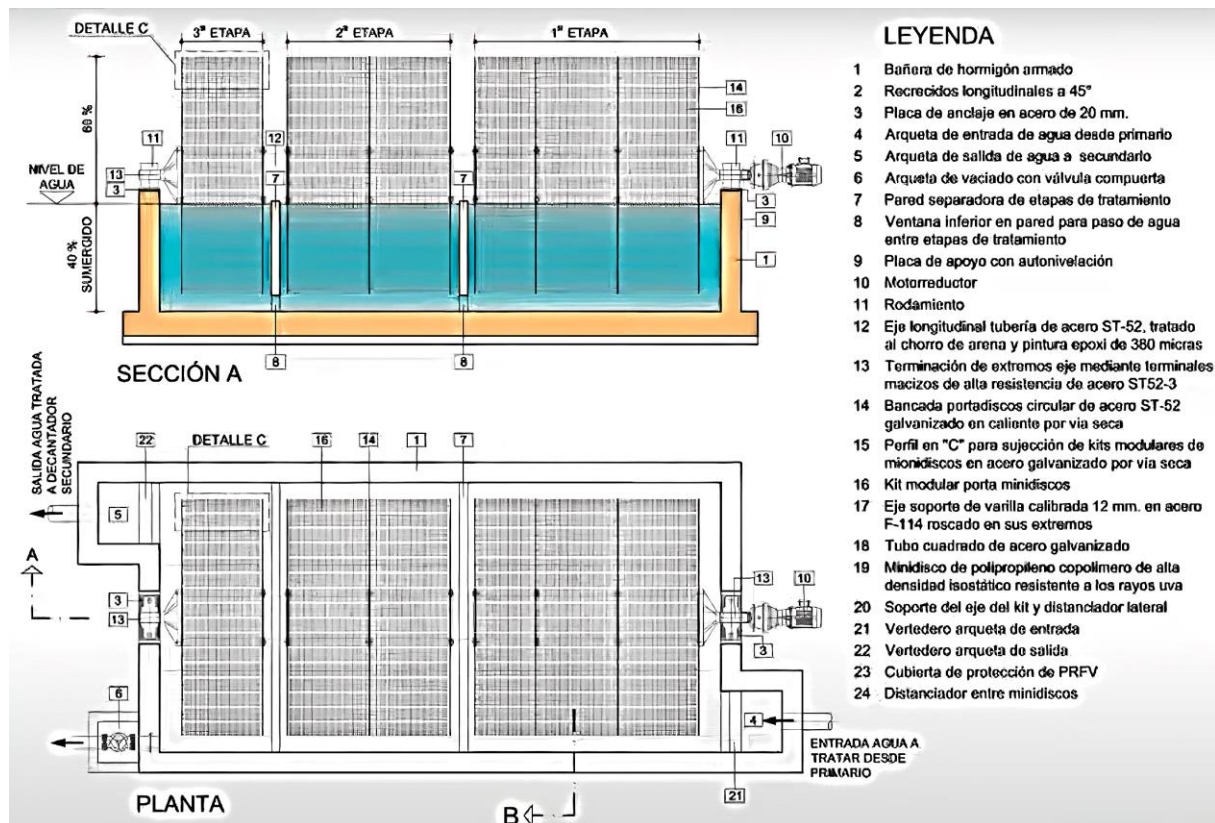


Figura 1: Diseño de biodiscos de la empresa UNFAMED

Fuente: WEBINAR de uno de sus empleados [5].

Tal y como se observa en la figura 1, los biodiscos se suelen agrupar en varios módulos o etapas en las cuales la concentración de compuestos orgánicos es diferente. Como mínimo se emplean dos, aunque lo recomendable son tres. El primer módulo o primera etapa, ocupa aproximadamente un 70% de la superficie total de los biodiscos porque los estudios biológicos han confirmado que así se consigue un mejor rendimiento.

Respecto al número de etapas, con dos es suficiente. Pero si queremos eliminar los nitratos del agua tendremos que recurrir a una tercera etapa e incorporar al conjunto una cámara anóxica en la cual tendría lugar este tratamiento [5].

Tal y como se ha mencionado anteriormente, los discos están unidos a brazos fijos al eje central el cual gira a una velocidad angular entre 1 y 2 rpm., pues es suficiente para producir el esfuerzo cortante necesario para que se desprenda la biomasa adherida al disco cuando su espesor es de unos 5 mm. y en este margen de velocidades no se producen reacciones anaerobias o aerobias perjudiciales para el proceso

Los módulos se disponen en una cuba o bañera metálica o preferiblemente de hormigón, la cual posee las separaciones correspondientes para los módulos. Se debe diseñar de modo que se reduzcan las aglomeraciones de la materia orgánica sedimentada. Para facilitar la evacuación de esta materia, se deben evitar los ángulos rectos y las paredes de la bañera están inclinadas 45° o tienen forma redondeada como se ve en la figura 2.



Figura 2: Esquema de un sistema de biodiscos

Fuente: Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones.

Gracias a esta forma de la bañera, toda la materia que podría sedimentar en el fondo de la misma, se traslada fácilmente al decantador secundario.

#### 4.4 Ventajas de los biodiscos

- Requieren poca superficie para su implementación al emplear una tecnología intensiva. Esto permite su instalación en multitud de lugares en los que los sistemas de tecnología extensiva no se puede.
- A pesar de que consume más energía que los modelos de tecnología extensiva, sigue siendo un sistema con un bajo consumo energético en comparación con los otros métodos de depuración.
- El coste de explotación también es reducido debido a que el proceso es simple y no precisa de mano de obra especializada.
- Facilidad de construcción gradual y de ampliación gracias a que se dispone en módulos, por lo tanto se puede ir construyendo módulo a módulo.
- Gran resistencia a las sobrecargas (siempre que sean puntuales y no se prolonguen en el tiempo) tanto de caudal como de carga orgánica. En el caso de mayor caudal, disminuye el tiempo de retención por lo que se reduce el rendimiento pero no sufre la biopelícula como puede suceder en otro tipo de tratamientos de biomasa suspendida que emplean otros tipos de soportes fijos. Para la sobrecarga de carga orgánica o cualquier otro inhibidor como por ejemplo hidrocarburos (alguien que pudo verter el aceite del coche al alcantarillado), las capas externas de la biomasa morirán y se desprenderán, pero las internas aguantarán y continuarán con el proceso.
- Existe la posibilidad de desnitrificar el caudal efluente.
- Se pueden emplear sistemas mecánicos muy sencillos consistentes en un eje soportado en rodamientos comerciales y un reductor de engranajes también comercial, por lo que para su mantenimiento no precisará de empleados especializados.
- Bajo coste de mantenimiento.
- Buen rendimiento como se observa en la figura 3.

Parámetro	% Reducción	Efluente final (mg/l)
Sólidos en suspensión	85-95	25-50
DBO <sub>5</sub>	85-95	15-25
DQO	80-90	60-120
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (sin nitrificación)	20-30	20-25
N	20-35	30-40
P	10-35	6-9

Figura 3: Rendimientos medios de los biodiscos

Fuente: Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones.

## 4.5 Inconvenientes de los biodiscos

A pesar de tener grandes ventajas competitivas, los biodiscos también poseen desventajas respecto otros sistemas de depuración.

- En comparación con equipos de tecnología extensiva, los biodiscos tienen elementos electromecánicos, que requieren mantenimiento y consumen energía.
- En los equipos de gran tamaño la instalación mecánica puede resultar relativamente compleja, se pueden necesitar equipos de elevación mecánica para realizar los mantenimientos y se mantiene cierta dependencia de la empresa fabricante al ser sistemas patentados.
- Tiene menor flexibilidad ante cambios de las condiciones de trabajo que otros procesos como el de fangos activados.
- Costes de implantación elevados debido al coste de los equipos, en especial los propios discos.
- Aunque el mantenimiento no sea muy costoso, en plantas pequeñas donde no hay personal permanente el sistema no es muy eficiente pues se necesita que varios operarios viajen hasta la planta para comprobar su estado cada 3/4 días. Esto origina un sobrecoste (figuras 4 y 5) debido a la cantidad de viajes que se realizan y la incertidumbre de si la planta ha dejado de funcionar correctamente los cuales pueden producir derrames de aguas residuales al terreno durante días. Este problema es el que se intenta solucionar en este proyecto mediante la implementación de sensores para la monitorización a tiempo real de unos parámetros especificados.

Población (h-e)		500			1.000			2.000		
Operación	Coste horario (€/h)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)
<b>Desplazamiento del operario</b>										
Desplazamiento operario	25	2 veces/semana	1	2.600,00	3 veces/semana	1	3.900,00	3 veces/semana	1	3.900,00
<b>Pretratamiento</b>										
Limpieza pretratamiento y evacuación de residuos	16	2 veces/semana	0,25	416,00	3 veces/semana	0,25	624,00	3 veces/semana	0,35	873,60
<b>Tratamiento Primario (Tanque Imhoff)</b>										
Inspección y medición espesores flotantes y fangos	16	2 veces/año	1	32,00	2 veces/año	1	32,00			
Operación	Coste (€/m <sup>3</sup> )	Frecuencia	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste anual (€)
Extracción y gestión de fangos y flotantes	15	2 veces/año	75	2.250,00	2 veces/año	150	4.500,00			
<b>Tratamiento Primario (Decantador primario)</b>										
Operación	Coste (€/m <sup>3</sup> )	Frecuencia	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste anual (€)
Extracción y gestión de fangos y flotantes	15							1 vez/semana	550	8.250,00
<b>CBR-Decantador secundario</b>										
Operación	Coste horario (€/h)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)
Inspección general: Comprobación giro rotores, Comprobación purgas decantador	16	2 veces/semana	0,50	832,00	3 veces/semana	0,50	1.248,00	3 veces/semana	0,50	1.248,00

Figura 4: Costes de explotación y mantenimiento de biodiscos

Fuente: Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones.

Población (he)		500			1.000			2.000				
Operación	Coste (€/m <sup>3</sup> )	Frecuencia	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste anual (€)		
Extracción y evacuación fangos decantador secundario	15							1 vez/semana	300	4.500,00		
<b>Consumo energético</b>												
Operación	Coste horario (€/kWh)		Consumo (kWh/a)	Coste anual (€)		Consumo (kWh/a)	Coste anual (€)		Consumo (kWh/a)	Coste anual (€)		
Pretratamiento	0,09	-	1.000	90,00	-	2.000	180,00	-	3.500	315,00		
CBR y Decantador secundario	0,09	-	6.900	621,00	-	13.800	1.242,00	-	27.600	2.484,00		
<b>Mantenimiento</b>												
Operación	Coste horario (€/h)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)		
Mantenimiento electromecánico y de la obra civil	16	2 veces/semana	2,5	4.160,00	3 veces/semana	2,5	6.240,00	3 veces/semana	3,5	8.736,00		
<b>Seguimiento</b>												
Operación	Coste (€/a)	Frecuencia		Coste anual (€)	Frecuencia		Coste anual (€)	Frecuencia		Coste anual (€)		
Control analítico	300	4 veces/año		1.200,00	4 veces/año		1.200,00	4 veces/año		1.200,00		
<b>Coste total explotación y mantenimiento (€/año)</b>				<b>12.201,00</b>	<b>Coste total explotación y mantenimiento (€/año)</b>				<b>19.166,00</b>	<b>Coste total explotación y mantenimiento (€/año)</b>		<b>31.506,60</b>
<b>Coste total unitario (€/h-e.año)</b>				<b>24,40</b>	<b>Coste total unitario (€/h-e.año)</b>				<b>19,17</b>	<b>Coste total unitario (€/h-e.año)</b>		<b>15,75</b>

Figura 5: Costes de explotación y mantenimiento de biodiscos

Fuente: Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones



## 4.6 Tratamiento completo

Para garantizar un buen rendimiento de los biodiscos, es fundamental un buen pretratamiento para proteger los elementos extraños que pueden venir con el agua, y un buen tratamiento previo para eliminar los sólidos en suspensión.

Los pretratamientos habituales son el desbaste, para retirar los sólidos finos que trae el agua y el desengrasado para eliminar las grasas y aceites. Los sólidos pueden dañar las conducciones y los elementos del reactor de biodiscos. El proceso de depuración por contactores puede resultar sensible a la presencia de grasas y aceites si su exposición a estas es prolongada en el tiempo y no puntual.

Los tratamientos primarios tratan de eliminar los sólidos en suspensión. De todos los citados al inicio del documento, se recomienda especialmente para su trabajo conjunto con los reactores de biodiscos el tanque *Imhoff* (figura 6) dado que permite la recirculación de los fangos del decantador secundario a este tanque. Esto simplifica la operación en las plantas depuradoras diseñadas para pequeños núcleos de población porque de esta forma no es necesario retirar y deshidratar constantemente los fangos. Estos se pueden almacenar durante largos periodos de tiempo, pudiendo llegar a 90 días si se sobredimensiona adecuadamente la capacidad del tanque *Imhoff*, y reducen el número de visitas a la planta y consecuentemente los costes. A su vez, en este tanque, los fangos se mineralizan, con lo que resulta más sencilla su deshidratación que si se realizase la extracción directa de los fangos en el decantador secundario.

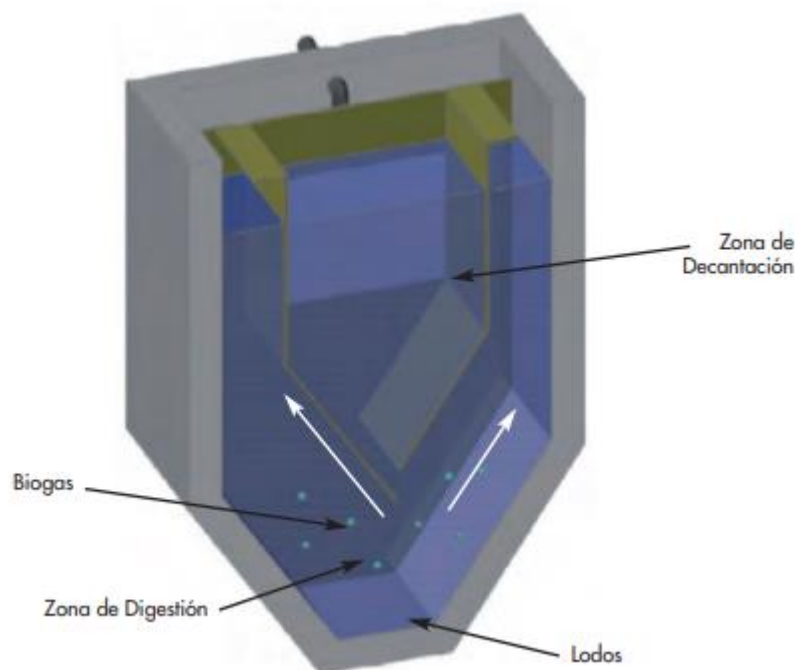


Figura 6: Esquema de un tanque *Imhoff*

Fuente: *Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones.*

Tras su estancia en el tanque *Imhoff*, el agua accede a la zona de los biodiscos mediante un sistema de cangilones solidarios al eje principal de la depuradora. Los cangilones están diseñados para que el resultado de su capacidad unitaria por el número de

ellos a la velocidad de giro del eje, nos proporcione el caudal prefijado de entrada de agua residual que queremos depurar. De este modo se obtiene un funcionamiento del sistema siempre en las mismas condiciones que las previstas en su diseño

Estos cangilones funcionan recogiendo el agua del fondo del tanque de entrada y dejándola caer, cuando están en la zona superior, sobre una bandeja que conecta directamente con la cuba donde se encuentran los biodiscos, tal y como se observa en la figura 7.



*Figura 7: Cangilones para regular caudal de entrada en una planta de Xunqueiro (Oleiros).*

La salida del agua depurada por los biodiscos se efectúa por gravedad a través de un tubo situado al nivel del agua previsto en el tanque. Como la concentración de contaminantes no es siempre la misma, en algunos equipos la altura del tubo de salida se puede modificar ligeramente buscando el nivel de agua con el que se consigue el mejor rendimiento medio de la instalación. El agua depurada se lleva a una cámara anóxica si se dispone de un tratamiento de desnitrificación o directamente al decantador secundario.

Un pretratamiento de alta calidad podría hacer posible un ahorro en el tratamiento primario (el tanque *Imhoff*) mediante su eliminación, pudiéndose eliminar en los casos de depuradoras muy pequeñas. e. Si se decidiese optar por ello, se deberían realizar modificaciones en el decantador secundario posterior al reactor de biodiscos, sobredimensionándolo de forma que toda la materia orgánica, tanto la biomasa desprendida como la carga orgánica no soluble, sedimentase en el decantador secundario.

Si el espacio disponible es reducido y no es un problema aumentar la frecuencia para el retirado de los fangos, se puede sustituir el tanque *Imhoff* por una fosa séptica cuyo coste es menor y genera menores olores. Sin embargo, el decantador secundario es imprescindible y fundamental debido a que es necesario un depósito en el cual almacenar los fangos mientras no se procede a su extracción.



A pesar de no ser imprescindible, sigue siendo altamente recomendable la existencia del tanque *Imhoff* en la planta depuradora debido a las ventajas ya comentadas con anterioridad en el documento, en especial por los fangos mineralizados, que posteriormente deben ser trasladados a una planta de deshidratación, una planta que suele abarcar diferentes plantas depuradoras de pequeñas poblaciones cercanas debido a que colocar una planta de deshidratación en cada núcleo poblacional supondría un sobrecoste innecesario.

En la figura 8 se muestra un esquema de todo el tratamiento en el que se pueden distinguir las diferentes partes del proceso de depuración.

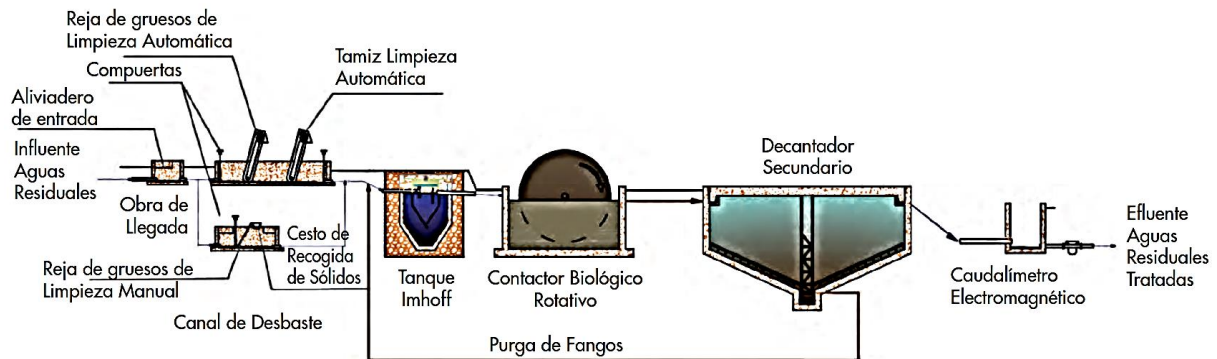


Figura 8: Ejemplo de proceso de depuración con biodiscos.

Fuente: Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones.

## 4.7 Disposición de los biodiscos

En los últimos años se ha comenzado a implementar varias plantas de biodiscos iguales colocadas en paralelo de forma que la planta se vuelve más fiable y flexible gracias al sistema de recirculación.

La recirculación es controlada por una torre de reparto, que en función de la carga de contaminantes en el agua que llega al tratamiento secundario, gracias a una serie de compuertas, los biodiscos funcionarán en serie o paralelo.

En condiciones de contaminación normales, las plantas funcionan en paralelo, de forma que cada planta de biodiscos trabaja con la mitad del caudal. Este tipo de trabajo también permite una mayor adaptabilidad ante cambios de volumen del efluente de entrada según la época del año, por ejemplo. Un añadido es que permite seguir trabajando a la planta depuradora a pesar de que una de las plantas de biodiscos precise de una parada por mantenimiento. Estas paradas programadas se realizan aprovechando los periodos de tiempo en los que se sabe que el caudal de agua a tratar va a ser pequeño.

En el caso de que el efluente se encuentre muy contaminado, la recirculación provocaría que las plantas funcionasen en serie, de forma que se obtiene una mejor limpieza del efluente.

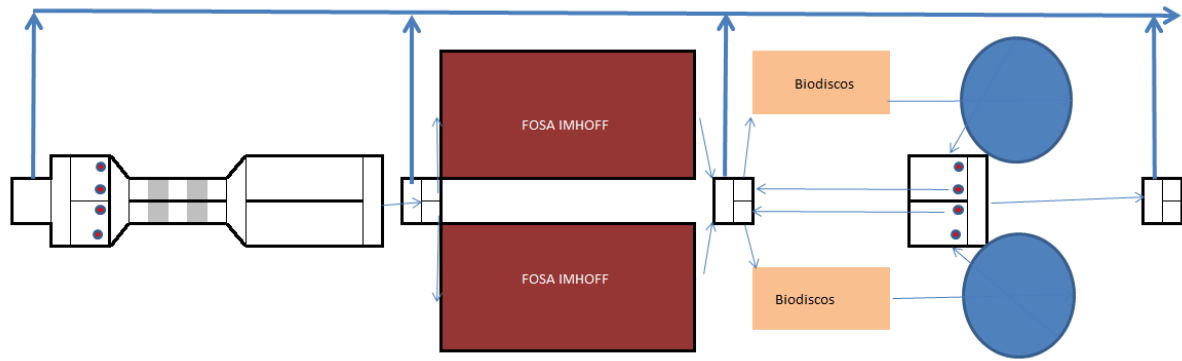


Figura 9: Esquema de planta con dos reactores de biodiscos

Fuente: <https://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro/disenio-edar-biodiscos>

## 4.8 Parámetros a considerar para la monitorización

Primero de todo, se diferenciarán diferentes tipos de parámetros, estos podrán ser físicos, químicos, radioactivos, microbiológicos o mecánicos:

### - Físicos (No implican valores absolutos de contaminación)

#### 1. Temperatura

- Influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas
- Aumento de solubilidad de sales
- Cambios de conductividad y pH
- Regulador de procesos naturales junto con el pH

#### 2. Conductividad eléctrica

- Capacidad de conducción de electricidad
- Índice de presencia de iones (disociación de sal, ácido o base)
- Relacionada con la dureza
- Reflejan el grado de mineralización

#### 3. Color

- Origen interno o externo
- Descarga de RSU (Residuos Sólidos Urbanos), RI (Residuos Industriales), compuestos metálicos o descomposición de vegetación.
- Excesivo número de algas.

#### 4. Olor

- Relacionado con el sabor
- Las fuentes de olor pueden ser naturales o artificiales

#### 5. Caudal

#### 6. Turbidez o turbiedad

- Relacionada con la transparencia y limpieza

#### 7. Sólidos en suspensión

- Componentes inorgánicos y orgánicos impiden la penetración de la luz y disminuyen el O<sub>2</sub> disuelto
  - Consecuencias en el consumo humano
8. Presencia de espumas
- **Químicos**
- a) Inorgánicos
1. Sales inorgánicas
  2. Nitratos
  3. pH: Medida del carácter ácido o básico. Afecta a especies, corrosión, precipitación y volatilización de compuestos. Aumenta el daño de otros contaminantes
  4. Cloruros
  5. Calcio y Magnesio: Le dan dureza al agua, de manera temporal (bicarbonatos de Ca y Mg), que desaparece con la ebullición, o de manera permanente.
  6. Metales pesados
  7. Oxígeno disuelto.
- b) Orgánicos (Valores absolutos de contaminación)
1. DBO: Demanda Biológica de O<sub>2</sub>
  2. DQO: Demanda Química de O<sub>2</sub>
  3. Relación entre DBO y DQO
  4. COT: Contenido Total de C (Carbono) en compuestos Orgánicos
  5. Aceites y grasas
  6. Otros: Detergentes y plaguicidas
- **Radioactivos:** Anulan cualquier uso del agua
- **Microbiológicos:** Los SST (Sólidos en Suspensión Totales) pueden ser muy perjudiciales para la salud. El índice de contaminación fecal se basa en la cantidad de bacterias coliformes que haya en dicha sustancia.
- **Mecánicos** (Consisten en el estado de los elementos mecánicos del equipo de biodiscos)
1. Equilibrado del rotor
  2. Consumo eléctrico
  3. Velocidad de giro
  4. Tiempo de funcionamiento

Todos los parámetros mencionados son demasiados para medir, lo que supondría un gasto innecesario porque con menos mediciones ya se puede conocer el estado del agua y del equipo, además de que algunos no son medibles como puede ser el olor. A continuación se realizará una selección de los más importantes para poder realizar la monitorización:

- **Caudal:** Aunque no sea una medida fundamental, es interesante saber que la planta trabaja bajo las condiciones respecto a las cuales fue diseñada para obtener el máximo rendimiento.

- 
- **Nivel:** El agua no debe superar la altura correspondiente al 40% de la superficie de los biodiscos sumergida. El ciclo de vida de las bacterias es del 40% del tiempo consumiendo la materia orgánica y el 60% del tiempo respirando.
  - **Oxígeno disuelto:** Es importante el conocimiento de la cantidad de oxígeno en el agua para un buen control del proceso de eliminación de la materia orgánica y la desnitrificación.
  - **Potencial redox:** Permite controlar el proceso de desnitrificación en caso de haber cámara anóxica.
  - **pH:** Proporciona datos de la alcalinidad o acidez del agua.
  - **Conductividad:** Su medición aporta información sobre la presencia de cloruros u otros iones en el agua, lo que reduce la cantidad de oxígeno disuelto en esta.
  - **Turbidez o turbiedad:** Permite conocer si hay sólidos en suspensión ya que cuanto mayor turbidez, mayor número de partículas en suspensión, que a su vez deriva en una mayor cantidad de refugios para bacterias, virus y protozoos en esas partículas.
  - **Temperatura:** El rendimiento de la depuradora disminuye cuando la temperatura es inferior a 12.7°C, por lo que es interesante conocerla.
  - **DBO:** La Demanda Biológica de Oxígeno proporciona información sobre la calidad del agua ya que su valor determina la cantidad de oxígeno que precisa el agua para la degradación de los compuestos orgánicos.
  - **DQO:** La Demanda Química de Oxígeno es un indicador de la eficiencia del tratamiento ya que proporciona información sobre la cantidad de materia, tanto orgánica como inorgánica, que es susceptible de ser oxidada, por lo que se conoce así la cantidad de contaminantes.
  - **Nitratos:** La presencia de nitratos y nitritos en el agua es perjudicial en caso de ingesta, por lo que una medición de estos compuestos es importante para poder conocer la calidad del agua tanto que entra como que sale de la planta.
  - **Aceites y grasas:** Estas sustancias absorben una gran cantidad de oxígeno por lo que pueden producir situaciones de deficiencia del mismo en el agua y así fomentar reacciones anaeróbicas que no deberían ocurrir en el tratamiento. Además, al ser de menor densidad que el agua, se encuentran en la superficie reduciendo el paso del oxígeno del aire al agua. Otros inconvenientes relacionados son la formación de atascos en tuberías.
  - **Velocidad de giro:** La velocidad de giro de los biodiscos es fundamental conocerla para saber que la planta está funcionando y poder actuar sobre el proceso si es necesario, modificando la velocidad.
  - **Tiempo de funcionamiento:** Parámetro necesario para las funciones de mantenimiento, por ejemplo para conocer el momento de engrase de los rodamientos o para efectuar paradas y diversos cambios de sentido de giro para desprender la biopelícula.
  - **Consumo eléctrico:** El consumo eléctrico del motor proporciona información sobre si hay algún rodamiento que no funciona correctamente, la presencia de algún elemento que dificulta el giro del eje o un rotor muy cargado por un exceso de biomasa
  - **Equilibrado del rotor:** Con el objetivo de alargar la vida del equipo, es importante realizar un mantenimiento preventivo. Una causa de averías en el eje, la reductora o el motor sería un desequilibrio en el reparto de la carga, ya que produciría un movimiento irregular de rotación y sobrecargaría estos elementos.

## 5 SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD

Según los biólogos, la velocidad tangencial óptima del biodisco debe situarse entre los 0.15 y los 0.3 m/s para no dañar la biopelícula ni que se produzcan reacciones anaerobias o aerobias que perjudicarían el proceso de depuración en el caso de girar demasiado lento o rápido respectivamente.

En consecuencia para calcular la velocidad angular óptima de giro deberemos considerar el tamaño de los biodiscos. Para los tamaños habituales esta velocidad resulta entre 1 y 2 rpm. Su cálculo exacto se realiza en el apartado de dimensionamiento para un caso real.

Para generar el movimiento de rotación del eje principal, es preciso un motor eléctrico. De entre todos los tipos posibles, por su sencillez y facilidad de mantenimiento, destacan los motores de corriente alterna trifásicos con rotor en jaula de ardilla. Como es una instalación pequeña, optaremos por un motor con dos pares de polos autoventilado (Figura 10). Este tipo de motores tienen un coste reducido, son muy duraderos y requieren también de poco mantenimiento al no poseer escobillas en su interior, además de no necesitar una fuente de corriente exterior para su arranque, lo cual es una ventaja.

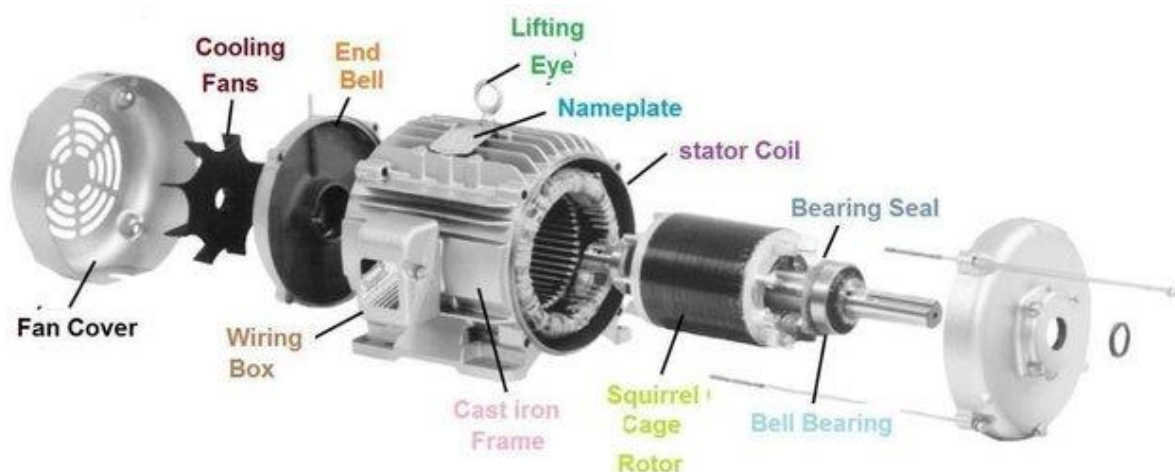


Figura 10: Explosionado de un motor de jaula de ardilla

Fuente: Saif Aldeen Saad Alkadhim (2020). *IoT and Smart System*. DOI: 10.13140/RG.2.2.11796.12162

El motor de jaula de ardilla es un motor de inducción cuyo rotor está formado por un cilindro constituido por diferentes barras conductoras y cuya forma recuerda a una jaula de ardilla. Su funcionamiento se basa en la creación por inducción magnética, de una corriente conducida por las barras de la jaula que a su vez genera un segundo campo magnético que, al interactuar con el primario, produce el par del motor.

Como estos motores giran a velocidades muy altas, en especial si se compara con la necesaria en los biodiscos, es preciso emplear un sistema de reducción para conseguir la velocidad necesaria en el eje principal de la depuradora.

Habitualmente se emplea una reductora de engranajes que conecta el motor eléctrico ya comentado con el eje. Existen diversos tipos de reductoras de engranajes, lo que permite la

elección del más adecuado dependiendo del tipo de esfuerzos u otras condiciones a las que se ven sometidos los engranajes en cada situación.

Dada la elevada reducción de velocidad y el alto par a transmitir, para este caso lo más recomendable es utilizar una reductora de engranajes planetarios o epicicloidal. Esta consiste en un sistema complejo con una corona exterior, dentada interiormente, y en cuyo interior se sitúan tres o más engranajes llamados planetarios, que están unidos por el denominado portasatélites, y que se encuentran engranados alrededor de un engranaje central llamado sol tal y como se observa en la figura 11.

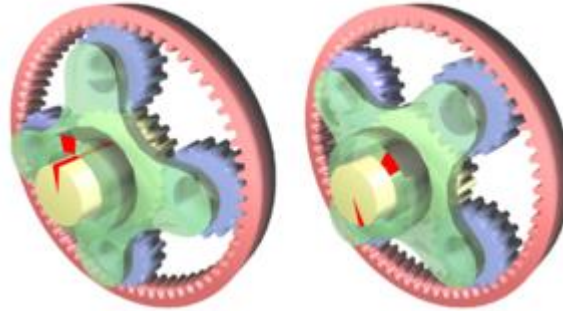


Figura 11: Sistema planetario de engranajes

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje\\_planetario](https://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje_planetario)

A menudo la corona está sólidamente unida a la carcasa del reductor, por lo que es fija, el sol central constituye el eje de entrada y el portasatélites el eje de salida del tren de engranajes. Este tipo de sistema permite 6 disposiciones diferentes resultantes de escoger un elemento fijo, uno de entrada y otro de salida, lo que proporciona una gran variedad de relaciones de transmisión.

Algunas ventajas del engranaje epicicloidal son que posee un elevado rendimiento debido a la baja potencia perdida en la rodadura, una inmensa variedad de relaciones de transmisión (más si se juntan sistemas en serie) y que para igual potencia y par transmitido, su tamaño es menor que el de otros tipos de reductores. Para unas características similares de par y potencia a transmitir, el engranaje planetario ocupa menos volumen que un tren de engranajes fijo.

Una vez definida la reductora, como su relación de transmisión es fija, la velocidad de giro del eje de salida será constante. Como en ocasiones puede ser interesante variar la velocidad de rotación de los biodiscos debido a maniobras de mantenimiento (en ocasiones hay que hacer girar los discos en ambos sentidos y pararlos para desprender mejor la biomasa ya muerta y que no se ha desprendido con el funcionamiento habitual) o si se decide probar con otras velocidades buscando un mayor rendimiento de la planta, vamos a modificar la velocidad de giro del motor eléctrico.

Para poder modificar la velocidad de giro de un motor de corriente alterna se suele emplear un variador o convertidor de frecuencia (Figura 12). Este es un dispositivo que, como su nombre indica, cambia la frecuencia de la corriente que alimenta al motor en el que se instala. Conociendo la ecuación para el cálculo de la velocidad de giro de motores asíncronos (los motores de jaula de ardilla pertenecen a este tipo porque el eje gira a una frecuencia ligeramente inferior que la de sincronismo), se puede variar la frecuencia de forma controlada buscando las revoluciones por minuto deseadas.

$$n = \frac{2\pi f}{P} * (1 - s) \quad (1)$$

Siendo  $n$  la velocidad de giro,  $f$  la frecuencia,  $P$  el número de pares de polos del motor y  $s$  el desplazamiento o deslizamiento, que se corresponde con esa disminución de velocidad respecto la síncrona.

El cálculo del desplazamiento es el siguiente:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (2)$$

Siendo  $n_s$  la velocidad de giro síncrona y  $n$  y  $s$  continúan siendo la velocidad de giro real y el desplazamiento, respectivamente.

La velocidad real de giro a plena carga la indica el fabricante en su catálogo comercial, por lo que es sencillo calcular la frecuencia necesaria para reducir la velocidad del motor a la deseada.



Figura 12: Ejemplo de un variador de frecuencia instalado en una pared.

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_frecuencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia)

Además de mejorar el control sobre el proceso, el variador de frecuencia permite tanto arranques como paradas suaves (habitualmente mediante funciones rampa cuya duración en el tiempo la decide el programador del proceso). Esto además de aumentar la vida útil de la maquinaria supone un menor consumo de energía por lo que es interesante su inclusión en la instalación.

El variador de frecuencia se conectará a un autómata programable, de esta forma según las características de las señales de entrada, el PLC puede actuar según está programado y actuar sobre el variador para así modificar la velocidad de giro del rotor. A su vez, el autómata también permite el control del variador de frecuencia desde el centro de mando remoto, lo que es una gran ventaja. Este aspecto de comunicaciones y control se detallará en el siguiente apartado del documento.



## 6 APLICACIÓN REAL

### 6.1 Caso real

El sistema de control inteligente se va a aplicar a un caso real. Se trata de la planta depuradora de aguas residuales EDAR existente en Xunqueiro (Oleiros). Esta EDAR dispone, entre otros elementos, de un reactor de biodiscos que trata los efluentes de las urbanizaciones cercanas a esta cala de la punta de Mera, antes de verterlos al mar.

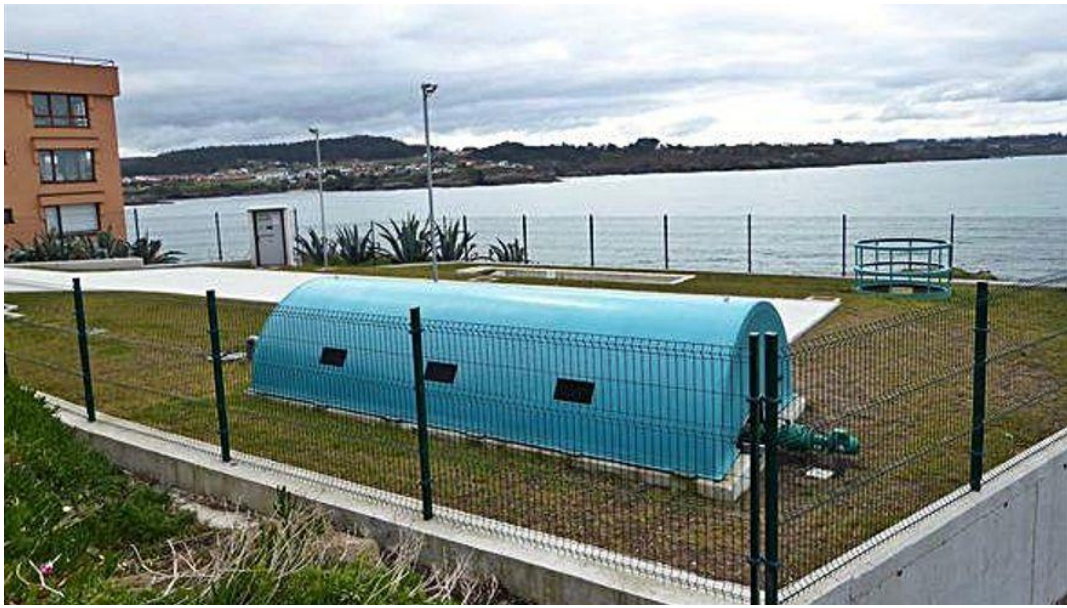


Figura 13: Depuradora de Xunqueiro (Oleiros)

A continuación, se explica cómo se realizaría el dimensionamiento del reactor de biodiscos y de su sistema de accionamiento. Los datos de partida y las consideraciones realizadas son:

La depuradora dará servicio a 283 habitantes equivalentes y no existe previsión de crecimiento de la población. Se estima que cada habitante genera 175 litros diarios de agua residual. Se supone una red de agua ideal, es decir, sin pérdidas, por lo que a la planta llegarán los litros mencionados anteriormente. Hay que tener en cuenta también que se pretende que los biodiscos funcionen durante 25 años, puesto que es una garantía habitual en el sector.

A la entrada de la depuradora, llega agua con las siguientes características:

Concentración de DBO total (mg/l): 343

Porcentaje de la DBO que es soluble a la entrada de los biodiscos (%): 50

Sólidos en suspensión totales (mg/l): 372

Concentración de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ): 0 (el reactor de biodiscos no tratará el amonio)

Concentración de  $\text{NO}_3\text{-N}$  (mg/l): 0 (el reactor de biodiscos no tendrá etapa de desnitrificación)

Temperatura mínima del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ): 13

pH del agua: 8

## 6.2 Dimensionamiento del reactor de biodiscos

### 6.2.1 Caudales diario y nominal

Se comienza con el cálculo del caudal diario:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{diario}} &= N^{\circ} \text{ Habitantes} * \left(1 + \frac{\text{Crecimiento población}}{100}\right)^{\text{Años de vida equipo}-1} \\
 &* \left(1 - \frac{\text{Pérdidas en red}}{100}\right) * \text{Litros generados por habitante} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} \quad (3) \\
 &= 283 * (1 + 0)^{24} * (1 - 0) * 175 * \frac{1}{1000} = 49.525 \text{ m}^3 \text{ diarios}
 \end{aligned}$$

Este caudal se divide entre las 24 horas del día y se obtiene el caudal nominal:

$$Q_{\text{nominal}} = \frac{Q_{\text{diario}}}{24 \text{ horas}} = \frac{49.525}{24} \approx 2.064 \text{ m}^3/h \quad (4)$$

### 6.2.2 Cangilones

El caudal de agua de entrada al reactor depende del número y capacidad de los cangilones que se dispongan y de la velocidad de su eje de giro. Para el dimensionamiento de los cangilones se puede efectuar de dos maneras diferentes, una sería eligiendo un cangilón estándar, es decir, con una capacidad determinada y calcular el número necesario de ellos o al contrario, definir la cantidad de cangilones y calcular un cangilón que tenga la capacidad necesaria para operar correctamente.

En esta ocasión se procede a elegir un cangilón estándar que tiene una capacidad de 2.458 litros, es decir, 0.002458 m<sup>3</sup>.

En relación a la velocidad de giro del eje, se sabe que para conseguir el máximo rendimiento de las bacterias los biólogos recomiendan una velocidad lineal no superior a 0,2 m/s. Con esta velocidad se produce el desprendimiento de la biopelícula cuando tiene el espesor óptimo (unos 5 mm). Como en nuestro caso el diámetro exterior de los biodiscos es de 2 m la velocidad de giro teórica del eje es:

$$\text{vel. giro} = \frac{\text{vel. tan} * 60}{\pi * D} = \frac{0.2 * 60}{\pi * 2} = 1,90 \text{ r.p.m.} \quad (5)$$

Nota: la velocidad de giro dependerá de la relación de transmisión disponible para el modelo de reductora elegida. En cualquier caso el valor máximo de giro del eje será de 1,9 r.p.m.

Y el número de cangilones será:

$$\begin{aligned}
 N^{\circ} \text{ cangilones} &= \frac{Q_{\text{nominal}} (\text{m}^3/\text{h})}{\text{Vel. giro} (\text{rev}/\text{min}) * 60 * \text{Capacidad cangilón} (\text{m}^3)} \\
 &= \frac{2.064}{1.90 * 60 * 0.002458} = 7.4 \rightarrow 8 \text{ cangilones necesarios}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

### 6.2.3 DBO

El tratamiento primario consiste en un tanque *Imhoff*. Los valores típicos de reducción de la DBO total y de los sólidos en suspensión totales son del 25 y del 55% respectivamente. En consecuencia, los valores del influente a la entrada del depurador de biodiscos son:

$$\text{DBO} = 343 \times (1 - 0,25) = 257 \text{ mg/l}
 \tag{7}$$

$$\text{SST} = 372 \times (1 - 0,55) = 167 \text{ mg/l}
 \tag{8}$$

Tal y como se indicó al comienzo de este capítulo se estima que a la entrada del reactor de biodiscos el 50% de la DBO es soluble, por lo tanto la concentración de DBO soluble a la entrada será:

$$\text{Concentración DBO soluble} = \text{Concentración DBO total} * 50\% = 257 * 0.5 = 128,5 \text{ mg/l}
 \tag{9}$$

Cuando se comentó el rendimiento de los biodiscos, en la figura 3, se indicaron también los valores de efluente de salida recomendados para los diferentes contaminantes: Para el caso de DBO<sub>5</sub>, la concentración final debería estar comprendida entre 15 y 25 mg/l. Entonces si se estima que a la salida de esta planta la concentración sea de 25 mg/l, que el rendimiento del reactor biológico para la eliminación de los sólidos en suspensión es del 90% y que el parámetro K por ser efluente secundario es de 0,5 tenemos que la concentración de DBO soluble a la salida será:

$$\text{DBO soluble} = \text{DBO}_5 \text{ total} - K \times \text{SS} = 25 - 0,5 \times 167 (1-0,9) = 16,65 \text{ mg/l}
 \tag{10}$$

A continuación, se calcula el sustrato específico de  $DBO_5$  consumido. Para ello aplicamos la expresión de NOMOD corregida con un factor de carga, el cual depende de la eficacia y del tipo de proceso. Este factor de carga corrige la cantidad de carga orgánica que se fija a la superficie del disco. Sus valores figuran en la tabla adjunta.

Valores del factor de carga	Secundario	Nitrificación combinada	Nitrificación separada
Carga orgánica media	0,3 – 0,5	0,12 – 0,37	0,02 – 0,08
Carga orgánica máxima	0,75 – 1	0,5 – 0,7	-

De estos intervalos se toma el menor valor para depuradoras de 50 Hb equivalentes y el mayor para depuradoras de 1000 Hb equivalentes.

Interpolando para los 283 Hb y para un reactor con solo secundario, se emplearán unos valores de carga orgánica media igual a 0.35 y carga orgánica máxima de 0.81.

La expresión corregida de NOMOD, que empleamos para calcular el sustrato específico consumido, es la siguiente:

$$R_c = \frac{F * DBO_{soluble_{salida}}}{15.1 + DBO_{soluble_{salida}}} = \frac{17,79 * 16,65}{15.1 + 16,65} = 9,01 \text{ g/m}^2 \text{ día} \quad (11)$$

Siendo F el factor de corrección por la concentración de  $DBO_5$  soluble en el influente (mg/l) que puede calcularse de modo aproximado aplicando:

$$F = -11,16 + 5,962 \ln (DBO_5 \text{ sol}) = -11,16 + 5,96 \ln (257 \times 0,5) = 17,79 \quad (12)$$

El valor máximo aceptable de sustrato medio consumido es;  $24,4 \times 0,35 = 8,54 \text{ g/m}^2 \text{ día}$ . Como es menor que 9,01. Tomamos como sustrato específico consumido  $8,54 \text{ g/m}^2 \text{ día}$

Con lo calculado, y a falta de determinar los valores de tres coeficientes, el de tratamiento previo del efluente, el de seguridad y el de corrección por temperatura, ya podemos obtener la superficie mínima de biodiscos necesaria para eliminar la  $DBO$

El coeficiente por tratamiento previo del efluente es igual a 1 en el caso de aguas no pretratadas o tratadas de forma aeróbica y vale 1,5 para el caso de aguas tratadas de forma anaeróbica.

Los tratamientos aeróbicos son caros debido a la energía necesaria para introducir aire en el efluente, no siendo habituales en los núcleos de pequeñas poblaciones. Lo más habitual es que exista una fosa séptica o un tanque *Imhoff*.

En nuestro caso tenemos un tratamiento anaeróbico mediante un tanque *Imhoff*, por lo tanto el valor de P será de 1,5.

El factor de seguridad corrige la superficie calculada en función de la probabilidad de que se produzcan picos de caudal. Lo relacionamos con la población que trata la depuradora de acuerdo a la tabla siguiente:

Población Hb equiv.	> 2.000	2.000 – 1.000	1.000 – 300	300 - 80	< 80
Coeffe seguridad	1,0	1,10 – 1,2	1,2 – 1,30	1,30 – 1,50	1,50

Por lo tanto, interpolando para 283 habitantes se tomará 1,315.

El factor de corrección por temperatura es igual a 1 siempre que la temperatura sea mayor de 12,7 °C. Para temperaturas inferiores se aplica la formula siguiente:

$$T_c = 1.0537^{(12.7-T)} \quad (13)$$

Una vez conocidos, se procede al dimensionamiento de los biodiscos para la eliminación del DBO mediante la ecuación de la conservación del sustrato en condiciones de régimen:

$$A = \frac{Q_{diario} * (DBO_{soluble_{entrada}} - DBO_{soluble_{salida}}) * T_c * Factor_{tratamiento\ previo}}{R_c} * Coef. seguridad = \frac{49,525 * (128,5 - 16,65) * 1 * 1,5 * 1,315}{8,54 * 1000} \approx 1,279 \text{ m}^2 \quad (14)$$

#### 6.2.4 Sólidos en suspensión

Para el cálculo de los sólidos en suspensión totales a la salida de los biodiscos, se emplea la siguiente expresión:

$$SST_{salida} = SST_{entrada} + FPF * (DBO_{soluble_{entrada}} - DBO_{soluble_{salida}}) \quad (15)$$

Para calcular el factor de producción de fangos empleamos:

$$FPF = (-0.0725 + 0.0215 * DBO_{soluble_{salida}}) \quad (16)$$

Obteniendo:

$$SST_{salida} = 167 + (-0,0725 + 0,0215 * 16,65) * (128,5 - 16,65) = 198,56 \frac{mg}{l}$$

### 6.2.5 Amonio

En reactor proyectado no se ha previsto la eliminación del nitrógeno amoniacal. En caso de que quisiera eliminar habría que aumentar la superficie de los biodiscos. Para calcular la superficie adicional seguimos el proceso indicado por el CIDTA que es el siguiente:

El substrato específico de  $\text{NH}_4^+$  a eliminar es:

$$R_N = \frac{NH4_{salida} * NH4_{entrada}}{2 * (NH4_{salida} + 0.05 * NH4_{entrada} * NH4_{salida})} \text{ (g/m}^2 \text{ día)} \quad (17)$$

Nuevamente se calcula un coeficiente de corrección por temperatura,  $T_N$ , que se obtiene de la siguiente manera:

$$T_N = \frac{0.7 * T}{T - 4.13} = \frac{0.7 * 13}{13 - 4.13} = 1.026 \quad (18)$$

Una vez se han hallado  $R_N$  y  $T_N$ , se calcularía la superficie de biodiscos necesaria para la eliminación del amonio empleando de nuevo la ecuación de la conservación del substrato en condiciones de régimen:

$$A = \frac{Q * (NH4_{entrada} - NH4_{salida}) * T_N}{R_N} \quad (19)$$

### 6.2.6 Desnitrificación

Tal y como ha sucedido con el amonio, en el reactor de biodiscos no se tiene previsto reducir la concentración de  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Sin embargo, se explicará el procedimiento sin utilizar datos cuando se necesita reducir el valor de la concentración de  $\text{NO}_3\text{-N}$  tal y como se ha hecho con el  $\text{NH}_4$ .

Se comienza con el cálculo del coeficiente de corrección por temperatura, cuya expresión sirve cuando la temperatura del agua es inferior a  $15^\circ\text{C}$ .

$$T_D = 1.06^{(15-T)} = 1.06^2 = 1.124 \quad (20)$$

Otro coeficiente necesario es el  $T_{pH}$ , válido para cuando este está comprendido entre 6.5 y 8.5, por lo que también sirve para el caso al ser el pH igual a 8.

$$T_{pH} = \frac{1}{1 - 0.8 * (7.2 - pH)} = \frac{1}{1 - 0.8 * (7.2 - 8)} = 0.61 \quad (21)$$

El rendimiento, que es igual al caudal mínimo a recircular, se calcula en función de la concentración de  $NO_3-N$  en la entrada y la salida:

$$Q_R = \frac{(NO_3 - N)_{entrada} - (NO_3 - N)_{salida}}{(NO_3 - N)_{entrada}} * 100 (\%) \quad (22)$$

Siendo:

$$M = \left(\frac{Q_R}{Q}\right) \quad (23)$$

la relación entre el caudal recirculado y el afluente.

Entonces se calcula el substrato específico de  $NO_3-N$  eliminado se calcula con la siguiente expresión:

$$R_D = 0.4 * M * \frac{DBO_{soluble}_{entrada} - 2.4 * Q_R * (NO_3 - N)_{entrada} + M * DBO_{soluble}_{salida}}{(M + 1)^2} \quad (24)$$

Una vez calculado todo, se procede a utilizar nuevamente la ecuación de la conservación del substrato en condiciones de régimen:

$$A = \frac{Q * [(NO_3 - N)_{entrada} - (NO_3 - N)_{salida}] * T_D * T_{pH}}{R_D} \quad (25)$$

## 6.3 Dimensionamiento del accionamiento

Ya se ha comentado en el apartado de dimensionamiento que el diámetro de los biodiscos será de 2 metros y que la superficie total necesaria será de 1.280 m<sup>2</sup>. No obstante, como la especificación técnica del cliente indica que la superficie de los biodiscos debe ser al menos de 1800 m<sup>2</sup> se elige el modelo comercial más próximo que tiene 1.919 m<sup>2</sup>. Tras los procesos de fabricación, los cuales no son objeto de este proyecto, las dimensiones finales de los biodiscos son las descritas en la tabla adjunta.

Velocidad tangencial de los biodiscos (m/s)	0,198
Superficie de los biodiscos en un mismo eje (m <sup>2</sup> )	1.919
Diámetro de los biodiscos (mm)	2000
Distancia media entre biodiscos (mm)	13,5
Superficie unitaria del biodisco (m <sup>2</sup> )	7,11
Coefficiente de rugosidad del biodisco	1,25
Anchura del biodisco (espesor) (mm)	1,5
Rendimiento del rotor	0,99
Diámetro del eje del rotor (mm)	140
Espesor medio de la capa de biofilm (mm)	3
Temperatura del agua (°C)	13
Caudal de agua a tratar (m <sup>3</sup> /h)	2,1
Altura de agua en la noria de entrada (m)	1
Viscosidad del agua residual (cP)	1,2
Densidad del agua residual (kg/m <sup>3</sup> )	1.100

### 6.3.1 Motor y relación de transmisión

En el apartado anterior (5) ya se ha calculado la velocidad de giro a la que rotarán los biodiscos, que será de 1,9 r.p.m., un valor cercano a este debido a que, a pesar de que ya se ha dicho que el engranaje epicicloidial posee multitud de relaciones de transmisión diferentes, estas no son infinitas. No obstante esta velocidad la podremos corregir actuando sobre el convertidor de frecuencia.

El primer paso es seleccionar un motor para realizar los cálculos y ver finalmente si este sirve. Se trata de un método de iteración mediante el cual se extrae la potencia de motor necesaria para el funcionamiento de la planta.

Tal y como se ha explicado en el apartado de control de velocidad, se escoge un motor de corriente alterna de rotor en cortocircuito debido a la gran variedad que existe de este tipo de motores. Se escoge un motor de 2 pares de polos, velocidad de sincronismo 1500 r.p.m. a 50 Hz, y 0,55 kW de potencia en servicio continuo para realizar la primera iteración.

En concreto, se utiliza un motor de la marca CEMER cuyo enlace a una página para realizar la compra se encuentra en la bibliografía [9], en la cual se puede observar su ficha técnica.



Según la información proporcionada por el fabricante, el motor posee una velocidad nominal de 1.380 r.p.m. a plena carga, que será la velocidad que se empleará en el cálculo de la relación de transmisión.

$$Rel. trans. = \frac{vel. giro_{motor}}{vel. giro_{biodiscos}} = \frac{1380 rpm}{1,90 rpm} = 726.316 \quad (18)$$

La selección del motor y transmisión no forman parte del proyecto, el motor comentado anteriormente sirve para realizar estos "precálculos".

El siguiente paso es conocer el número de biodiscos que son necesarios, este cálculo es muy sencillo ya que se trata del cociente entre la superficie total necesaria para realizar la depuración y la superficie de cada uno de los biodiscos. Como no resultará un valor exacto se elige el número entero siguiente, igual que se hizo en el cálculo del número de cangilones.

$$N^{\circ} \text{ biodiscos} = \frac{\text{Superficie total necesaria}}{\text{superficie de un biodisco}} = \frac{1919 m^2}{7.11 m^2} = 269.9 \rightarrow 270 \text{ biodiscos} \quad (27)$$

Una vez conocida la cantidad de biodiscos que se necesitan, se procede a calcular la longitud mínima del rotor, que es multiplicar dicha cantidad por la suma de la anchura de los biodiscos más su separación.

$$\begin{aligned} \text{Longitud del rotor} &= N^{\circ} \text{ biodiscos} * (\text{Ancho biodiscos} + \text{Distancia entre biodiscos}) \\ &= 270 * (1.5 mm + 13.5 mm) = 270 * 15 = 4050 mm = 4.05 m \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} F_{\text{arrastre}} &= \frac{1}{2} * \text{Rugosidad biodisco} * \text{Densidad} \left( \frac{kg}{m^3} \right) * \text{Coef. resistencia} \\ &* \text{Sup. arrastre} (m^2) * \left( \frac{\text{vel. tan.} (m/min)}{60} \right)^2 \end{aligned} \quad (29)$$

La superficie de arrastre es aquella que comprende el 40% de la altura o diámetro de los biodiscos multiplicada por la longitud del rotor de forma que es la superficie sumergida vista desde el plano transversal al eje principal de la depuradora.

$$\begin{aligned} \text{Superficie de arrastre} &= 0.4 * \text{Diámetro biodisco} (m) * \text{Longitud rotor} (m) \\ &= 0.4 * 2 * 4.05 = 3.24 m^2 \end{aligned} \quad (30)$$

El coeficiente de arrastre para un rectángulo se calcula de forma aproximada aplicando:

$$C_x = 2,05 - 1,7 \operatorname{Re} / 10.0000 \quad (31)$$

Siendo  $\operatorname{Re}$  el número de Reynolds que se calcula como:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} &= \frac{\text{Densidad} * \text{Vel. tang.} * \text{Distancia entre biodiscos}}{\text{Viscosidad}} \\ &= \frac{1100 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 12 \left(\frac{\text{m}}{\text{min}}\right) * (13,5 - 2 * 3) * 10^{-3} \text{m}}{1,2 \text{ (cP)}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * \frac{1000 \text{ cP}}{1 \text{ (Pa * s)}} \quad (32) \\ &= 1.375 \end{aligned}$$

Lo que resulta en:  $C_x = 2,05 - 1,7 * 1375 / 10.000 = 1,8$ .

$$\begin{aligned} F_{\text{arrastr}} &= \frac{1}{2} * \text{Rugosidad biodisco} * \text{Densidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * \text{Coef. resistencia} \\ &\quad * \text{Sup. arrastre (m}^2\text{)} * \left(\frac{\text{vel. tan. (m/min)}}{60}\right)^2 \quad (33) \\ &= \frac{1}{2} * 1,25 * 1100 * 1,82 * 3,24 * \left(\frac{12}{60}\right)^2 = 162,16 \text{ kg} \end{aligned}$$

Fuerza de rozamiento. También es necesario el cálculo de la fuerza de rozamiento (también en kg) del fluido para seguir con los cálculos con el fin de calcular el momento de inercia que ejerce el fluido sobre el rotor y así conocer la resistencia al giro que existe, ya que es importante para diseñar la potencia del motor requerido para el funcionamiento de la planta.

$$\begin{aligned} &= \frac{F_{\text{rozamiento}}}{\text{Coef. rugosidad} * \text{Viscosidad (cP)} * 0,368 * \text{Sup. biodiscos en un eje (m}^2\text{)} * \text{Vel. tan. (m/min)}} \\ &= \frac{1 \text{ (Pa * s)} * \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}}{\frac{\text{Distancia entre biodiscos (mm)}}{(13,5 - 2 * 3) * 1000 * 60}} = 28,25 \text{ kg} \quad (34) \end{aligned}$$

Tanto la fuerza de arrastre como la de rozamiento comparten punto de aplicación, que es la distancia a la que se sitúa el centro de gravedad del segmento circular del biodisco que está sumergido en el agua, respecto al eje del rotor. Para simplificar los cálculos, se otorga a esta distancia un valor de  $0,3 * \text{Diámetro del biodisco}$ , valor que se emplea en el cálculo del momento debido a estas fuerzas.

Se procede al cálculo del peso del rotor (nuevamente en kg) con la carga incluida, conociendo las densidades de los materiales, tanto de los biodiscos como del eje, además del tamaño de los rodamientos al igual que la cantidad (2 rodamientos) y la separación entre las etapas de la depuradora:

$$\begin{aligned}
 M_{rotor} &= \text{Sup. biodiscos en eje} \\
 & * \left( \text{Espesor biofilm} * \text{Densidad} + \frac{1}{2} * \text{Ancho biodisco} * 0,946 \right) + \pi \\
 & * \frac{\text{Diámetro eje}^2}{4} * (\text{Longitud rotor} + N^{\circ} \text{Rodamientos} * \text{Ancho rodamiento} \\
 & + \text{Separación entre etapas 1 y 2}) * 7.85 \\
 & = 1919 \text{ (m}^2\text{)} * \left( \frac{3}{1000} \text{ (m)} * 1100 \text{ (kg/m}^3\text{)} + \frac{1}{2} * \frac{1.5}{1000} \text{ (m)} * 946 \text{ (kg/m}^3\text{)} \right) \quad (35) \\
 & + \pi * \frac{0.14^2 \text{ (m}^2\text{)}}{4} * (4.05 + 2 * 0.15 + 0.2) \text{ (m)} * 7850 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 8.244 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Se calcula entonces el momento de inercia del rotor:

$$\begin{aligned}
 I_{rotor} &= \frac{\pi}{32} * D^4 * L * \frac{\delta}{g} = M_{rotor} * \frac{D^2}{8 * g} = 8.244 \text{ (kg)} * \frac{2000^2 \text{ (mm}^2\text{)}}{8 * 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}} * \frac{1 \text{ cm}^2}{100 \text{ mm}^2} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \\
 & = 42.019 \text{ (kg cm s}^2\text{)} \quad (36)
 \end{aligned}$$

El momento de inercia del motor, conociendo el  $GD^2=0.00087 \text{ kg m}^2$ :

$$I_{motor} = \frac{GD^2}{4} = \frac{0.00087 \text{ (kg m}^2\text{)}}{4} * \frac{1}{9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 0.002 \text{ (kg cm s}^2\text{)} \quad (37)$$

Y el momento de inercia de la reductora siendo  $GD^2 = 0,00176 \text{ kg m}^2$ :

$$I_{reductora} = \frac{GD^2}{4} = \frac{0.00176 \text{ (kg m}^2\text{)}}{4} * \frac{1}{9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 0.0045 \text{ (kg cm s}^2\text{)} \quad (38)$$

El siguiente paso en los cálculos, es hallar el momento de aceleración del motor, reductora y rotor:

$$M_{AM} = \frac{\pi * I_{motor} * \text{Vel. giro}_{motor}}{30 * T_{arranque}} = \frac{\pi * 0.002 \text{ (kg cm s}^2\text{)} * 1380 \text{ (rpm)}}{30 * 2 \text{ (s)}} = 0.16 \text{ (kg cm)} \quad (39)$$

$$\begin{aligned}
 M_{AReduc} &= \frac{\pi * I_{reductora} * \text{Vel. giro}_{motor}}{30 * T_{arranque}} = \frac{\pi * 0,0045 \text{ (kg cm s}^2\text{)} * 1380 \text{ (rpm)}}{30 * 2 \text{ (s)}} \\
 & = 0.326 \text{ (kg cm)} \quad (40)
 \end{aligned}$$

$$M_{AR} = \frac{\pi * I_{rotor} * Vel. giro_{biodiscos}}{30 * T_{arranque}} = \frac{\pi * 41700.07 (kg cm s^2) * 1.82 (rpm)}{30 * 2 (s)} = 3973.8 (kg cm) \quad (41)$$

Momento de equilibrio de la carga:

$$M_{FIC} = (F_{arraastre} + F_{rozamiento}) * Distancia al punto de giro \\ = (162,16 + 28,25)(kg) * 200(cm) * 0,3 = 11.424,6 kg cm \quad (42)$$

Otro aspecto importante para el cálculo de la potencia del motor es el rozamiento debido a los rodamientos, por lo que hay que conocer ese dato también:

$$Par rozamiento_{rodamientos} = \frac{0.0008 * M_{rotor} * D_{eje}}{2} = \frac{0.0008 * 8244 (kg) * 14 (cm)}{2} \\ = 46,17 (kg cm) \quad (43)$$

Los cangilones también consumen cierta potencia, aunque esta sea poca, se puede calcular.

$$P_{cangilones} = g * Caudal tratado * Altura agua * Densidad agua * \frac{1}{Rendimiento} \\ = 9.81 (m/s^2) * 2.1 (m^3/h) * 1(m) * \frac{1 h}{3600 s} * 1100 (kg/m^3) * \frac{1}{0,6} \\ = 10,48 (W) \approx 0.0105(kW) \quad (44)$$

A continuación, se procede a calcular el par teórico que necesita el motor, suponiendo un rendimiento de la reductora de un 90% y del rotor del 99%:

$$Par motor_{teórico} = \left( M_{AM} + M_{A_{Reductora}} + \frac{M_{AR}}{\eta_{reductora} * \eta_{rotor} * Rel. transm.} \right. \\ \left. + \frac{M_{FIC}}{\eta_{reductora} * \eta_{rotor} * Rel. transm.} + \frac{Par rozamiento_{rodamientos}}{\eta_{reductora} * \eta_{rotor} * Rel. transm.} \right) \\ + \frac{P_{cangilones}}{Vel. giro_{motor}} \\ = \left( 0.16 (kg cm) + 0,326 (kg cm) + \frac{3973,8(kg cm)}{0.9 * 0.99 * 726,316} + \frac{11.424,6 (kg cm)}{0.9 * 0.99 * 726,316} \right. \\ \left. + \frac{46,17 (kg cm)}{0.9 * 0.99 * 726,316} \right) * \frac{1 m}{100 cm} + \frac{10.48 (W)}{1380 (rpm)} * \frac{60 (s)}{1 min} * \frac{1 (rev)}{2 * \pi (rad)} \\ * \frac{1}{9.81 (m/s^2)} = 0.251 (kg m) \quad (19)$$

Si se estipula un coeficiente de seguridad, por ejemplo de 1.75 para el cálculo del par real necesario, se obtienen los siguientes pares:

$$\begin{aligned} \text{Par salida reductora} &= \text{Par motor}_{\text{teórico}} * \text{Rel. transm.} * \text{Coef. seguridad} \\ &= 0,251 \text{ (kg m)} * 726,316 * 1,75 = 318,92 \text{ (kg m)} \end{aligned} \quad (46)$$

$$\begin{aligned} \text{Par motor necesario} &= \text{Par motor}_{\text{teórico}} * \text{Coef. seguridad} = 0,251 \text{ (kg m)} * 1,75 \\ &= 0.439 \text{ (kg m)} \end{aligned} \quad (47)$$

Finalmente ya se puede hallar la potencia requerida por el motor, tanto para el arranque como para el funcionamiento continuo:

$$\begin{aligned} &\text{Potencia motor}_{\text{arranque}} \\ &= \text{Par motor necesario} \text{ (kg m)} * \text{Vel. giro}_{\text{motor}} \text{ (rpm)} * \frac{1 \text{ (min)}}{60 \text{ (s)}} \\ &\quad * \frac{2 * \pi \text{ (rad)}}{1 \text{ (rev)}} * 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)} + P_{\text{cangilones}} \text{ (W)} \\ &= 0,439 * 1380 * \frac{1 * 2 * \pi * 9,81}{60 * 1} + 10,48 = 632,97 \text{ (W)} = 0.633 \text{ (kW)} \end{aligned} \quad (48)$$

$$\begin{aligned} &\text{Potencia motor continuo} \\ &= \left( \frac{M_{\text{FIC}}}{\eta_{\text{reductora}} * \eta_{\text{rotor}} * \text{Rel. transm.}} + \frac{\text{Par rozamiento}_{\text{rodamientos}}}{\eta_{\text{reductora}} * \eta_{\text{rotor}} * \text{Rel. transm.}} \right) \\ &\quad * \text{Coef. seguridad} * \text{Vel. giro}_{\text{motor}} * \frac{2 * \pi * 9.81}{60} \\ &= \left( \frac{11.424,6 \text{ (kg cm)}}{0.9 * 0.99 * 726,316} + \frac{46,17 \text{ (kg cm)}}{0.9 * 0.99 * 726,316} \right) * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} * 1.75 \\ &\quad * 1380 \text{ (rpm)} * \frac{2 * \pi \text{ (rad/rev)} * 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}}{60 \text{ (s/min)}} + 6.29 \text{ (W)} = 446,038 \text{ (W)} \\ &= 0.45 \text{ (kW)} \end{aligned} \quad (49)$$

De esta forma ya se tiene dimensionado el motor necesario para la planta descrita, para seleccionar el motor entonces se observa que se precisan 0.63 kW como mínimo para vencer las inercias en el arranque. Sin embargo, como tenemos previsto incorporar un variador de frecuencia, y queremos utilizar el motor eléctrico en un campo amplio de frecuencias, debemos considerar la pérdida de potencia al reducir la frecuencia. En consecuencia emplearemos un motor de 1,1 kW, es decir 1,5 cv

## 7 SISTEMA DE COMUNICACIONES

### 7.1 Introducción

Hasta mediados del siglo XX, la industria se encontraba en la denominada primera generación del mantenimiento industrial, que consistía, básicamente, en un mantenimiento correctivo, es decir, reparar los componentes cuando ocurría una avería. Esta forma de mantenimiento supone grandes costes porque, a pesar de que existían procesos de lubricación y limpieza periódicos, el cuidado de los elementos era casi nulo. El resultado es que la vida útil de las máquinas, lo mismo que su rendimiento eran bajos.

A partir de los años 50 y durando hasta los 80, aparece la segunda generación del mantenimiento. Con esta generación se introducen las revisiones cíclicas de los componentes que constitúan las máquinas, así como un sistema de planificación y control de trabajo que se podía informatizar para así obtener un mayor control del mantenimiento realizado sobre la maquinaria. Estos avances produjeron una mayor durabilidad y fiabilidad de las máquinas, lo que se tradujo en una reducción de costes.

La tercera generación del mantenimiento industrial nace en la década de los 80 y se mantiene en la actualidad. En esta generación se hace un mayor esfuerzo para optimizar el mantenimiento tras conocer su importancia en la reducción de los costes de explotación. Los elementos de las máquinas se calculan en base a la vida útil que el cliente espera conseguir. Las máquinas se diseñan de modo que su mantenimiento sea sencillo y fácil de realizar. Se comenzaron a realizar estudios de análisis de riesgos, análisis de causas y consecuencias de fallos componentes y además se introdujo una centralita que guardaba todos los datos de las revisiones. Esta centralita está estrechamente relacionada con la última novedad, el *condition monitoring*, que es el mantenimiento basado en la condición del componente, con el cual se eliminan las actividades rutinarias no obligatorias o que no tienen una rentabilidad contrastada.

El mantenimiento basado en la condición de los componentes ha ido evolucionando con el paso del tiempo, traduciéndose en el uso de dispositivos electrónicos que controlan el estado de los componentes críticos. Así el Reliability Centered Maintenance, RCM, es un modo de mantenimiento basado en la fiabilidad, que estudia los componentes críticos, es decir, aquellos cuyos fallos producen problemas graves en la producción, seguridad u otras consecuencias que es importante evitar. [6]

Como no podía ser de otra manera, el *Internet de las cosas* o *IoT* ha entrado en la gestión de los procesos industriales y en el modo de mantenimiento de los equipos, dando lugar a lo que se conoce como industria 4.0. En esta una serie de dispositivos (en este caso sensores), conectados entre sí mediante una red de comunicaciones, que puede ser internet, y envían sus señales a un centro de control. Desde el centro de control el usuario controla los procesos pudiendo actuar en modo manual sobre ellos o activar un protocolo predefinido de modo automático.

La implementación de esta tecnología es el objeto de estudio de este proyecto de forma que se puedan ahorrar los costes derivados de viajes innecesarios de los operarios a las plantas para conocer el estado en que se encuentran o para realizar correcciones en el proceso. También evita los impactos tanto económicos como ambientales debidos al vertido de aguas residuales como consecuencia de una avería o de un fallo en uno de los procesos de la planta depuradora.

## 7.2 Características generales del control

El sistema de control de la depuradora permitirá su funcionamiento automático con la máxima fiabilidad y proporcionará toda la información del estado de los diferentes parámetros de los que reciba información al centro de mando correspondiente. Desde este centro de mando se podrá actuar sobre los principales equipos de la planta depuradora de forma remota.

Los elementos necesarios para ello serán los siguientes:

- Instrumentación colocada en diferentes zonas de la planta, que medirán y emitirán las lecturas sobre los parámetros especificados.
- Autómata programable para el control del proceso de depuración de aguas residuales.
- Sistema de supervisión y control de forma remota de los elementos de la planta.
- Redes de comunicaciones entre los instrumentos de campo, el Puesto de Trasmisión de Datos (PTD) de la EDAR y la Sala de Control Central (SCC).

## 7.3 Niveles de comunicación

Siguiendo la pirámide de la automatización (figura 14), se puede dividir el proceso en diversos niveles de control de forma que sea posible una mejor gestión del proceso. Para cada nivel indica los elementos a utilizar, y que se deben comunicar con el nivel superior en la pirámide. Al definir estos niveles, hay que tener en cuenta que la pérdida de un nivel (por avería, sustitución u otro motivo) no implica que los inferiores dejen de funcionar a la vez, por lo que se consigue un gran nivel de eficacia en la explotación de la planta.

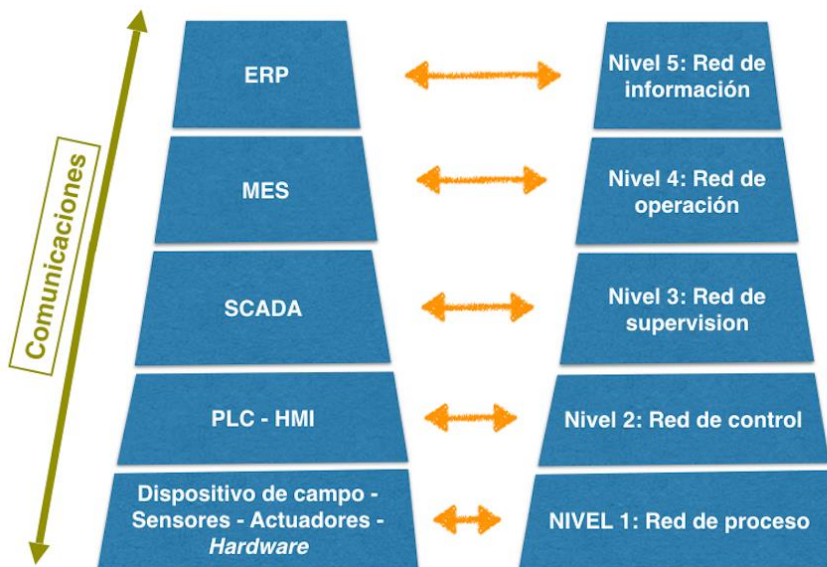


Figura 14: Ejemplo de pirámide de la automatización.

Fuente: <https://www.witorq.org/piramide-de-la-automatizacion-e-industria-4-0/>

### ***7.3.1 Primer nivel***

Llamado red de proceso en la imagen anterior, es el nivel que componen los dispositivos de campo, en esta ocasión los sensores y actuadores. Su misión es proporcionar la información que recogen al elemento superior correspondiente, en este proyecto, el PLC. Algunos, como los actuadores, pueden realizar acciones sobre el medio en vez de recoger datos acerca de él si el PLC les envía la orden.

### ***7.3.2 Segundo nivel***

La red de control, formada por el PLC es el dispositivo encargado del control del proceso industrial. Recibe la información del nivel 1 y según esa información, ejecutan las órdenes para las que está programado. Además de con el nivel 1, se conecta con el 3, al que envía la información enviada por parte de los instrumentos de campo.

### ***7.3.3 Tercer nivel***

La denominada red de supervisión, que consiste en un SCADA, que puede monitorear el PLC a tiempo real y que de eso trata el objetivo principal de este trabajo. Desde el SCADA se pueden enviar órdenes al PLC, lo que evita los viajes hasta la planta para realizar modificaciones. Además se pueden almacenar los datos enviados por el PLC, de forma que se crea una base de datos que permite controlar mejor el funcionamiento del proceso con el tiempo y facilita el mantenimiento ya que se obtiene más información que ayuda a conocer en un futuro el momento ideal de cambio de componentes, por ejemplo.

## **7.4 Instrumentación**

A continuación, se especifican los dispositivos que se emplearán para la medición, control y transmisión de datos necesarios para el control y gestión del reactor de biodiscos. Anteriormente, en el apartado 1.7, ya se han especificado los parámetros de medida para el control de la calidad del agua y del estado de degradación de los elementos transmisión de movimiento y ahora se seleccionará qué sensor se utilizará para cada uno de ellos.

### ***7.4.1 Controlador***

El controlador de la instalación será un controlador lógico programable o PLC (Programmable Logic Controller), que es un dispositivo diseñado para el control, registro y monitoreo de procesos. Sus elementos principales son la CPU, los módulos de memoria y de entradas/salidas, la fuente de alimentación y la unidad de programación. Para su funcionamiento, hay que programar previamente el dispositivo con un software adaptado a la marca y el lenguaje empleado. Además puede funcionar en un ambiente agresivo (ambiente industrial)

La función del PLC es detectar los diversos tipos de señales del proceso y realizar las acciones correspondientes en función de estas señales según fue programado. [7]



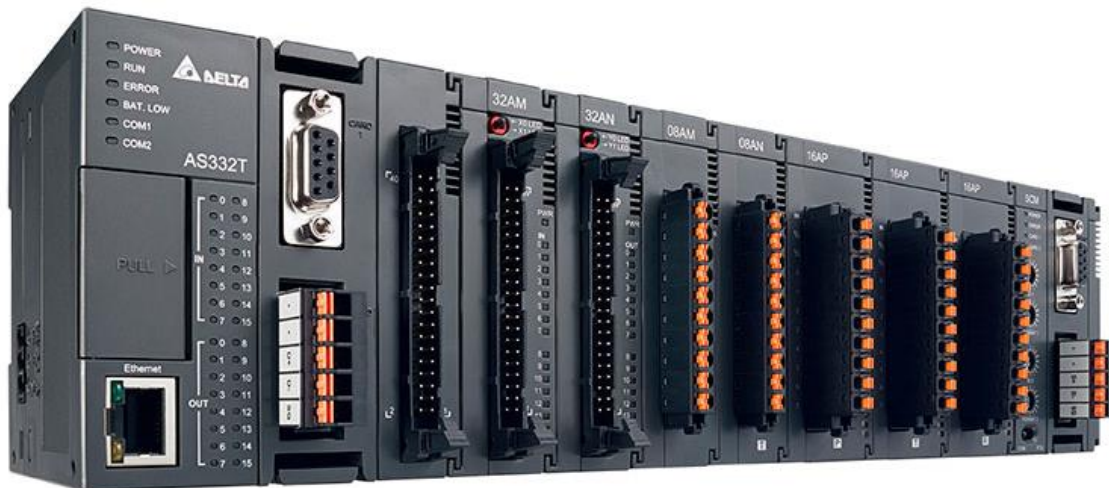


Figura 15: Ejemplo de PLC, modelo AS300 de Delta.

Fuente: <https://variadoresycontroles.com/producto/delta-plc/>

Existen varios tipos de PLC según su estructura:

- **PLC compacto:** Incluye todos sus elementos en un solo bloque, se utiliza en aplicaciones en las que el número de entradas/salidas es pequeño, poco variable y conocido a priori. Son equipos estándar, fácilmente reemplazables y que van dentro de una carcasa estanca lo que permite su empleo en ambientes industriales especialmente hostiles.
- **PLC modular:** Permite que se añadan módulos para más funcionalidades, por ejemplo, entradas/salidas digitales, analógicas o módulos de comunicación para redes. Además, se adapta mejor a las necesidades del diseño y posteriores modificaciones, y permite un funcionamiento parcial del sistema frente a averías localizadas junto con una rápida reparación al ser posible la sustitución de los módulos averiados.

A continuación, se explicarán con más detalles los elementos que forman los PLC's:

- **Bloques principales:**
  - Bloque de entradas:
    - Adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores.
    - Habitualmente proporciona una separación eléctrica, de manera que se protegen los circuitos internos del autómatas.

- 
- Bloque de salidas:
    - Decodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica y las envía a los dispositivos de salida o actuadores.
  
  - Unidad Central de Proceso (CPU):
    - Se trata del “cerebro” del autómata.
    - Su función es la de interpretar las instrucciones del programa de usuario y en función de las entradas, activa las salidas correspondientes.
  
  - **Otros bloques:**
    - Fuente de alimentación:
      - A partir de una tensión exterior, proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos electrónicos del autómata.
      - Batería o condensador de alta capacidad: para mantener el programa y algunos datos en la memoria si hubiera un corte de la tensión exterior.
  
    - Periféricos:
      - Son aquellos elementos auxiliares, físicamente independientes del autómata, que se unen al mismo para realizar una función específica. Como tales no intervienen directamente ni en la elaboración ni en la ejecución del programa.
      - PC o consolas de programación.
  
    - Interfaces:
      - Circuitos o dispositivos electrónicos que permiten la conexión a la CPU de los elementos periféricos descritos.

Para la selección de los sensores, se debe decidir el tipo de señal de entrada que debe recibir el autómata. Actualmente, un tipo muy utilizado en la industria es la señal analógica de 4-20 mA. Este rango es una gran opción debido a su precisión y bajo consumo. Además al ser tan utilizado, existen gran cantidad de equipos que funcionan de este modo y es muy sencillo detectar fallos, es estable y no es peligroso para el ser humano al no llegar al valor de 30 mA. [8]

Respecto al modelo del PLC, con lo ya comentado se observa que lo ideal, debido a la gran cantidad de parámetros que se desean medir, es la utilización de un autómata modular para la implementación de tantos sensores.

## 7.4.2 Sensores

Conocidos los parámetros que se desean conocer para la implementación del sistema de control y el tipo de señal que se desea que reciba el PLC, se pueden seleccionar los sensores correspondientes.

### 7.4.2.1 Caudal

Se opta por la utilización de un caudalímetro electromagnético de la empresa Endress+Hauser, en concreto el Proline Promag 10D (figura 16), que se puede emplear con aguas residuales según la compañía, por lo que es apto para el presente proyecto.



Figura 16: Caudalímetro Proline Promag 10D

Fuente: [es.endress.com](http://es.endress.com)

El dispositivo se usará para la medición del caudal de salida, es decir, del agua tratada de los biodiscos. El funcionamiento del caudalímetro se basa en la ley de Faraday, creando un campo magnético perpendicular al flujo del agua que pasa por el tubo. El agua, al ser un líquido conductor, induce una tensión eléctrica al atravesar el campo magnético. Mediante unos electrodos (cuya distancia entre ellos es conocida) colocados perpendicularmente al campo, se capta la tensión, que será proporcional a la velocidad media del líquido (La figura 17 muestra las orientaciones descritas). Esta tensión luego es procesada y convertida en una medida de caudal.

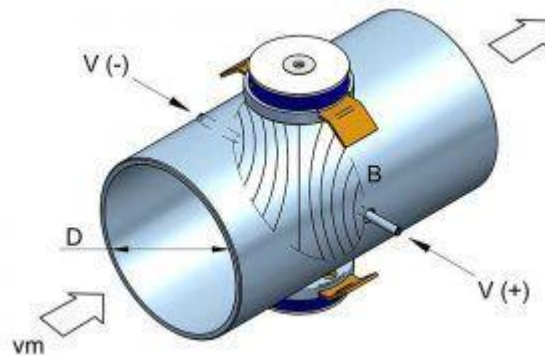


Figura 17: Funcionamiento de un caudalímetro electromagnético en línea

Fuente: <https://tecfluid.com/caudalimetros-electromagneticos-en-linea-o-insercion/>

Para asegurar un correcto funcionamiento del sensor, se deben evitar ciertas zonas de la tubería para el caudalímetro. En el manual de instrucciones facilitado por el fabricante se especifican las situaciones a evitar además de indicando ciertas medidas en función del DN (Diámetro Nominal de la tubería).

Las burbujas de aire pueden provocar mediciones erróneas, para evitar esto, el caudalímetro no se debe colocar ni en el punto más alto de la tubería ni en una salida libre vertical. La figura 18 puede ayudar a comprender la instalación.

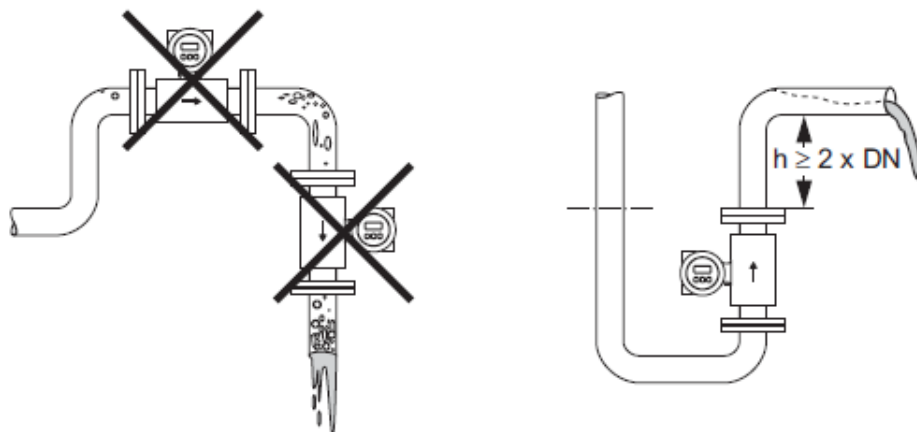


Figura 18: Colocación del caudalímetro para evitar burbujas de aire

Fuente: Manual de instrucciones Proline Promag 10

Si además en la tubería se introduce un equipo de bombeo (figura 19), es preferible que el caudalímetro no esté situado en el lado de aspiración de la bomba, ya que se trata de una zona de bajas presiones y pueden producirse daños en el revestimiento del tubo de medición. En algunas ocasiones es necesaria la instalación de amortiguadores de impulso.

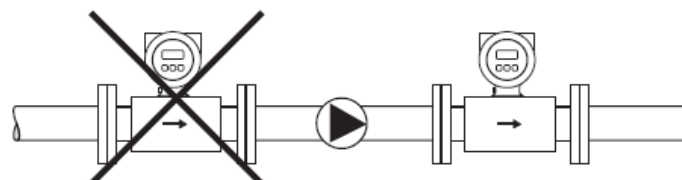


Figura 19: Colocación del caudalímetro en presencia de una bomba

Fuente: Manual de instrucciones Proline Promag 10

Cuando se instala el caudalímetro en una tubería parcialmente llena con pendiente, se emplea una configuración de tipo drenaje, por lo que no se debe colocar el dispositivo en la parte inferior de la pendiente. Además, es recomendable colocar una válvula de limpieza para evitar la acumulación de sólidos en ese punto bajo del desagüe, tal y como se observa en la figura 20.

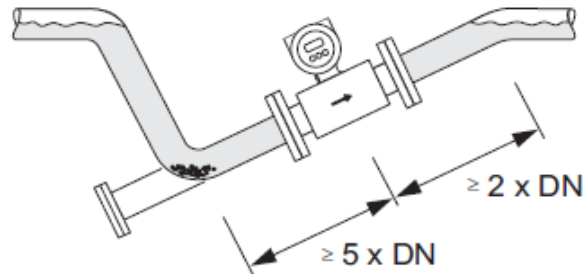


Figura 20: Colocación del caudalímetro en tubería parcialmente llena con pendiente.

Fuente: Manual de instrucciones Proline Promag 10

Para la instalación en una tubería de circulación descendente (figura 21), se debe instalar un sifón o una válvula de purga aguas abajo del sensor y una tubería descendente con una longitud mayor de 5 metros. De esta forma se evita, al igual que al colocar el dispositivo en el lado de impulsión de la bomba, daños en el revestimiento del tubo provocados por las bajas presiones. Esta medida también previene pérdidas de cebado, que podrían derivar en la aparición de bolsas de aire.

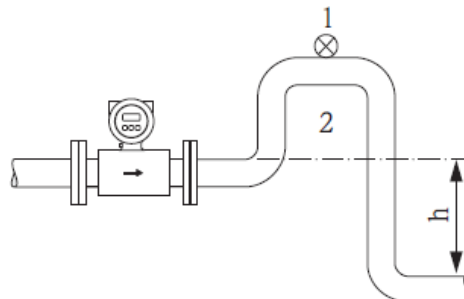


Figura 21: Instalación del caudalímetro en tuberías descendentes.

Fuente: Manual de instrucciones Proline Promag 10

Cabe recordar que además de estas precauciones, existen otras relacionadas con las vibraciones u orientación, por ejemplo. El operario que instale el dispositivo debe encargarse de revisar adecuadamente la documentación relacionada con el dispositivo y así garantizar un buen funcionamiento, tanto del caudalímetro como del sistema automatizado general.

Tal y como se ha especificado anteriormente, el dispositivo procesa la tensión inducida por el campo magnético para conocer el caudal de agua en ese instante, emitiendo una señal analógica de entre 4 y 20 mA. Sin embargo falta mencionar el protocolo de comunicaciones que emplea este dispositivo, puesto que es un dato fundamental para el diseño de la instalación que es objeto del proyecto.

### 7.4.2.2 Nivel

Para el control del nivel de efluente en el interior del tanque, se decide utilizar un transmisor de nivel ultrasónico compacto. Un ejemplo de este dispositivo es el Ultrasonidos Prosonic FMU30 (figura 22), perteneciente a la empresa Endress+Hauser. Según especifica el fabricante, se puede emplear para la medición en aguas residuales, por lo que es válido para el presente proyecto.



Figura 22: Medidor de nivel Prosonic FMU30

Fuente: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-ultrasonidos#tab>

El dispositivo mide el tiempo que tardan en llegar al nivel del líquido los pulsos de ultrasonidos emitidos por el sensor y viceversa. Este tiempo, que es proporcional a la distancia recorrida y consecuentemente a la diferencia de niveles, lo convierte el dispositivo en una señal analógica de 4 a 20 mA. Mediante la programación se asigna 4 mA al tanque vacío y 20 mA al tanque lleno, o al revés según interese.

La colocación del medidor se debe realizar con, la cara del sensor debe ser paralela a la superficie del agua (de lo contrario el receptor no captaría los pulsos de vuelta) y no debe haber ningún obstáculo en medio. El sensor estará situado en la parte superior del tanque.

### 7.4.2.3 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto se puede detectar con un sensor ST3020 de oxígeno disuelto (figura 23) de la empresa pHionics, dedicada a la venta de sensores para el control de la calidad del agua.



Figura 23: Medidor de oxígeno disuelto ST3020

Fuente: <https://www.phionics.com/product/phionics-sts-series-dissolved-oxygen-sensor-transmitter/>

Se trata de un sensor de tipo electroquímico de tipo galvánico. Este sensor posee una membrana permeable que aísla los elementos del dispositivo, y a través de la cual pasa oxígeno que se reduce. Cuando sucede la reacción química, se genera una corriente que se transforma en una concentración de oxígeno. Una vez conocida esta, se envía la señal entre 4 y 20 mA.

#### 7.4.2.4 Potencial redox

Para la medición del potencial redox del agua, se emplea el sensor 1200-S sc (figura 24), de la compañía HACH, que entre sus diversos ámbitos de trabajo, se sitúa el de la automatización en las aguas residuales.



Figura 24: Sensor de ORP 1200-S sc

Fuente: <https://es.hach.com/1200-s-sc-sensor-digital-de-orp-para-controlador-sc/product?id=26096627766>

Este dispositivo utiliza la medición por compensación, que consiste en el empleo de dos electrodos, uno redox y otro de referencia. Los electrodos están fabricados con un metal noble, que es lo que los diferencia con los electrodos empleados para la medición del pH, ya que en ese caso serían de vidrio. El sensor del presente proyecto posee ambos, por lo que sirve tanto para la medición del potencial redox como para la de pH. El rango de medición es entre -1500 mV y +1500 mV, situándose el punto óptimo, según la Organización Mundial de la Salud, en 1971, en 650 mV. Si el valor aumenta, significa que la energía de oxidación también lo hace, sin embargo, si el valor de esa tensión disminuye, la energía que se incrementa es la de reducción.

El valor de la señal de salida (4-20 mA) será directamente proporcional a la concentración de la sustancia seleccionada, por ejemplo 1-10 mg/l de NOx-N.

#### 7.4.2.5 pH

Para la medición del pH, se escoge un medidor GF Signet 2724-2726 pH Electrode (figura 25), que irá conectado al GF Signet 2751 pH Smart Sensor Electronics (figura 26), de forma que la medición del primero se consigue convertir en una señal analógica 4-20 mA, que es lo que interesa para las conexiones del proyecto.





Figura 25: GF Signet 2724-2726 pH Electrode

Fuente: <https://www.instrumart.com/products/30327/gf-signet-2724-2726-ph-and-orp-electrodes>

El electrodo envía una señal eléctrica al sensor, que la convierte en una corriente entre 4 y 20 mA proporcional al valor del pH entre 0 y 14.



Figura 26: GF Signet 2751 pH Smart Sensor Electronics

Fuente: <https://www.instrumart.com/products/44716/gf-signet-2751-phorp-smart-sensor-electronics>

#### 7.4.2.6 Conductividad

El sensor escogido para la medición de la conductividad del agua es el LDL100 (figura 27), fabricado por ifm, compañía dedicada a la fabricación de sensores.



Figura 27: Sensor de conductividad LDL100

Fuente: <https://www.ifm.com/es/es/product/LDL100>

Este elemento mide la conductividad mediante un flujo de corriente desde la punta de la sonda hacia el adaptador de montaje. Los efectos de la temperatura se compensan gracias a un sensor pt1000 incorporado que permite realizar los ajustes necesarios al dispositivo.

La señal de salida es una corriente 4-20 mA proporcional al valor de conductividad entre dos valores configurados, pudiendo colocar el mínimo entre 0 y 7500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el máximo entre 100 y 15000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### 7.4.2.7 Turbidez

La turbidez se puede medir con el sensor RMD-ISST105 de Remond (figura 28). Sin embargo, para el caso de las depuradoras de pequeños núcleos de población, al no utilizar el agua de salida directamente para el consumo humano, no es necesario medir este parámetro.



Figura 28: Medidor de turbidez RMD-ISST105 de Remond

Fuente: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/water-turbidity-probe-digital-online-turbidity-meter-4-20ma-output-turbidity-sensor-1600169282735.html?spm=a2700.7724857.topad\\_classic.d\\_title.23fa5c6b4xggMI](https://spanish.alibaba.com/product-detail/water-turbidity-probe-digital-online-turbidity-meter-4-20ma-output-turbidity-sensor-1600169282735.html?spm=a2700.7724857.topad_classic.d_title.23fa5c6b4xggMI)

Este dispositivo emite un haz de luz y mide la intensidad de la luz dispersa a un ángulo de 90° con respecto al haz original. Este tipo de medida se conoce como nefelometría y su medida es la unidad de turbidez nefelométrica (NUT en inglés).

El sensor emite una señal de entre 4 y 20 mA proporcionales a 0 y 4000 NUT.

#### 7.4.2.8 Sólidos en suspensión

La turbidez y los sólidos en suspensión son parámetros relacionados entre sí ya que se miden de la misma forma, mediante la emisión de un haz de luz y la medición de la luz dispersa a 90°. En el apartado anterior se ha comentado que la turbidez no es necesario medirla en el tipo de EDAR que ocupa al proyecto, pero la medida de sólidos en suspensión sí es necesaria puesto que en documentos oficiales municipales y similares se suele pedir que la cantidad de sólidos en suspensión se sitúe por debajo de los 35 mg/l. La medición de este parámetro puede efectuarse con el Turb Sensor InPro8050 (figura 29) de Mettler Toledo, que es apto para su uso en aguas residuales y posee un rango de medición de hasta 250 mg/l, por lo que es una buena opción para el proyecto.



Figura 29: Sensor de sólidos en suspensión de Mettler Toledo

Fuente: <https://www.mt.com/int/en/home/products/Process-Analytics/turbidity-meter.html>

El sensor emite una señal analógica de entre 4 y 20 mA según la cantidad de sólidos en suspensión detectados tal y como hace el resto de sensores comentados.

La colocación de este sensor es mediante inmersión en el agua, por lo que es sencilla la instalación.

### 7.4.2.9 Temperatura

El control de la temperatura se efectuará con un sensor pt100, en concreto el iTHERM ModuLine TM121 (figura 30) de la empresa Endress+Hauser.



Figura 30: Sensor de temperatura

Fuente: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-temperatura/itherm-moduline-tm121-sensores-rtd-tc>

Este sensor consiste en una termorresistencia, de forma que a 0°C tienen una resistencia eléctrica predeterminada (los pt100 poseen 100 ohmios) y con la variación de la temperatura, varía dicha resistencia, por lo que se puede medir y así conocer la temperatura a la que está el medio. La ecuación que permite controlarlo es la siguiente:

$$R = R_0 * [1 + \alpha * (T - T_0)] \quad (200)$$

El sensor proporciona una salida analógica lineal entre 4 y 20 mA dentro de su rango de funcionamiento que es de -50 °C y 650°C. Por lo tanto es fácil calcular la temperatura del fluido.

### 7.4.2.10 DBO y DQO

La medición en línea del DBO y DQO es algo inusual debido a que es un proceso de alto coste, por lo que normalmente se envían muestras a un laboratorio. Sin embargo, para el control que se pretende en esta ocasión, se opta por la utilización de un método de medición indirecto.

Sabiendo que existe una relación constante entre DQO y DBO, conociendo uno de ellos es posible conocer el otro dato, por lo que se puede medir indirectamente la DQO mediante

coeficiente de absorción espectral a una longitud de onda de 254nm (SAC254). Para esta medición se emplea un espectrómetro, que evalúa la absorbancia de la luz ultravioleta a esa longitud de onda (254 nm) de forma que a mayor absorbancia, mayor es la cantidad de DQO y viceversa. A pesar de no obtener el valor real (existe cierto error), permite conocer con cierta precisión el valor de estos parámetros y conocer si estos aumentan o disminuyen pudiendo actuar en consecuencia. [11]

Para la instalación se escoge el sensor UV Uvas plus sc para carga orgánica que se observa en la figura 31, que realizará el trabajo descrito en el párrafo anterior.



Figura 31: Sensor de medición SAC254, Modelo UVAS sc, Marca Hach.

Fuente: <https://es.hach.com/sonda-uv-uvvas-plus-sc-para-carga-organica-inmersion-bypass-camino-optico-de-2-mm/product?id=26096684426>

Para conocer la DBO existente, tal y como se ha comentado, se utiliza la relación entre esta y la DQO, que suele ser bastante estable para cada tipo de agua. En el caso de aguas residuales urbanas, clase de agua para la que se realiza el proyecto, las relaciones serían las siguientes:

$$DQO_{total}/DBO_u = 1.43$$

$$DQO_{total}/DBO_5 = 2.08$$

Siendo  $DBO_u$  la DBO última y  $DBO_5$  la DBO a cinco días.[12]

#### 7.4.2.11 Amonio (NH<sub>4</sub>)

El amonio es un parámetro importante en el caso de plantas con cámara anóxica. Debido a que en este caso no existe al no ser necesaria, no se implementará ningún sensor para dicha substancia. Sin embargo, en caso de necesitarlo, se puede emplear el sensor AN-ISE sc with RFID Sonda ISE de Amonio y Nitrato (figura 32), también perteneciente a la empresa Hach.



Figura 32: Sensor de amonio

Fuente: <https://es.hach.com/an-ise-sc-with-rfid-sonda-ise-de-amonio-y-nitrato-de-bajo-coste-inmersion-10-m-de-cable/product?id=26096666514>

#### 7.4.2.12 Aceites y grasas

La medición de aceites y grasas en línea es otra medición compleja la cual requiere dispositivos sofisticados como la Sonda de fluorescencia FP360 sc para PAH/aceite (figura 33) de Hach. Como la medición de grasas y aceites es importante, no se puede prescindir de este sensor, el de mayor precio de la lista.



Figura 33: Sensor de aceites y grasas

Fuente: <https://es.hach.com/sonda-de-fluorescencia-fp360-sc-para-pah-aceite-0-500-ppb-pah-cuerpo-de-titanio-cable-de-10-m-sin-limpieza/product?id=26096685584>

La sonda funciona mediante la medición de la intensidad de la luz fluorescente a una longitud de onda de 360 nm emitida por hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) tras una irradiación con UV a 24 nm. Como la intensidad de la luz es proporcional a la cantidad de aceites en el agua, se puede emitir una señal de salida también proporcional.

Dicha señal es de entre 4 y 20 mA como el resto de dispositivos de la lista.

#### 7.4.2.13 Velocidad de giro

La velocidad de giro del rotor se mide mediante un sensor óptico conectado a un display analógico. Este display muestra directamente la velocidad en revoluciones por minuto y además envía la señal analógica al PLC.



Figura 34: Sensor óptico láser

Fuente: <https://monarchinstrument.com/collections/remote-sensors/products/remote-optical-sensor-with-8-ft-cable-and-mounting-1-8-phone-plug>

En concreto se utilizan el sensor óptico láser ROLS de Monarch (figura 34) y el tacómetro ACT - 3X con display y también de la empresa Monarch (figura 35).



Figura 35: Tacómetro Monarch

Fuente: <https://monarchinstrument.com/products/panel-tachometers-act-series>

#### 7.4.2.14 Tiempo de funcionamiento

El tiempo de funcionamiento, parámetro necesario para realizar diversas tareas de mantenimiento, se puede conocer mediante el propio reloj del PLC utilizado, por lo que no es necesario comprar ningún dispositivo.

#### 7.4.2.15 Consumo eléctrico

Para conocer el estado de los rodamientos se suelen emplear vibrómetros de altas frecuencias. Dado el elevado precio de estos elementos y considerando la importancia que tienen los rodamientos en este equipo se considera que es suficiente con realizar una medición indirecta basada en el consumo eléctrico: Un aumento de este puede implicar una mayor resistencia al giro por parte del eje, por lo que puede significar que los rodamientos están dañados y dificultan la rotación pudiendo dañar también el eje. De producirse este hecho en una visita programada los operarios revisaran los rodamientos.

La medición se puede hacer con el analizador de red CVM – B100 (figura 36) de la marca Circutor, que es un sensor de consumo de potencia eléctrica y que emite una señal entre 4 y 20 mA con un valor de señal proporcional al rango de medida que se observa en su manual.



Figura 36: Sensor de consumo eléctrico

Fuente: <https://www.eenergie-shop.es/control-industrial/medidores-y-contadores/analizador-red-cvm-b100-itf-485-ict2>

#### 7.4.2.16 Equilibrado del rotor

El desequilibrio de un rotor se puede medir con una combinación de dispositivos, que sería un tacómetro (se compararía otro como el que se coloca en el motor y que se ha comentado anteriormente) y dos analizadores de vibraciones o acelerómetros. De esta



manera se conoce la frecuencia de giro del rotor gracias al tacómetro y se miden las vibraciones en los soportes del eje.

Estas mediciones permiten analizar la fase y realizar su espectro al igual que el de vibraciones. Mediante análisis como este, se realizan ciertas comparaciones a frecuencias específicas en las que se conoce que aparecen grandes vibraciones como puede ser a una frecuencia de 1xRPM. Existen multitud de análisis diferentes pero el análisis del espectro es de los más útiles.

Para la depuradora de biodiscos se puede emplear el tacómetro ya comentado y unos vibrómetros como los MTN/1185 (figura 37) de Omni Instruments.



Figura 37: Vibrómetro MTN/1185

Fuente: <https://www.omniinstruments.co.uk/mtn1185-vibration-sensor-4-20ma.html>

El dispositivo emite una señal de salida de 4-20 mA proporcional a la velocidad RMS, que es la velocidad de amplitud.

#### 7.4.2.17 Controlador para medidor de DQO y de potencial redox

Se ha comentado que las salidas de los medidores de potencial redox y de DQO son de 4-20 mA, sin embargo no es así directamente. De los sensores sale una señal digital que se transmite al controlador digital sc200 (figura 38), que emitirá 2 salidas analógicas hacia el PLC.



Figura 38: Controlador sc200

Fuente: <https://es.hach.com/sc-200-controlador-digital-de-2-canales-2x-digital-2x-ma-out/product?id=26096723199&callback=pf>

### 7.4.3 Variador de frecuencia

El variador de frecuencia escogido para el proyecto es el SIEMENS SINAMICS V20 (figura 39), que posee entradas y salidas tanto digitales como analógicas que permiten la comunicación con el PLC.



Figura 39: Variador de frecuencia SIEMENS SINAMICS V20

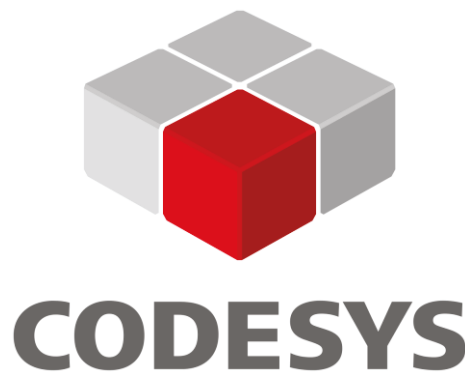
Fuente: <https://www.automation24.es/variador-de-frecuencia-siemens-sinamics-v20-6sl3210-5bb17-5bv1>

Tal y como se ha visto en el apartado 6.3 de dimensionamiento del accionamiento, la potencia necesaria para el motor es de 1,1 kW. El variador de frecuencia escogido se corresponde con el modelo de potencia nominal de 1,1 kW, de forma que actúa en concordancia con el motor.

#### 7.4.4 Software

Una vez conocidos los sensores a emplear, se debe buscar el PLC adecuado que permita controlar todos los dispositivos ya mencionados, lo que debería ser sencillo debido a que las utilizadas, que son las analógicas, cumplen un estándar muy extendido.

Sin embargo, el dispositivo debe ser compatible con un software de programación de autómatas. Entonces se puede proceder a escoger un PLC y a posteriori utilizar el software con el cual es compatible u optar por el proceso a la inversa, seleccionando un software y tras ello escoger un PLC compatible con el mismo. Para el trabajo se utilizó la segunda estrategia debido a la preferencia por el programa Codesys.



*Figura 40: Logo de CODESYS*

Codesys es el software de programación de PLC's industriales independiente del fabricante líder siguiendo el estándar internacional IEC 61131-3. Esto es una gran ventaja, partiendo de su condición de gratuito hasta la de universal extendido, de forma que multitud de fabricantes lo utilizan para programar sus productos.

Como se ha mencionado, sigue el estándar IEC 61131-3, de forma que se dispone de cinco lenguajes de programación diferentes, lo cual es un gran punto a favor para apostar por el programa. Estos lenguajes de los que dispone son:

- I. Bloques de función secuenciales (SFC – Sequential Function Chart)
- II. Lenguaje escalera (LD – Ladder Diagram)
- III. Lista de instrucciones (IL – Instruction List)
- IV. Diagrama de bloque de funciones (FBD – Function Block Diagram)
- V. Texto estructurado (ST – Structured Text)

Otra de las ventajas de Codesys es que en el programa ya está integrado un simulador y HMI, lo que lo convierte en un software muy completo y cómodo con el que automatizar el proceso y de forma muy visual al poder observar las animaciones correspondientes al simulador.

### 7.4.5 Elección del PLC

Una vez se conoce el software y los protocolos de los sensores, se puede escoger el PLC con el que realizar el control del proceso. Entre los fabricantes con mayor reconocimiento que fabrica componentes basándose en CODESYS, se encuentra ABB, del cual se puede emplear el PLC AC500 (figura 41).

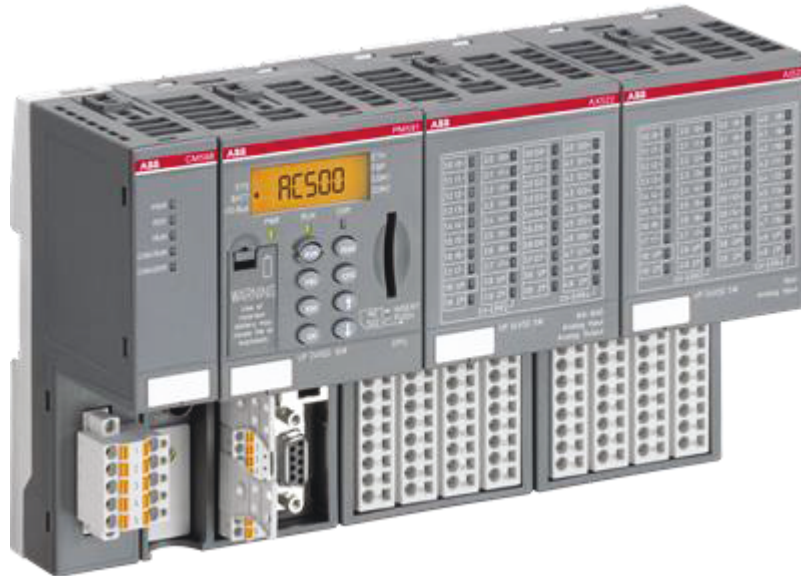


Figura 41: PLC AC500, marca ABB

Fuente: <https://new.abb.com/plc/es/automatas-programables-plc/ac500>

Este modelo es una gran opción debido a la gran gama de módulos de los que dispone, ya que le otorgan una gran flexibilidad, que le permite controlar procesos con requisitos muy específicos y variados.

Debido a que el PLC trae en un inicio 8 entradas analógicas, se debe comprar un módulo extra para añadir otras 8, de forma que se tienen 16 entradas. Un módulo que cumpla es el AX522, que es como los 2 módulos que se observan a la derecha de la CPU en la figura 41.

### 7.4.6 Fuentes de alimentación

Tal y como se comentará en apartado 7.5, la red general será de 230 VCA, de forma que si algún dispositivo no funciona con dicha tensión, se le deberá acoplar una fuente de alimentación que le suministre la tensión requerida.

.De la instrumentación comentada anteriormente, hay varios sensores que precisan de fuente de alimentación propia, estos son el medidor de oxígeno disuelto (8-40 VCC), el transmisor del sensor de pH (12-24 VCC), el sensor de conductividad (18-30 VCC), el sensor óptico láser para la velocidad de giro (3,3-15 VCC) y el vibrómetro (12-32 VCC).

Para proporcionar esa tensión a los dispositivos, emplearemos una de las salidas a 24 Vcc que posee el PLC, a excepción del sensor óptico, para el cual hay que escoger una fuente de alimentación propia.

La fuente de alimentación escogida para suministrar la tensión a los sensores ópticos láser, es la fuente de alimentación ABL1REM12050 (figura 42), de la empresa Schneider Electric.



Figura 42: Fuente de alimentación ABL1REM12050, marca Schneider Electric

Fuente: <https://www.se.com/cl/es/product/ABL1REM12050/fuente-de-poder-100..240v-ac---salida-12v-dc---5a/>

Se trata de una fuente de alimentación conmutada con entrada de 230 VCA y una salida de 12 VCC, voltaje válido para los sensores ópticos, de forma que soluciona la falta de una salida de 12 VCC por parte del PLC.

## 7.5 Cuadro de fuerza y control

### 7.5.1 Cables

Tal y como se ha visto, gran parte de los instrumentos requieren una alimentación a 230 VCA y los que no la precisan, reciben la tensión especificada por el fabricante mediante algún otro dispositivo que sí se alimenta con 230 VCA.

Estos 230 voltios deben ser suministrados a los instrumentos desde el I cuadro de fuerza y control. Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), y en concreto la instrucción ITC-BT-14 correspondiente a la línea general de alimentación, los cables adecuados son los que cumplen la norma UNE 21.123.

Para alimentar a la instrumentación elegimos un cable sin armadura con conductores de cobre flexible y cubierta de policloruro de vinilo, sin armadura ni pantalla, con una tensión máxima admisible de 1000 V, tipo TV-K 06/1 kV (figura 43)



Figura 43: Cable RV-K 0,6/1kV, marca RCT

Fuente: <https://www.cablesrct.com/productos/cables-por-material/cables-pvc/170-0-6-1kv/1058-rv-k-0-6-1kv#caracteristicas-tecnicas>

Como el suministro requerido es monofásico, la intensidad requerida por los equipos es baja y se trata de una instalación subterránea elegimos un cable tripolar (fase, neutro y tierra) de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección con cubierta de PVC del fabricante RCT que cumple la norma UNE 20460-5-523.

La intensidad máxima admisible de este cable en instalación subterránea y con cubierta de PVC tal y como indica la ITC-BT-07 es de 23 A, valor muy superior al que van a requerir los equipos a alimentar.

Para simplificar la compra de los elementos para los cables en instalación aérea exterior elegimos el mismo conductor.

Para la conexión entre los dispositivos de medida y los sensores con el cuadro de control, como las intensidades son muy bajas y al objeto de eliminar las interferencias elegimos un cable con pantalla metálica de 2x1,5 mm<sup>2</sup>

. Un ejemplo de este cable es el de la figura 44, correspondiente a la empresa Centelsa.



*Figura 44: Cable con pantalla de cinta de cobre*

*Fuente: Catálogo de Centelsa*

### 7.5.2 Canalizaciones

Los cables hay que protegerlos cuando se encuentran expuestos al exterior o se encuentran bajo tierra. Esta protección se realiza con las canalizaciones, que consisten en tubos de distintos materiales, tanto metálicos como no metálicos, y que protegen a los conductores frente a daños tanto físicos debido a algún motivo del exterior como defectos ocasionados por la corrosión. Deben cumplir la norma UNE-EN 61386.

Debido a que la depuradora posee agua y que además está situada en una zona costera, las canalizaciones metálicas, que suelen ser de acero (figura 45), no son una buena opción por culpa de la humedad.



*Figura 45: Canalización de acero*

*Fuente: <https://www.espaciohonduras.net/canalizaciones-electricas-tipos-y-usos>*



Para la depuradora de biodiscos que ocupa este trabajo, se emplearán dos tipos diferentes de canalizaciones de polietileno (PE) para las zonas subterráneas y de PVC rígido para las partes superficiales.

Las canalizaciones de PE (figura 46) y son las más utilizadas para la protección de cables que van bajo tierra. Los tubos de PE curvos corrugados tienen la ventaja de poder adoptar formas curvas, de forma que se adaptan muy bien al terreno. Además, el polietileno es un material que resiste muy bien ante la corrosión, por lo que se trata de una elección muy acertada para proteger los cables en los tramos subterráneos entre el cuadro de fuerza y los instrumentos.



Figura 46: Canalizaciones de polietileno (PE) corrugadas

Fuente: <http://inelci.mx/producto/tuberia-pead-corrugada-4-rollo/>

Para los tramos superficiales, tal y como indica la normativa, se opta por una canalización rígida en concreto por la de policloruro de vinilo (PVC), la más extendida y cuyo ejemplo se puede observar en la figura 47. Estos tubos deben estar bien protegidos contra los agentes exteriores para así evitar la corrosión u otros defectos.



Figura 47: Canalización rígida de PVC

Fuente: <https://www.mercantilelectrico.com/tubo-pvc-rigido-enchufable-m20-negro-tira-3-metros-pvc-m20-nr.html>

### 7.5.3 Cajas de registro

Las cajas de registro son unos elementos que permiten la conexión de cables en un entorno que queda oculto (por el factor estético) y seguro al estar fabricada de un material aislante. De esta forma, en caso de producirse una sobrecarga, la caja de registro evita que se propague un incendio por el lugar de la instalación.



Figura 48: Caja de registro eléctrica de PVC con conos de presión.

Fuente: <https://www.gyemo.com/caja-estanca-cuadrada-con-conos-100x100x45mm-tapa-a-presion-solera-615.html>

En la figura 48 se puede observar un ejemplo de caja de registro fabricada con PVC y con conos de presión. Este tipo de caja es la que se implementará en la planta depuradora, ya que los conos de presión permiten la entrada de gran variedad de cables o canalizaciones al disponer de diferentes diámetros de entrada (cada nivel del cono sería un diámetro diferente de entrada) y algunos conos son flexibles, de forma que facilita la entrada de tubos gruesos y poco flexibles en la también denominada caja estanca.

### 7.5.4 Cuadro eléctrico

Una vez definidos los sensores y los elementos de conexión y por tratarse de una reforma de una obra ya existente, procederíamos a incorporar en el cuadro principal las protecciones necesarias para los elementos que constituyen la automatización de la depuradora de biodiscos. En principio el instalador, cumpliendo la normativa debería haber dejado espacio suficiente en el cuadro para poder hacer esta ampliación.

No obstante como desconocemos el cuadro actual vamos a ver como se haría, si fuera necesario, un nuevo cuadro solo para la instrumentación. En el presupuesto se contemplará la opción de ampliar el cuadro actual por ser la alternativa más razonable.

En un Cuadro de Mando y Potencia (CMP) es de obligación la presencia de de los siguientes dispositivos:



- Interruptor General Automático (IGA): Habitualmente es un interruptor magnetotérmico cuya tarea es la de proteger la instalación y los dispositivos conectados a ella de sobrecargas o cortocircuitos. Un ejemplo del mismo se puede observar en la figura 49.



Figura 49: Interruptor General Automático

Fuente: [http://tec.amordedioscadiz.org/tec4/interruptor\\_general\\_ig.html](http://tec.amordedioscadiz.org/tec4/interruptor_general_ig.html)

- Dispositivo de Protección Contra Sobretensiones (DPCS): Aparato de protección para instalaciones en las que es necesario el funcionamiento continuo de la instalación o debido a la presencia de instrumentos de gran valor, por lo que es recomendable aumentar la seguridad de los mismos. Protege de sobretensiones ocasionadas por rayos u defectos en la red eléctrica.



Figura 50: Dispositivo de Protección Contra Sobretensiones

Fuente: <https://www.domelectra.com/tiendaonline/1247-proteccion-combinada-contrasobretensiones-combi-spu-1pn-25a-schneider-electric>

- Interruptor Diferencial (ID): Dispositivo electromecánico como el observable en la figura 51 y que protege a las personas ante contactos directos (tocar directamente un cable) e indirectos (tocar elementos metálicos que no debería poseer tensión eléctrica, por ejemplo una carcasa de algún aparato). El diferencial detecta, tal y como indica su nombre, una diferencia en la intensidad del circuito, de forma que cuando detecta la misma, el interruptor se activa cortando el circuito. Es bastante habitual que el IGA y el ID formen parte del mismo dispositivo, aunque no tiene por qué ser de ese modo.



Figura 51: Interruptor Diferencial

Fuete: <https://www.se.com/es/es/product-range/7559-interruptor-diferencial-acti-9-iiid/>

- Pequeño Interruptor Automático (PIA): Aparato magnetotérmico que protege los circuitos individualmente y que salta cuando se sobrepasa el límite de intensidad, de forma que interrumpe ese circuito concreto y no el resto, que seguirían funcionando. Un ejemplo es el de la figura 52.



Figura 52: Pequeño Interruptor Automático

Fuente: <https://www.ilumitec.es/automatico-2p-ic60n-schneider>

Estos dispositivos se disponen en cascada de forma que primero saltan los PIA en caso de algún problema, luego otros posibles PIA que pudiesen estar colocados más arriba en la cascada, luego el ID y finalmente el IGA. De esta forma, se consigue que los dispositivos no afectados por el problema existente sigan funcionando, lo cual es positivo en cualquier industria o vivienda. Un ejemplo de esta distribución es el que se muestra en la figura 53.

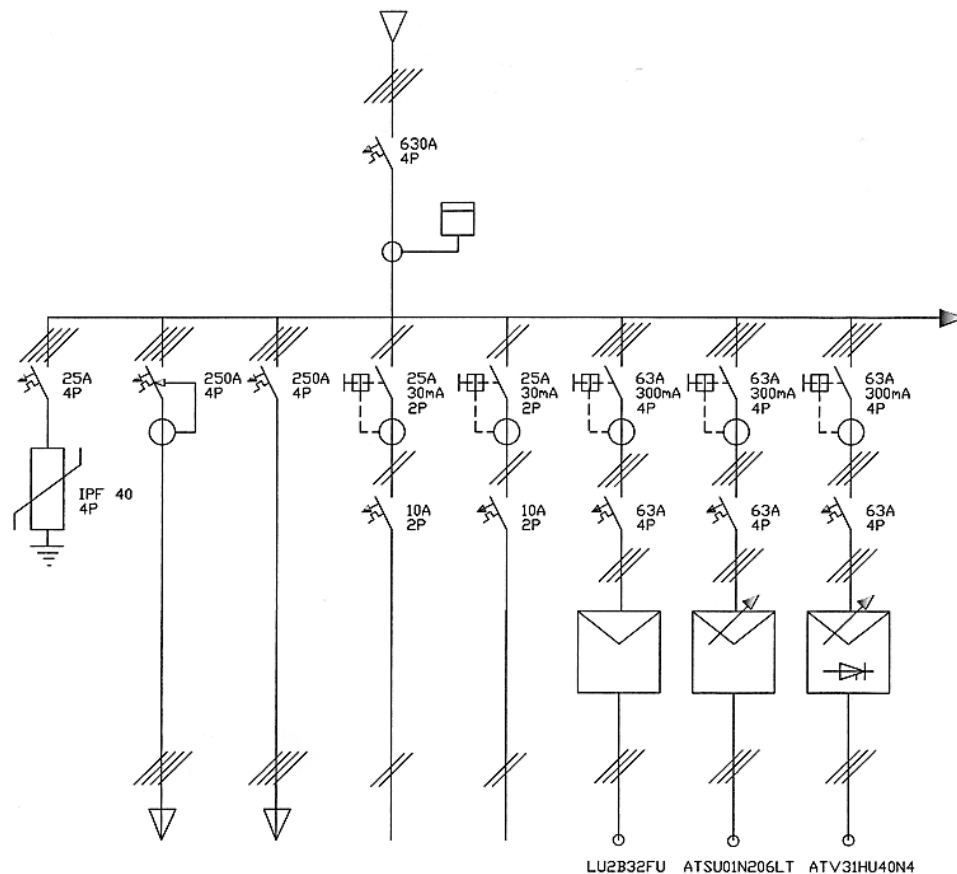


Figura 53: Ejemplo de esquema unifilar de distribución eléctrica.

Fuente: <https://www.infoplc.net/documentacion/11-instalaciones-cuadros-electricos/1971-cuadros-el%C3%A9ctricos-13-planificaci%C3%B3n-montaje-de-placa-%E2%80%93-practica-2-1>

En el caso del cuadro eléctrico correspondiente a la instrumentación del proyecto, este es mucho más sencillo que el observable en la figura 53. Esto se debe a que con un único circuito se puede hacer la distribución puesto que a cada PIA se le suelen otorgar un máximo de 5 líneas. En este proyecto, el único PIA que se debería colocar, se haría cargo de la conexión con el PLC y con la fuente de alimentación, que son dos conexiones, por lo que se le podrían añadir hasta tres más. Los sensores ópticos láser van conectados a la fuente de alimentación y el resto al PLC al tener ya su salida de 24 VCC.

Entonces, el esquema unifilar correspondiente a esta instalación sería una como la de la figura 54, que como se ve, es mucho más simple que la anterior.

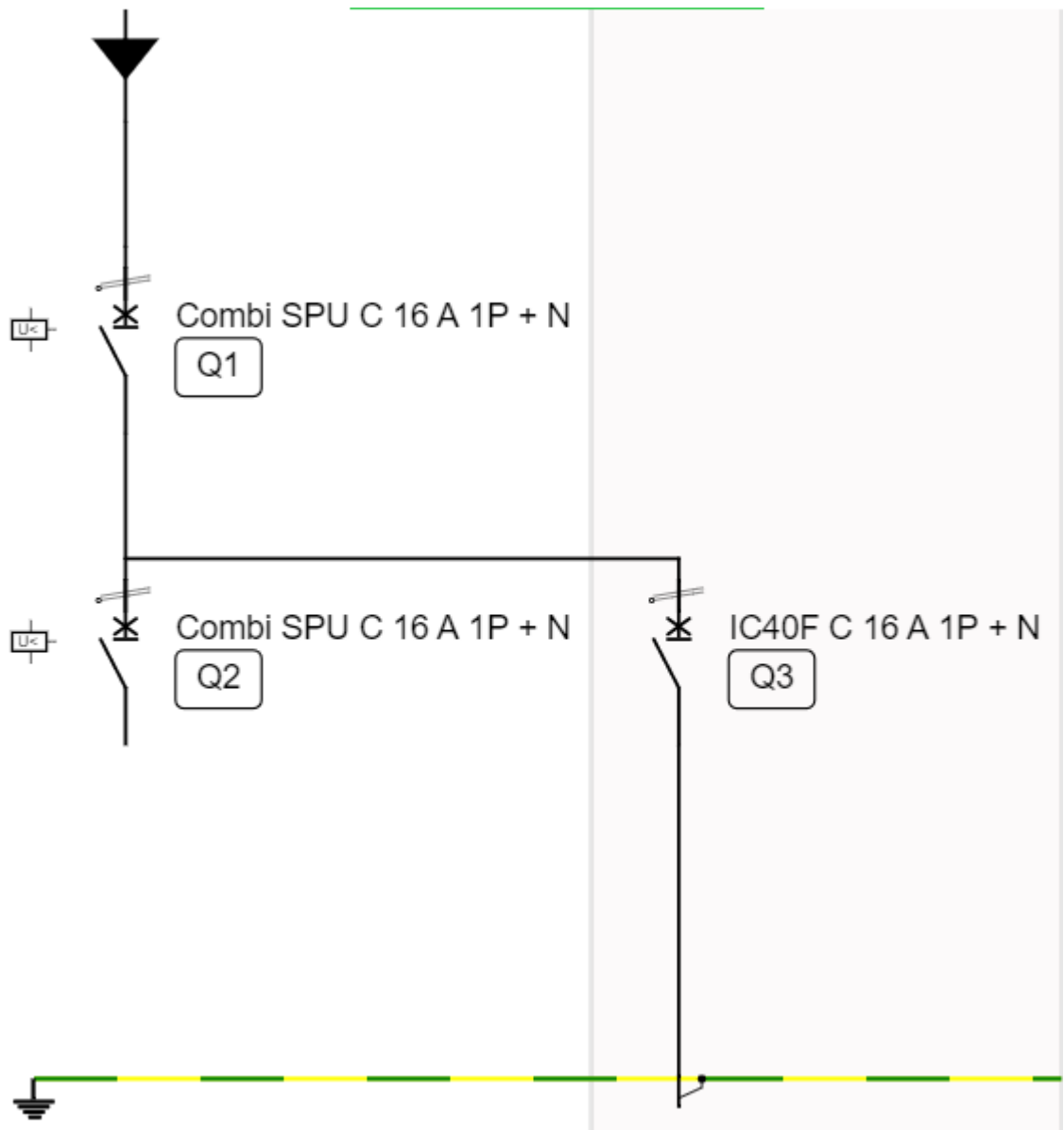


Figura 54: Esquema unifilar de la distribución eléctrica del proyecto.

El elemento inferior de la izquierda se corresponde con el Dispositivo de Protección Contra Sobretensiones y se conecta en paralelo a la instalación, que en este caso sería el PIA de la derecha, al cual se conectarían los aparatos mencionados.

Una vez se conocen todos los dispositivos a colocar en el CMP, se comprarían y colocarían en un armario habitualmente, aunque hay diferentes recintos en los que guardar y proteger estos cuadros. Mediante el software EDesign, fue posible recrear una imagen realista del cuadro correspondiente a la instalación de la figura 54, y así poder previsualizar en la figura 54 cómo sería en la vida real.



Figura 55: Simulación del cuadro eléctrico real

## 7.6 Conexión inalámbrica

Tal y como se ha comentado, el proceso podrá ser controlado a distancia desde la Sala de Control Central (SCC) y también se le enviará información sobre el estado de la planta depuradora a ese lugar. Esta conexión se realizará inalámbricamente mediante internet.

Existen distintas opciones para lograrlo, una es mediante un servidor OPC, una herramienta de software en la que actúan un cliente y un servidor. La función del servidor es proporcionar datos al cliente en tiempo real y el cliente lee la información y la manipula si procede. Se trata de un sistema bastante usado en la industria, ya que está estandarizado y permite conectarse a instrumentos de diferentes fabricantes. Sin embargo, se trata de una forma algo costosa y más complicada de implementar debido a la asignación de direcciones de memoria a cada dato y variable de proceso, lo que puede resultar engorroso.

La segunda opción es la más extendida en la industria debido a que es más fácil y barata a pesar de ser algo menos segura. Esta es la opción que se implementará en este proyecto y es la creación de una red virtual privada, más conocida en inglés como Virtual Private Network (VPN).

Una VPN es una herramienta sencilla que protege la privacidad en Internet además de permitir el acceso desde cualquier localización a ese servidor privado. Estos son dos claros puntos a favor del uso de este sistema para proteger la seguridad del proceso al ser cifrados también los datos.

## 8 SISTEMA DE CONTROL INTELIGENTE

Ya se conoce qué dispositivos forman la instalación, el método de conexión y también el de alimentación. Sin embargo, falta conocer las tareas de control y supervisión que el PLC realizará sobre el proceso al igual que las acciones que se pueden realizar desde la sala de control central. En este apartado se mostrará la programación del autómatas en el software Codesys V3.5 SP17 y las acciones que tomará el PLC y en qué condiciones actuará.

### 8.1 Descripción

El sistema de control permitirá el funcionamiento automático de la depuradora biológica con la máxima fiabilidad, facilitará toda la información relacionada con el estado de la depuradora al personal encargado de la explotación y gestión de la misma y permitirá que se pueda actuar de forma remota sobre el proceso.

El autómatas programable recogerá toda la información proveniente de los sensores o sus respectivos transmisores, procesará las instrucciones de acuerdo a lo establecido en el programa y generará salidas en consecuencia, transmitiendo la información obtenida a la Sala de Control Central para el seguimiento del proceso.

El PLC trabajará en forma de inteligencia distribuida, es decir, de forma autónoma, aunque falle el sistema de comunicación con la Sala de Control Central.

### 8.2 Guía GEMMA

En la automatización de una máquina o de un proceso industrial, es necesario prever todos los estados posibles, que pueden ser de funcionamiento (manual o semiautomático), una situación de fallo, paradas de emergencia o puestas en marcha de la máquina o proceso. Además, hay que tener en cuenta la prioridad máxima de una automatización, la seguridad.

La guía GEMMA es una guía para un estudio sistemático de todos los modos o estados en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado. También cubre el estudio de los saltos o transiciones entre dichos modos.

Según GEMMA, existen tres modos fundamentales, que son los del proceso en funcionamiento, en parada o puesta en marcha y en defecto. Estos modos o situaciones, se ven representados como rectángulos en la figura 56 añadiendo además un rectángulo extra formado por líneas discontinuas que se corresponde con la producción, y es que puede existir producción en cualquiera de los modos. La producción ideal se realiza en el proceso de funcionamiento, mientras que puede haber producción en los procesos de parada o defecto y no ser de calidad suficiente. [10]



- Realizar operaciones de ajuste y mantenimiento predictivo.

- **Proceso en parada o puesta en marcha:**

- A1: Parada en el estado inicial
  - Estado de reposo.
- A2: Parada solicitada al final de ciclo
  - Estado transitorio en el que la máquina, que estaba produciendo, termina el ciclo y pasa a estar parada en el estado inicial.
- A3: Parada solicitada en un estado determinado
  - Estado transitorio hasta que la máquina para en un determinado estado que no coincide con el final de ciclo.
- A4: Parada obtenida
  - Estado de reposo de la máquina pero distinto al inicial.
- A5: Preparación para la puesta en marcha después de un defecto
  - Se realizan las operaciones necesarias para la puesta en funcionamiento de la máquina tras un defecto.
- A6: Puesta del sistema en el estado inicial
  - Operaciones necesarias para el sistema al estado inicial desde situaciones diferentes a la de producción: control manual o semiautomático, parada de emergencia, etc. El estado final es el A1.
- A7: Puesta del sistema en un estado determinado
  - Operaciones necesarias para llevar el sistema, que no está en producción, a un estado distinto del inicial para su puesta en marcha. El estado final es el A4.

- **Proceso en defecto:**

- D1: Parada de emergencia
  - Estado al que evoluciona un sistema después de una parada de emergencia. Deben tenerse en cuenta tanto las paradas como los procedimientos y precauciones necesarias para evitar o limitar las consecuencias debidas a defectos.
- D2: Diagnóstico y/o tratamiento de fallos:
  - Estado que permite el examen de una máquina después de un defecto para determinar los motivos del fallo.
- D3: Producción a pesar de los defectos:



- Estado correspondiente a casos donde se debe continuar produciendo a pesar de los defectos. [10]

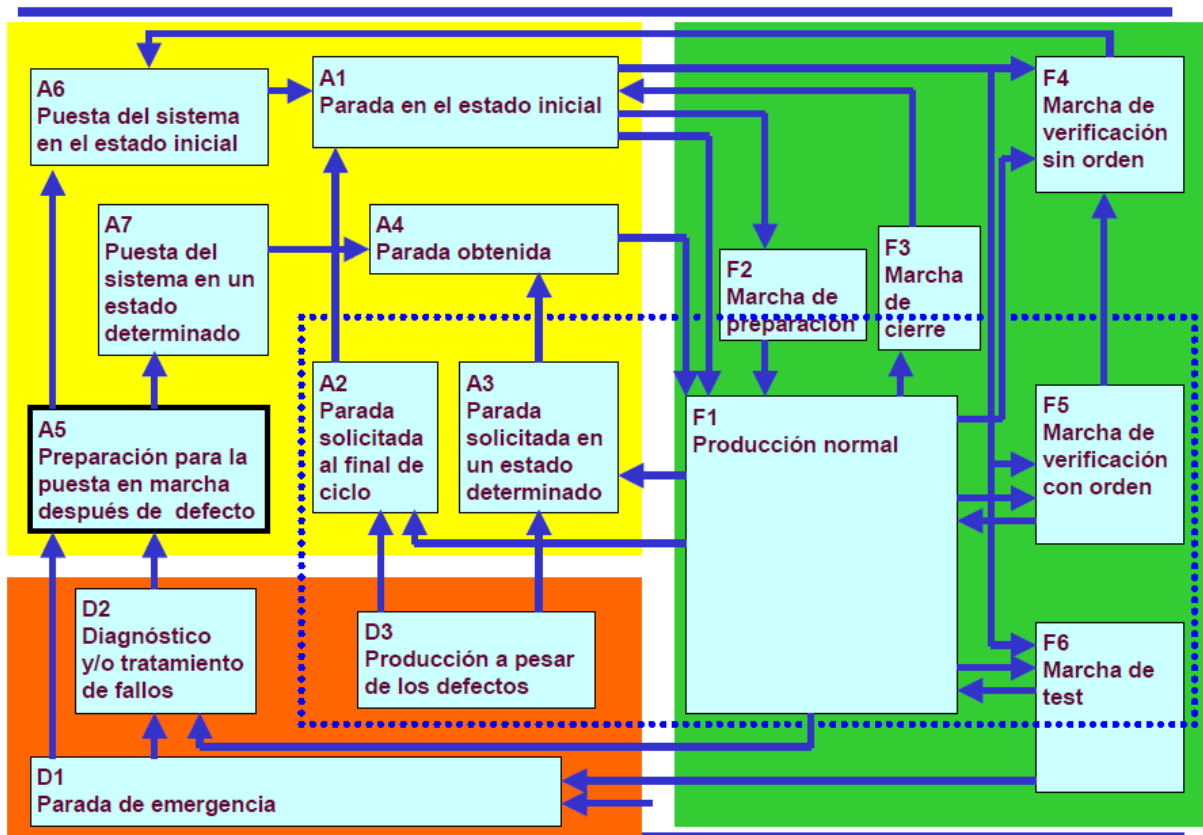


Figura 57: Esquema de todos los estados posibles

Fuente: Apuntes de Automatización (Ingeniería Eléctrica UDC)

En la figura 57 se observa un esquema en el que se recogen todos los estados posibles explicados, situando cada uno en su proceso de origen y si a su vez se sitúan en el rectángulo de automatización o no. Además se pueden ver unas flechas que indican la transición de un estado a otro, lo cual muestra el camino que debería seguir la máquina en cuestión.

Para la automatización del proceso, se deben seguir algunos pasos del GEMMA, y es que lo primero que se debe realizar es determinar los aspectos generales del proceso y realizar un GAF CET o diagrama de flujo de producción normal para luego determinar qué estados de GEMMA son necesarios para ese proceso de automatización concreto. Una vez hecho eso, se procede a definir las condiciones de transición de unos estados a otros y pulsadores que pueda utilizar un operario para realizar cambios de estado. Una vez se tiene todo, se realiza el o los GRAFCETs /diagramas de flujo y gracias a ello, se puede realizar una programación de forma más sencilla y segura al contemplar todos los estados posibles.

### 8.3 GRAFCET

Tal y como se acaba de mencionar en el párrafo anterior, antes de la fase de programación en el procedimiento de automatización de un proceso, es importante realizar antes un GRAFCET. Su nombre proviene del francés y significa GRÁfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones. Se trata de un modelo de representación gráfica que muestra el comportamiento de la unidad lógica en función de las entradas que recibe.

Antes de comenzar a realizarlo, hay que entender de qué se compone esta herramienta:

- Etapas o estados a las que van asociadas acciones.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.
- Uniones orientadas que unen las etapas a las transiciones y viceversa.

En la figura 58 se puede ver una pequeña explicación de los símbolos que se le otorgan a los elementos anteriores y algunos no mencionados.

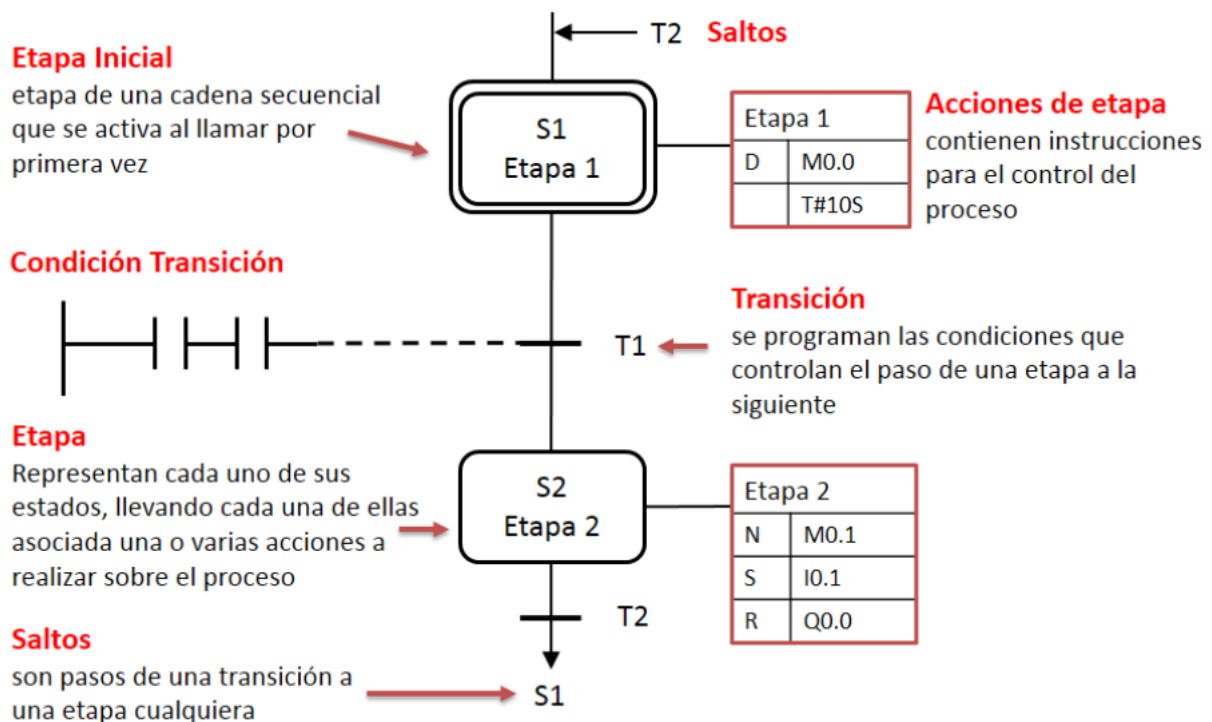


Figura 58: Indicación de símbolos en GRAFCET

Fuente: <https://educatia.com.co/grafcet-a-ladder-programacion-plc/>

Una vez conocido lo que es el GRAFCET, se debe saber que hay diferentes tipos en función de la precisión de la información que en él se halla. Se divide en tres niveles:

1. **GRAFCET de nivel 1:** En él se explica el funcionamiento global del proceso, por lo que es una versión poco detallada. Se trata de un primer acercamiento a la automatización y permite conocer fácilmente la función de la máquina.

2. **GRAF CET de nivel 2:** Así como al anterior se le conocer como el GRAFCET de descripción funcional, este se corresponde con el de descripción tecnológica. Se define el proceso a nivel tecnológico y operativo. Aquí se describen las tareas que deben realizar los elementos escogidos y se conoce la estructura de la máquina a falta del automatismo que la controla.
3. **GRAF CET de nivel 3:** Último nivel del GRAFCET o descripción operativa, en él se implementa el automatismo, definiendo su secuencia de actuaciones. Es decir, en el caso de un PLC como es en el proyecto de la depuradora, se establecen las salidas en función de las entradas en él. [13]

## 8.4 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es, al igual que el GRAFCET, un método gráfico con la finalidad de mostrar un proceso de una forma más sencilla y fácil de comprender. Según la forma de cada figura que aparece en él, significa una acción diferente. Es ampliamente conocida esta herramienta debido a que se utilizan en una gran cantidad de ámbitos (tanto técnicos como para simplificar procesos o algoritmos informáticos como de negocios). Además, el diagrama de flujo también se puede emplear para mostrar el proceso al completo, aunque resulta bastante confuso en caso de que el proceso se algo complicado. En la figura 59 se observa una tabla en la que aparecen los distintos elementos de los diagramas de flujo y su significado.

SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE
	Flecha de flujo.		Subproceso
	Comentario o anotación		Documento/ Impresora
	Inicio o finalización		Salida en Pantalla
	Proceso		Datos o Entrada/Salida
	Decisión		Referencia en página
			Referencia a otra página

Figura 59: Símbolos de diagrama de flujo y su significado

Fuente: <https://platzi.com/tutoriales/1444-pensamiento-logico/6697-que-son-los-diagramas-de-flujo-y-como-aprenderlos-sin-morir-en-el-intento/>

A continuación se muestra un diagrama de flujo general del sistema de control de la planta depuradora del proyecto:

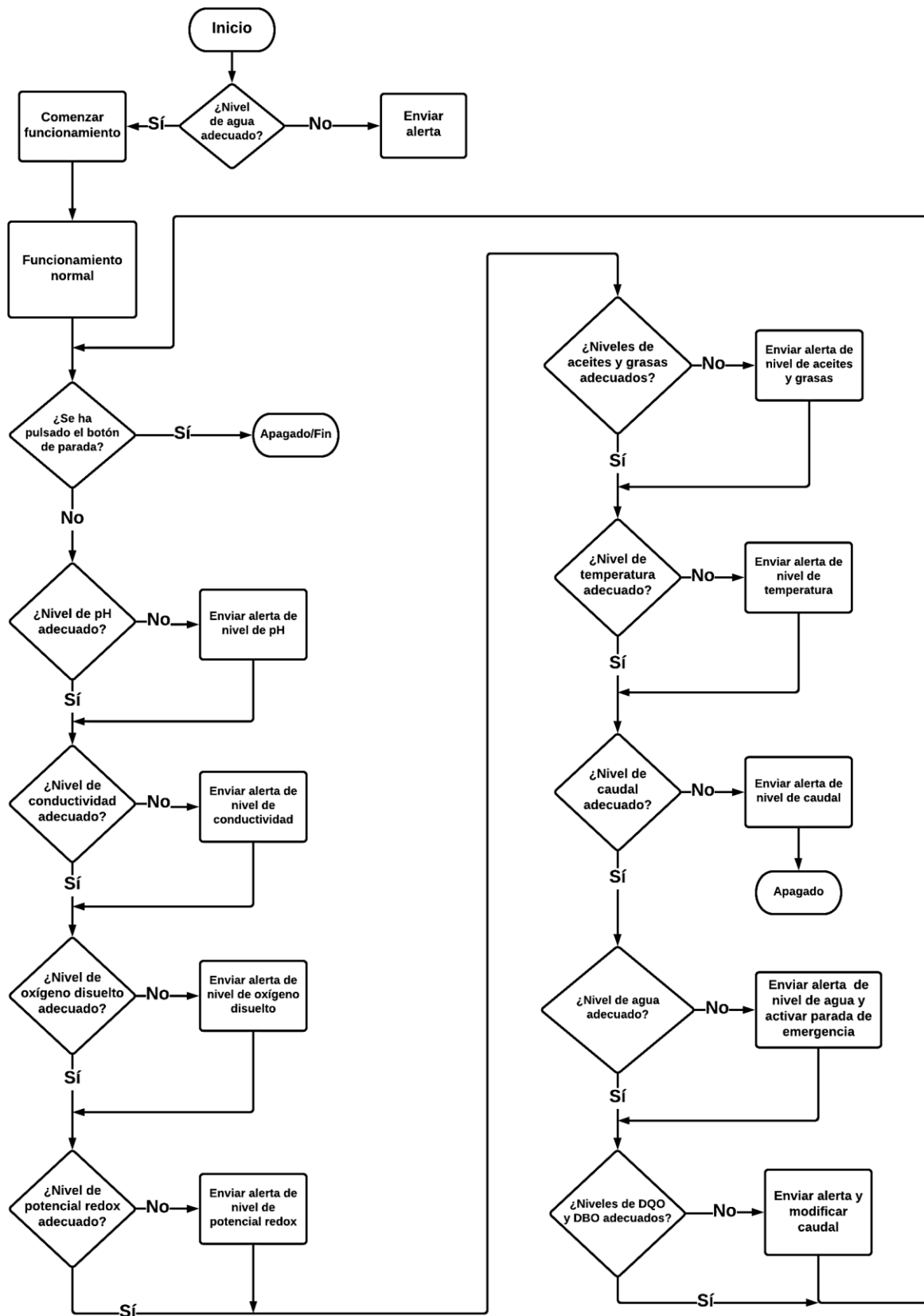


Figura 60: Diagrama de flujo del proceso

## 8.5 Programación del autómat

### 8.5.1 Lenguaje empleado

Tal y como se ha explicado previamente en el proyecto, la programación del PLC se realizará con el software Codesys. Debido a su carácter estándar, el programa que se diseñe servirá para cualquier autómat programable, no solo para el seleccionado en el apartado de instrumentación.

Entre los cinco lenguajes que se pueden utilizar en Codesys, se ha decidido emplear el LD (Ladder Diagram) o lenguaje escalera. Este lenguaje es el más empleado en la programación de sistemas de control mediante PLC, por lo que existe más información al respecto que sobre los otros lenguajes y ese es el principal motivo de su elección.

El nombre de este programa proviene de su aspecto, y es que tal y como se ve en la figura 61, posee dos líneas verticales y luego las horizontales necesarias entre ellas. Esta disposición le otorga un aspecto similar a una escalera y por eso a las líneas horizontales se les conoce como *rungs* o peldaños/escalones.

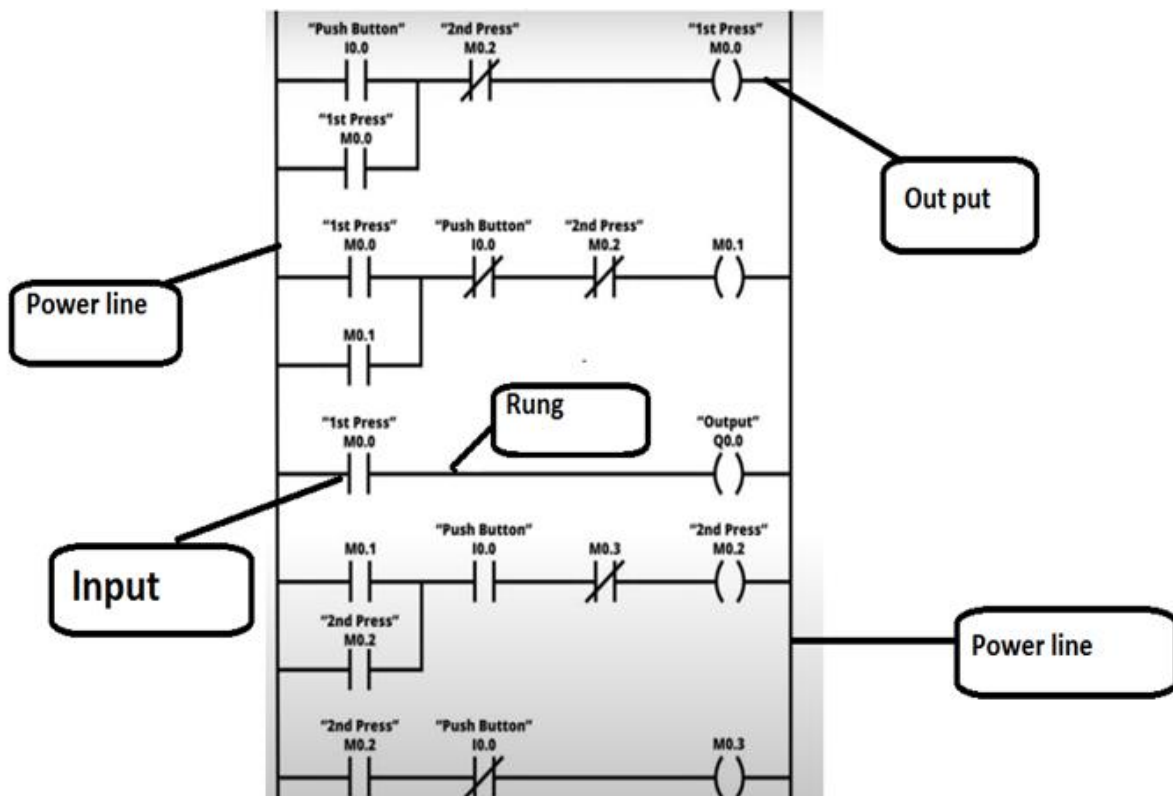


Figura 61: Ejemplo de programa en Ladder

Fuente: <https://forumautomation.com/t/what-is-a-ladder-logic-and-what-is-ladder-logic-diagram-in-plc/8496>

Este lenguaje se popularizó también debido a su fácil entendimiento para los operarios familiarizados con los circuitos de relés, y es que se trata de un lenguaje inspirado en esos circuitos con el fin de facilitar la programación. Es por esto por lo que a este lenguaje se le conoce también por lenguaje de contactos y entre los símbolos que lo componen, como los de la figura 61, se encuentran contactos cerrados, abiertos y bobinas.

Entre la simbología más empleada, se encuentran los contactos normalmente cerrados (NC), normalmente abiertos (NA), bobinas de los mismos tipos y los bloques de funciones que permiten realizar una gran cantidad de operaciones diferentes.

A continuación, en la figura 62, se muestra un resumen con el símbolo correspondiente a cada elemento del lenguaje.

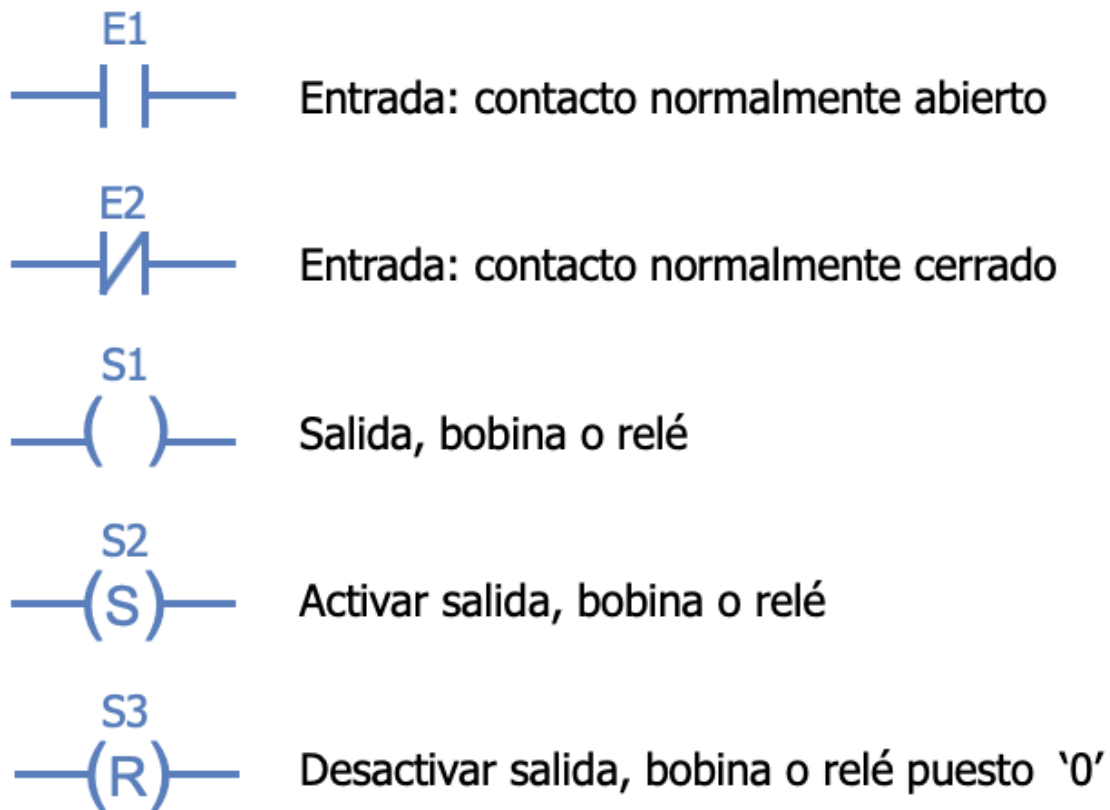


Figura 62: Elementos básicos del lenguaje ladder

Fuente: [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/diagrama-de-escalera.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/diagrama-de-escalera.html)

Estos elementos recién mostrados pueden disponerse en paralelo o en serie, de forma que si dos contactos están en serie, la salida correspondiente se activará si ambos están cerrados (función AND) y si están paralelos bastará con que uno de los contactos esté cerrado (función OR). Combinaciones de estas disposiciones otorgan al programa una gran versatilidad muy útil a la hora de realizar el diseño del control.

Además, tal y como se ha comentado, también existen los bloques de funciones, que pueden ser temporizadores, contadores, lógicas matemáticas, etc. Algunas de estas funciones junto con combinaciones AND y OR se pueden observar en la siguiente figura.

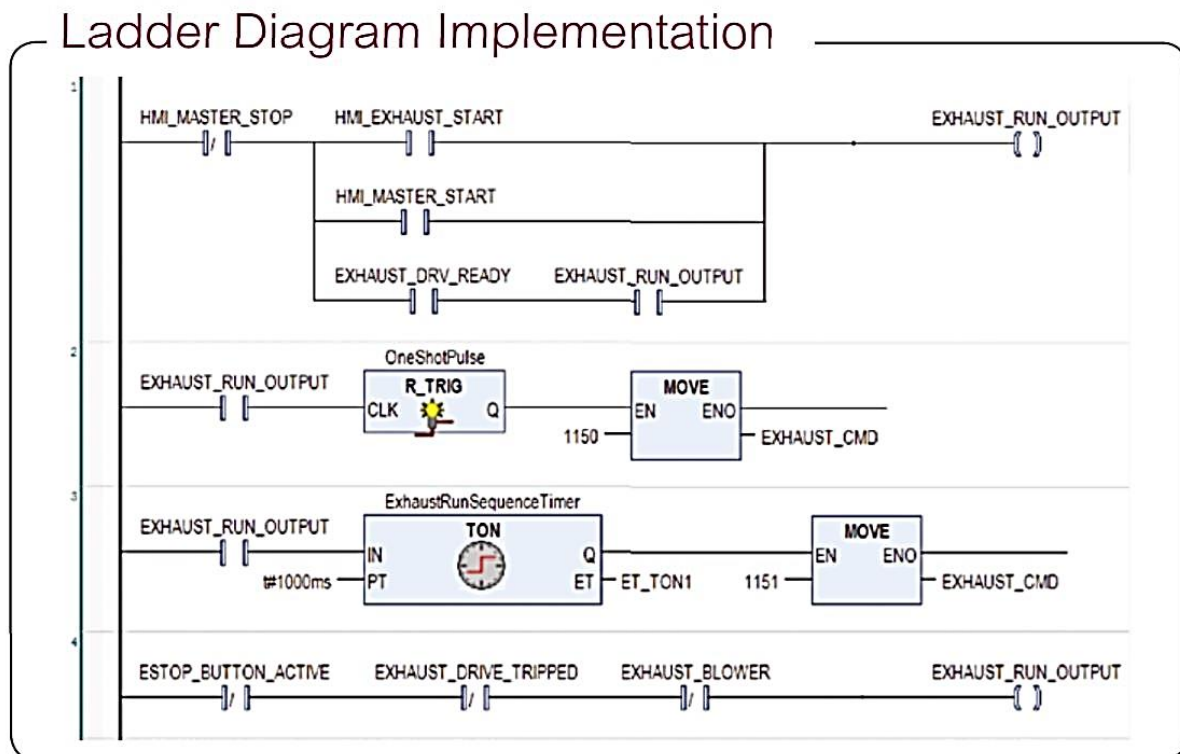


Figura 63: Ejemplo de programa en ladder

Fuente: <https://www.eurotherm.com/es/products/eplc-software-es/codesys/>

### 8.5.2 Explicación más detallada del proceso

El proceso ya fue comentado de forma general en el apartado 8.4, sin embargo, para la programación del PLC, se precisa del mayor detalle posible del proceso.

El funcionamiento comienza con la pulsación de un botón o accionamiento remoto de la función inicio salvo que esté activada la parada de emergencia, que se puede activar mediante botón físico, activación remota o automática, debido a que el nivel del agua es o demasiado bajo (menor de 60 cm) o demasiado alto (mayor de 100 cm). En caso de no suceder ninguno de los casos o haber sucedido y el nivel del agua ya sea el adecuado, los biodiscos comienzan a girar a la velocidad de diseño (1,90 r.p.m.). Con un agua de la calidad promedia calculada, la planta funcionaría en todo momento de esa forma, con los sensores enviando señales periódicamente (el tiempo depende de cada sensor individual). Las señales que llegan al PLC son analógicas de 4-20 mA, que se deber convertir a valores reales de temperatura, nivel, etc. Esto se realiza mediante un escalado, es decir, se proporciona una relación lineal entre los valores mínimo y máximo de la señal analógica y los correspondientes mínimo y máximo de cada sensor (ejemplo en la figura 64).

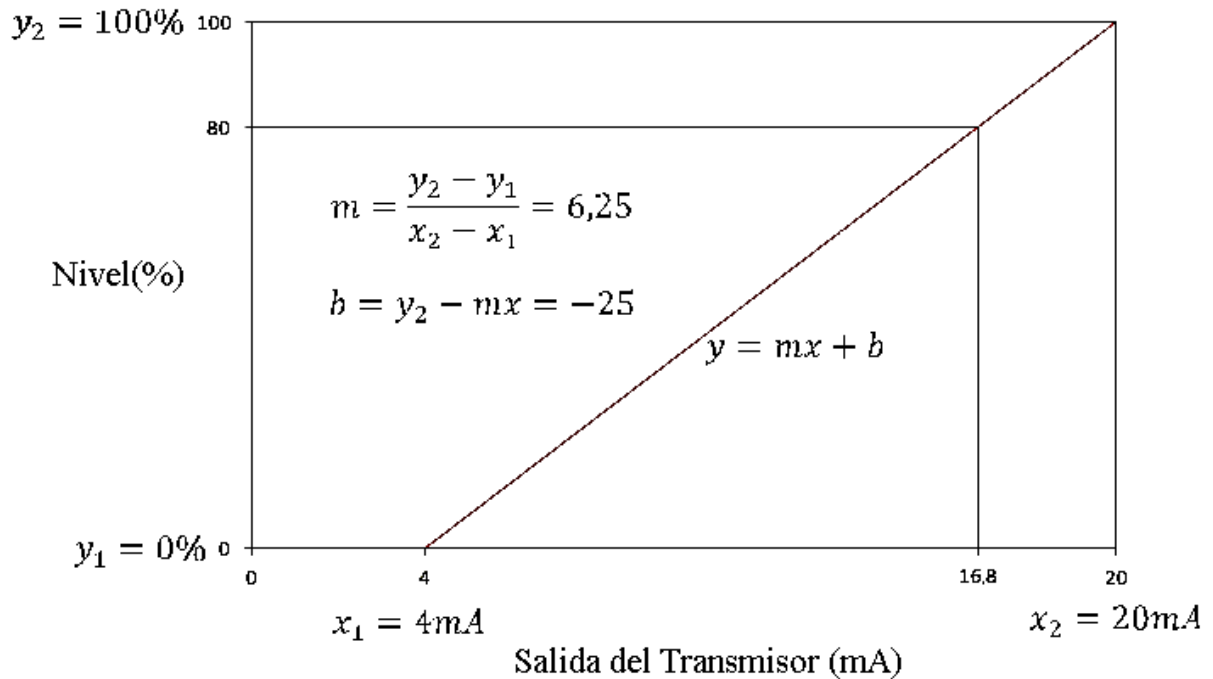


Figura 64: Ejemplo de escalado de señal analógica 4-20 mA

Fuente: <https://controlreal.com/es/transmision-analogica-y-escalamiento/>

En caso de haber niveles no adecuados de los parámetros de calidad del agua, se enviará una alerta indicando qué parámetro es el que se encuentra en niveles no óptimos y cuál es el valor actual del mismo. Eso mismo sucede con la DBO y DQO, aunque se realiza una acción extra. Con el fin de mantener la DBO en unos 15 mg/l, en caso de que su concentración sea mayor pero dentro del rango de valores admisibles (hasta 25 mg/l), el caudal de entrada y, en consecuencia el de salida, se reducirán para así aumentar el tiempo que permanece esa agua en la planta, de forma que se reduce el DBO hasta situarse en esos 15 mg/l que se comentaba. En caso de valores menores de 15 mg/l, el caudal se ve incrementado hasta alcanzar dicho valor.

La modificación del caudal no se efectúa mediante un cálculo de caudal necesario para disminuir ese DBO al valor deseado debido a que para eso se necesitan conocer bastantes más parámetros (DBO también en la entrada o el porcentaje de este que es soluble). Como eso no es posible, se realiza un aumento o disminución (según sea requerido) de 0,1 m<sup>3</sup>/h del caudal según llegue cada actualización del estado del DBO, en esta ocasión, cada minuto.

El caudal deseado se calcula mediante la suma o resta de 0,1 y luego se emplea ese valor para calcular la frecuencia que debe emplear el variador de frecuencia para obtenerlo. Esto se realiza mediante el empleo de las fórmulas 1, 2 y 6 que se pueden observar en la sección 5 y 6.2.2. Gracias a ello, se llega a una relación lineal entre frecuencia y caudal, que sería  $f = Q * 21,986$  (Hz). Conociendo ese valor, se hace el escalado como el de las entradas pero a la inversa, pasando el rango de 0-50 Hz a 4-20 mA, recibiendo entonces el variador de frecuencia, la corriente exacta para conseguir una velocidad de rotación del eje adecuada para el caudal deseado.

Puede ocurrir que llegue a la planta un agua muy contaminada cuyos valores de DBO no consigan reducirse tanto como para ser menores de 25 mg/l (máximo admisible). Si esto sucede, se procede a activar la recirculación, de forma que el agua que sale de la cuba, se lleva por de nuevo al inicio (previamente cerrando la válvula que conecta el tanque *Imhoff* con los biodiscos. Así, el agua contaminada vuelve a ser tratada para



conseguir así unos valores aceptables de DBO, por lo que se cierra la válvula y se apaga la bomba correspondiente y se vuelve al funcionamiento habitual.

Los valores correspondientes a los sensores del mantenimiento mecánico no tendrán alarma debido a que las magnitudes de estos parámetros dependen de las máquinas en cada caso. Para la implementación de alertas relacionadas con estos parámetros, se debe estudiar el comportamiento de la planta de condiciones normales y con los elementos mecánicos en buen estado. Una vez realizado el informe, se puede proceder a una modificación del programa de control del PLC para así incorporarlas.

### 8.5.3 Programa

Una vez explicado el proceso detalladamente, se muestra su realización en el software Codesys, versión V3.5 SP17.

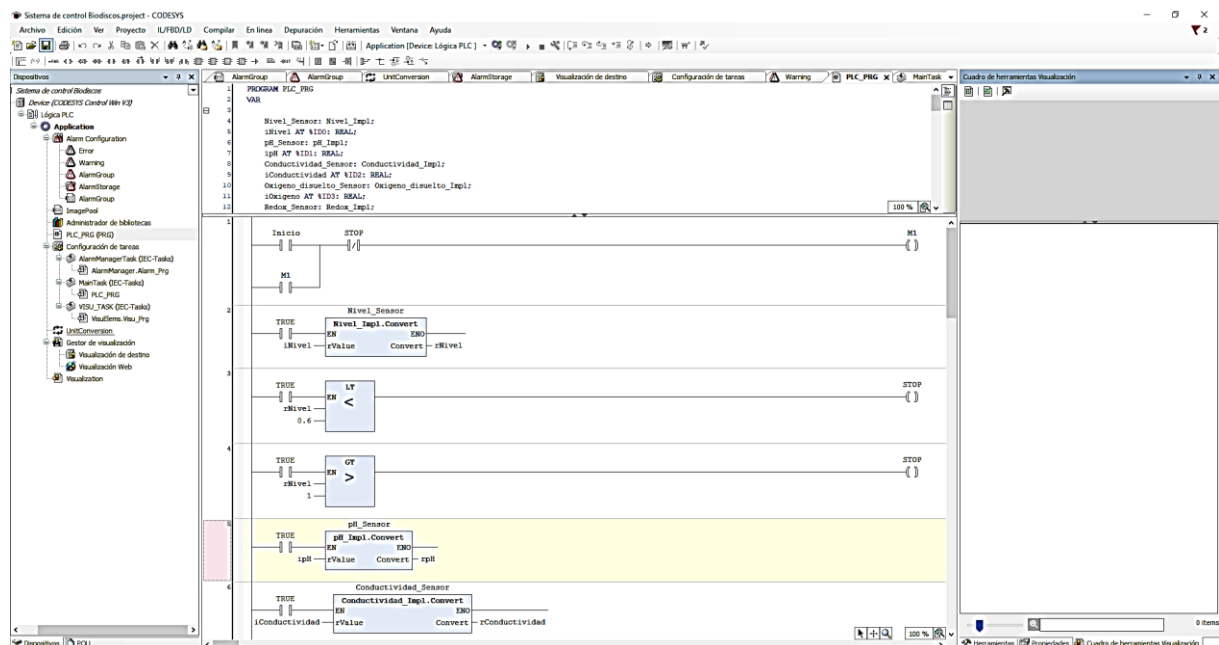


Figura 65: Interfaz de Codesys

La interfaz del programa es la que aparece en la figura 65, en la que se diferencian diversas zonas. La primera es la barra de tareas, en la que aparecen las opciones de crear nuevo proyecto, abrir uno ya existente, activar la simulación del programa y diferentes elementos como los contactos, bobinas módulos de funciones para insertar en el programa.

El programa aparece en la parte central de la pantalla. Aun así aparece separado en dos debido a que en la zona superior aparecen las declaraciones de las variables del mismo y, en este caso, la declaración de las variables posee también un texto al lado del nombre (p.e. AT %ID5) que significa que la variable en cuestión se guarda en esa dirección de memoria, utilizando *I* para las entradas y *Q* para las salidas del PLC a la vez que a continuación aparece otra letra indicando el tipo de letra (*X* para variables booleanas, formadas por un bit o *D* para *words*, que ocupan 32 bits).

Debajo de esa parte, se observa la simbología explicada en el apartado 8.5.1, y es la zona en la que se desarrolla el programa.

En la parte izquierda se observan las diferentes partes de las que se compone el proyecto, destacando el programa, las alarmas y la visualización, que se corresponde con el SCADA de Codesys y que permite diseñar la pantalla que observa el operador encargado de supervisar remotamente la planta.

A continuación se comienza a explicar las tareas realizadas en el programa para el diseño del sistema de control:

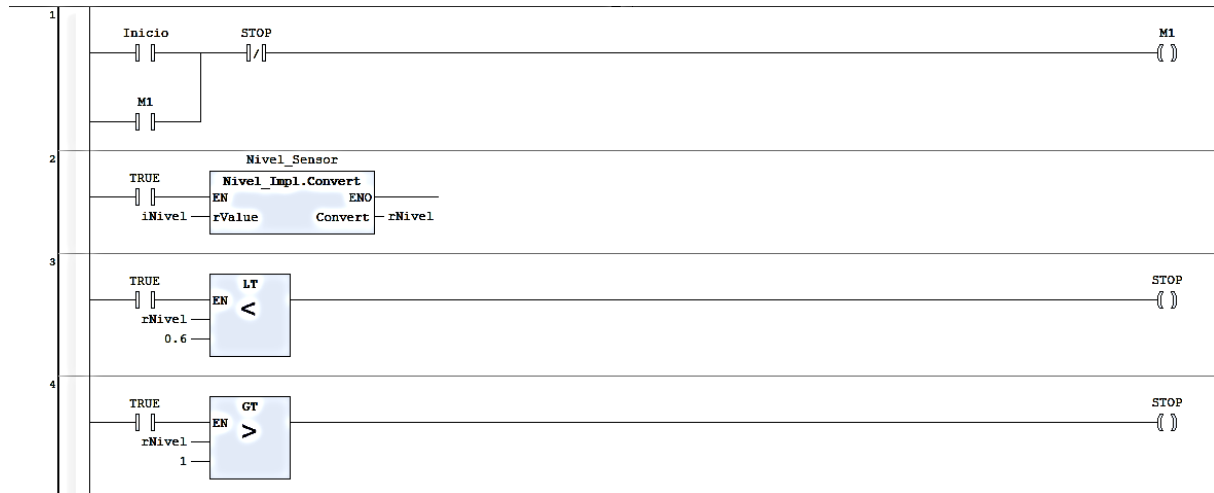


Figura 66: Inicio del funcionamiento

En la figura 66 se observa un primer “escalón” en el que existen dos entradas, *Inicio* y *M1*. Estas se corresponden con el botón de inicio del funcionamiento y el estado del motor (encendido o apagado). De esta forma, cuando o se activa el botón de inicio o cuando el motor está en uso (lo que significa que fue pulsado el botón de inicio previamente), llega la señal al contacto normalmente cerrado *STOP*, correspondiente al botón de parada de emergencia. Salvo que dicho botón esté activado, la señal pasará para llegar a la bobina *M1* y así encender el motor.

Aunque el motor no se encendiese, los sensores siempre van a estar en funcionamiento enviando información sobre el estado del agua. Esto sucede así debido a que se leen los valores de las entradas siempre que llegue una señal *TRUE* a los bloques de funciones como el denominado *Nivel\_Sensor*. Una vez le llega el *TRUE*, realiza la conversión de la señal analógica al valor real, produciendo una salida llamada *rNivel*, que será leído a continuación por los módulos matemáticos de comparación, de forma que si el nivel es menor a 0,6 m o superior a 1 m, se activa la bobina *STOP* y el motor se para debido a que no pasará la señal por el contacto *STOP* del primer “escalón”.

Tras ello, se efectúan las conversiones de igual forma para cada uno de los sensores (Figura 67) que se comentaron en el apartado 7.4.2 de Sensores en este proyecto.

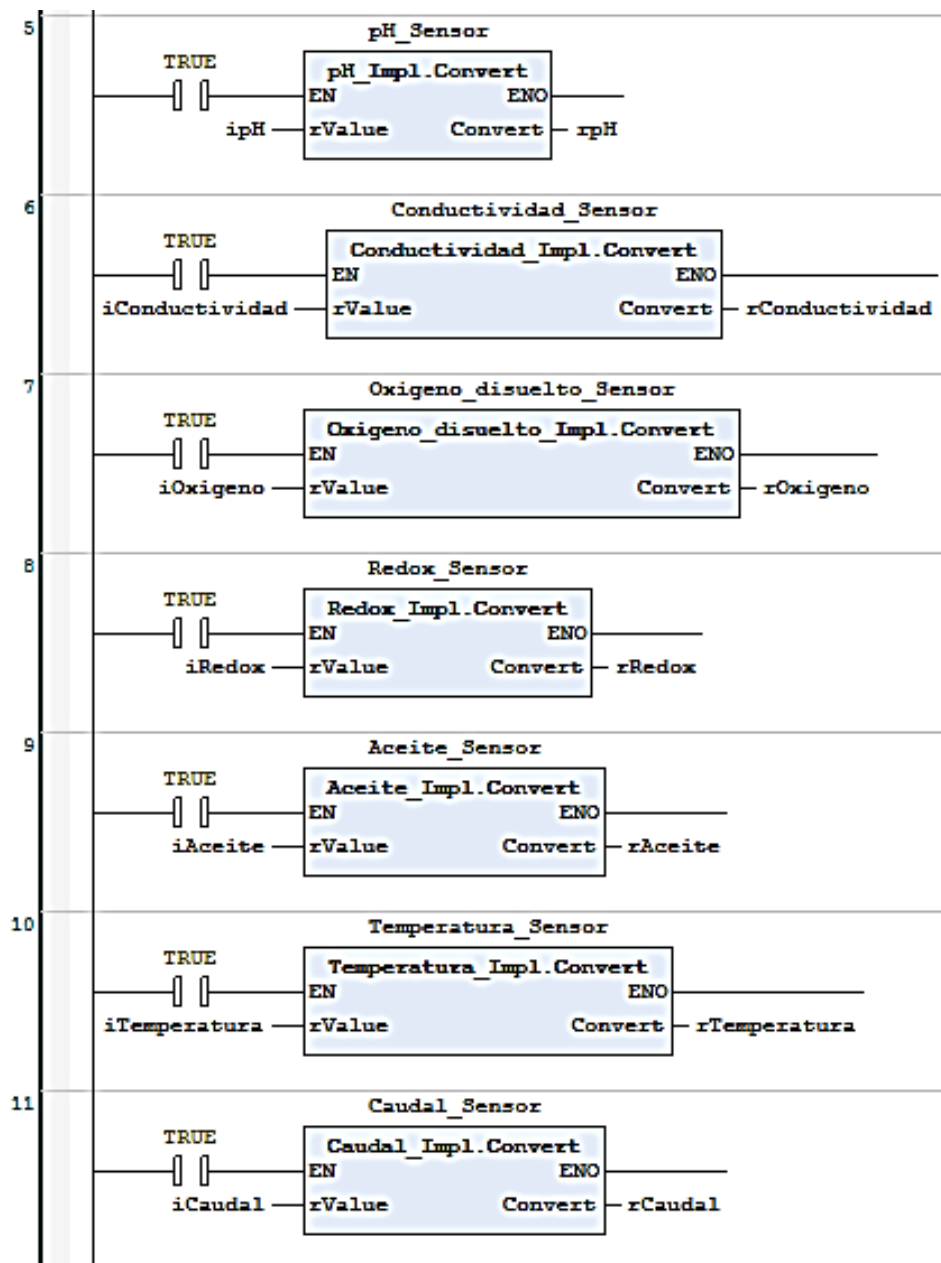


Figura 67: Escalonamiento de las señales de entrada

Estas salidas de los bloques de conversión, serán utilizadas en el HMI para mostrar los valores al operario puesto que es más sencillo manipular datos en unidades reales (p.e. nivel de agua en metros) y no en los mA del valor de entrada de la señal en el PLC.

A continuación, en las figuras 68, se muestra el análisis de las señales de DBO y DQO, que son las otras que contienen operaciones diferentes al resto.

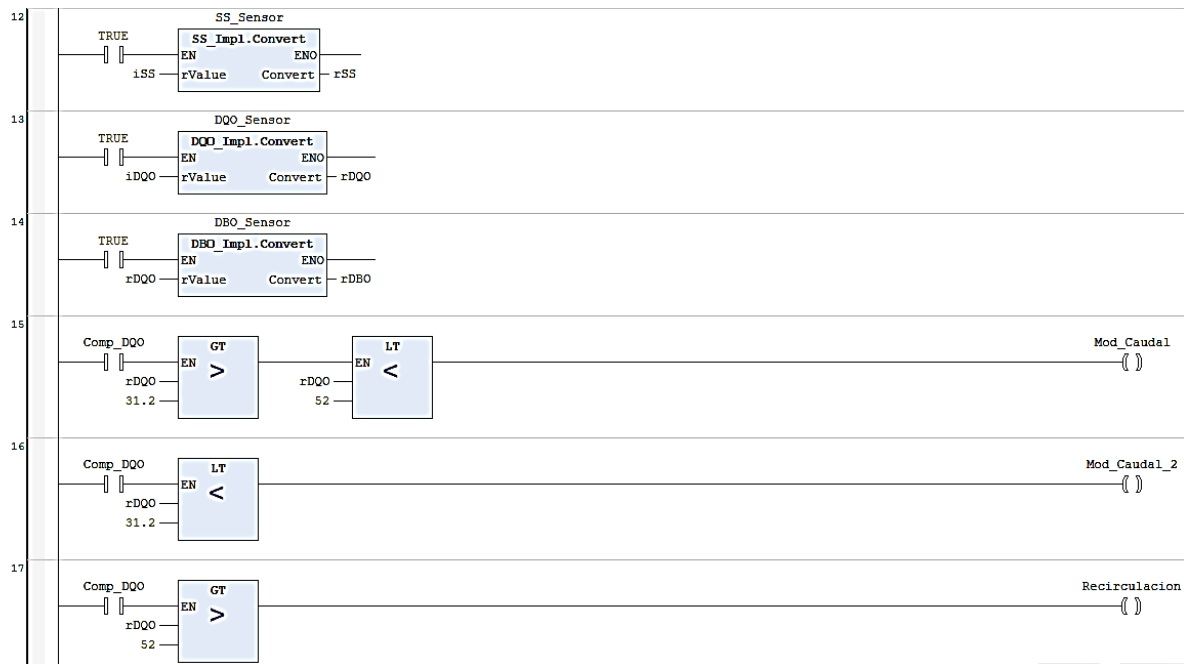


Figura 68: Tratamiento de las señales de DQO y DBO

Ya se ha explicado anteriormente, pero no existe una señal de un sensor para la DBO y este parámetro se estimará en función de la DQO, parámetro del que sí se conoce un valor aproximado. Tal y como se había comentado, en este tipo de aguas, la DQO adopta un valor de 2,08 veces superior al de la DBO, de forma que se realiza el cociente y se consigue el valor de la DBO. De esta manera, se puede emplear indistintamente DBO y DQO para las comparaciones de valor respecto los límites al conocer dicha relación.

En el apartado de descripción del proceso, se comentó que la DBO debe estar en torno a 15 mg/l, de lo contrario, se modifica el caudal cada minuto (tiempo que tarda el sensor en enviar cada medida). En la imagen 69 se puede observar que mientras no se modifica el caudal, se activa el temporizador durante ese minuto, entonces se activa `Comp_DQO`, y se procede a la actualización del valor del parámetro y este se analiza. En caso de estar el valor de la DQO entre 31,2 y 52 (equivale a entre 15 y 25 para DBO), se activa `Mod_Caudal`, que se corresponde con la disminución, en caso de ser inferior a 31,2 se activa `Mod_Caudal_2` (aumento de caudal) o si es superior a 52, se activa la recirculación.

En la figura 69, aparece dicho temporizador en el “escalón” número 21, a la vez que las operaciones de sumar o restar 0,1 m<sup>3</sup>/h al caudal para la corrección de los valores de DBO y DQO, además de que aparece cómo la activación de `Recirculacion` implica la activación de `Valvula_R` y `Bomba_R` y la desactivación de `Valvula_Entrada`.



Figura 69: Tratamiento de las señales de DQO y DBO (2)

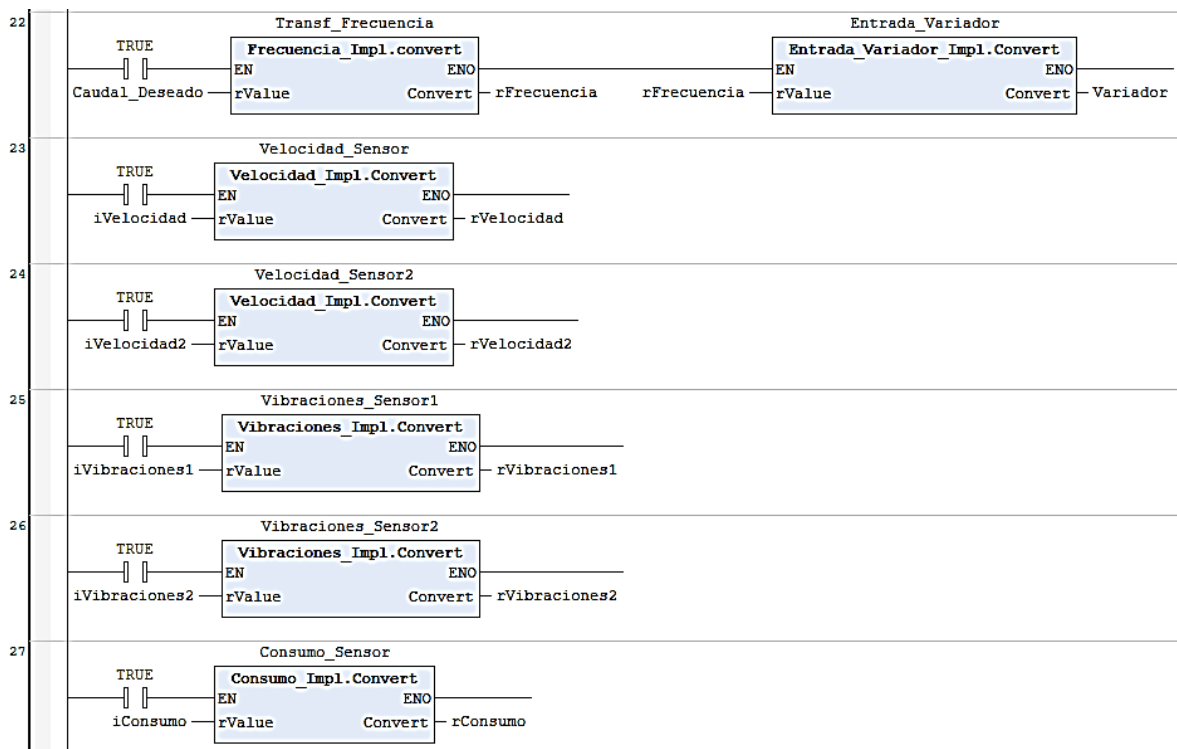


Figura 70: Escalonamiento de parámetros mecánicos y salida a variador de frecuencia

En la figura 70, además de los últimos escalonamientos de las señales de entrada, aparece la función de conversión ya explicada en el apartado anterior para convertir el caudal deseado en una medida de frecuencia en Hz y luego el otro módulo que convierte el rango 0-50 Hz en 4-20 mA para enviar al variador de frecuencia y este modifique la velocidad de rotación del motor y así variar el caudal en caso de ser necesario.

Las funciones de conversión se introducen en el apartado de UnitConversion que se podía ver en la parte izquierda de la figura 65. Dentro de ese apartado, se selecciona la variable a convertir, el tipo de conversión, el ajuste y la condición para realizarlo, que en esta ocasión es TRUE para realizar siempre las conversiones.

Nombre	Tipo	Ajuste	Condición
Nivel : Nivel_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [0.25, 5]	TRUE
pH : pH_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [0, 14]	TRUE
Conductividad : Conductividad_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [200, 5000]	TRUE
Oxígeno disuelto : Oxígeno_disuelto_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [0, 20]	TRUE
Redox : Redox_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [-1500, 1500]	TRUE
Aceite : Aceite_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [0.1, 15]	TRUE
Temperatura : Temperatura_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [-50, 650]	TRUE
Caudal : Caudal_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [0.54, 282]	TRUE
SS : SS_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [0, 250]	TRUE
DBO : DBO_Impl	Escalado simple (factor)	* 0.481	TRUE
DQO : DQO_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [0.1, 600]	TRUE
Consumo : Consumo_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [0, 5]	TRUE
Velocidad : Velocidad_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [1, 250000]	TRUE
Vibraciones : Vibraciones_Impl	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[4, 20] -> [2, 1000]	TRUE
Entrada_Variador : Entrada_Variador_I...	Escalado lineal 2 (base + rango de destino)	[0, 50] -> [4, 20]	TRUE
Frecuencia : Frecuencia_Impl	Escalado simple (factor)	* 21.986	TRUE

Figura 71: UnitConversion

Otro apartado importante es el de las alarmas, encargadas de informar al operario de si algún parámetro se sitúa fuera de los valores que se consideran adecuados en la planta. La configuración de estas alertas aparece en la figura 72 y se puede diferenciar entre *error* y *warning*, dando prioridad los errores debido a que estos son los que implican parada de emergencia.

ID	Tipo de supervisión	Detalles	Desactivación	Clase	Mensaje
0	Fuera de rango	0.6 <PLC_PRG.rNivel AND PLC_PRG.rNivel <1		Error	Nivel de agua inadecuado. Parada de emergencia activada. Nivel: <T
1	Límite superior	PLC_PRG.rConductividad > 1500		Warning	Nivel de conductividad alto: <CURRENTVALUE> µS/cm
2	Fuera de rango	7 <PLC_PRG.rpH AND PLC_PRG.rpH <9		Warning	Nivel de pH inadecuado: <CURRENTVALUE>
3	Fuera de rango	5 <PLC_PRG.rOxígeno AND PLC_PRG.rOxígeno <10		Warning	Nivel de oxígeno disuelto inadecuado: <CURRENTVALUE> mg/l
4	Fuera de rango	550 <PLC_PRG.rRedox AND PLC_PRG.rRedox <750		Warning	Niveles de potencial redox inadecuados: <CURRENTVALUE> mV
5	Límite superior	PLC_PRG.rAceite > 12		Warning	Nivel de aceite alto: <CURRENTVALUE> mg/l
6	Límite inferior	PLC_PRG.rTemperatura < 13		Warning	Temperatura baja: <CURRENTVALUE> °C
7	Límite inferior	PLC_PRG.rCaudal < 1		Warning	Caudal bajo: <CURRENTVALUE> m3/h. Comprobar que sea el neces
8	Fuera de rango	15 <PLC_PRG.rDBO AND PLC_PRG.rDBO <25		Warning	DBO acercándose a niveles demasiado altos. DBO: <TRIGGERVALUE>
9	Límite superior	PLC_PRG.rDQO > 120		Warning	DQO demasiado elevado. DQO: <TRIGGERVALUE> mg/l. Modificació
10	Límite superior	PLC_PRG.rDBO > 25		Warning	Niveles de DBO demasiado elevados. Recirculación activada. DBO: <
11	Digital	(PLC_PRG.M1) = (FALSE)	(PLC_PRG.M1) = (TRUE)	Error	Parada de emergencia activada.

Figura 72: Configuración de alarmas

Además se puede añadir un mensaje de error y hacer aparecer el valor actual del parámetro en cuestión.

Se muestra en la figura 73 una tabla a modo de resumen de las entradas y salidas del programa.

NOMBRE	TIPO DE VARIABLE	ENTRADA / SALIDA	DESCRIPCIÓN
Inicio	BOOL	Entrada	Botón de arranque
STOP	BOOL	Entrada	Botón de parada
M1	BOOL	Salida y Entrada	Estado del motor (Encendido/Apagado)
Mod_Caudal	BOOL	Salida y Entrada	Realiza la disminución de caudal
Mod_Caudal_2	BOOL	Salida y Entrada	Realiza el aumento de caudal
Comp_DQO	BOOL	Salida y Entrada	Activa la comprobación de valor de DQO
Recirculacion	BOOL	Salida y Entrada	Indica si se realiza la recirculación hacia la entrada de la cuba

Valvula_R	BOOL	Salida	Activa / Desactiva la válvula de recirculación
Bomba_R	BOOL	Salida	Activa / Desactiva la bomba de recirculación
Valvula_Entrada	BOOL	Salida	Activa / Desactiva la válvula de entrada desde el tanque <i>Imhoff</i>
iNivel	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rNivel	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iNivel	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rNivel	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
ipH	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rpH	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iConductividad	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rConductividad	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iOxigeno	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rOxigeno	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iRedox	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rRedox	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iAceite	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rAceite	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iTemperatura	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rTemperatura	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iCaudal	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rCaudal	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iSS	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rSS	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iDQO	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rDQO	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
rDBO	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
Caudal_Deseado	REAL	Salida	Muestra el caudal calculado
rFrecuencia	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
rVariador	REAL	Salida	Corriente (4-20 mA) a administrar al variador de frecuencia
iVelocidad	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rVelocidad	REAL	Salida	Magnitud real de la velocidad del motor
iVelocidad2	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rVelocidad2	REAL	Salida	Magnitud real de la velocidad del rotor
iVibraciones1	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rVibraciones1	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iVibraciones2	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor

rVibraciones2	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
iConsumo	REAL	Entrada	Señal analógica (4-20 mA) del sensor
rConsumo	REAL	Salida	Magnitud real de la variable
TON_1	TIMER		Temporizador para comprobación de estado periódica

Figura 73: Tabla de variables del programa

### 8.5.4 HMI

La HMI es la interfaz hombre – máquina, un elemento que permite una mejor manipulación del proceso por parte de los operarios, que conocen mejor la situación con todos los datos en una pantalla y pudiendo realizar acciones sobre el proceso desde la sala de control.

Codesys posee su propio modo de visualización, lo que lo convierte en un software de programación de autómatas muy completo y que permite ver cómo sería esa interfaz según se va programando, lo cual otorga muchas facilidades.

En este proyecto, la gran cantidad de entradas y salidas provoca que esta pantalla contenga un elevado número de elementos gráficos en los que observar el estado de cada parámetro.

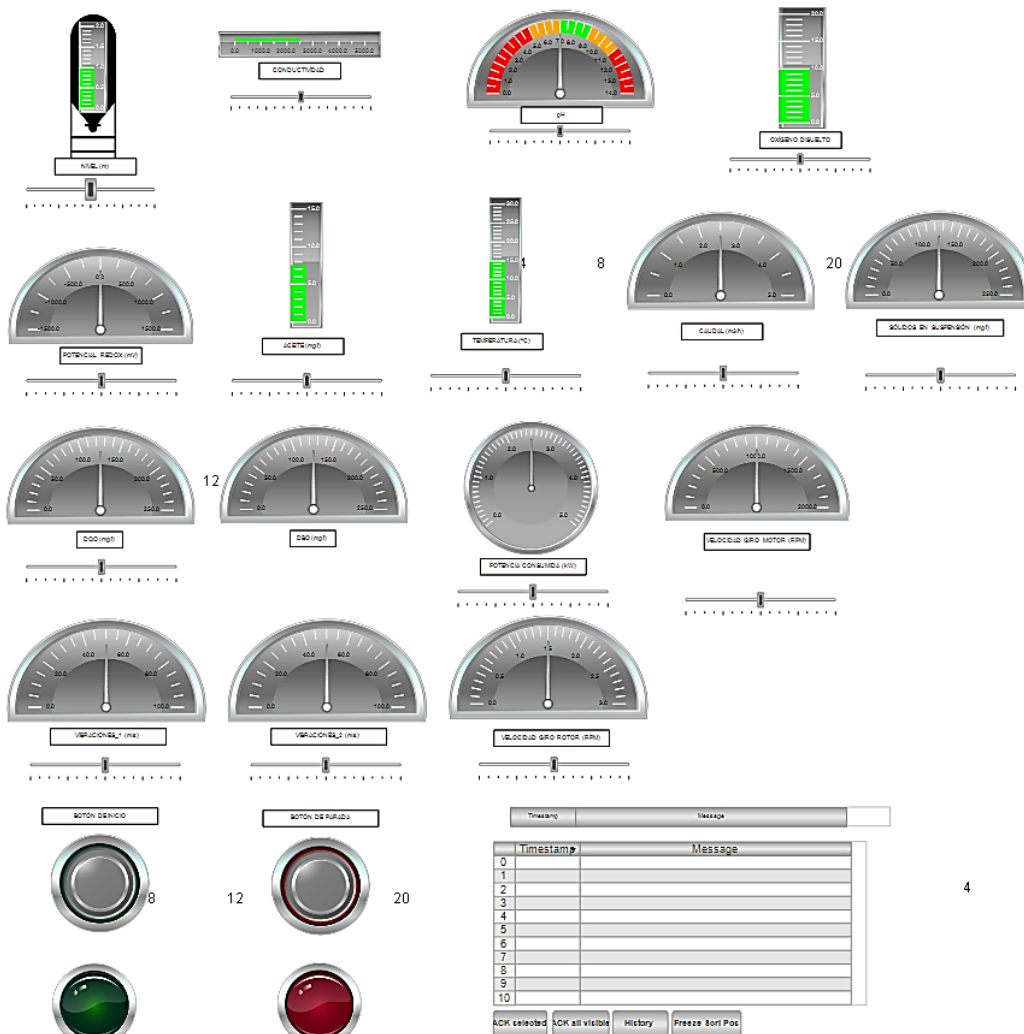


Figura 74: HMI del control del proceso



En la figura 73, aparecen muchos indicadores, correspondiendo cada uno a un parámetro (convenientemente señalado en los cuadros de texto situados junto cada uno). Además aparecen los botones de inicio y parada de emergencia y el registro de alertas (tabla inferior derecha), en la cual aparecen las alertas que se producen y con sus botones que permiten acceder al historial de alarmas, borrarlas, etc. Las barras de desplazamiento que aparecen, en el programa final no lo harían debido a que estas están en este caso para introducir los valores de entrada al PLC entre 4 y 20 mA. En el caso real el valor viene dado por la señal emitida por los sensores. El que sí se mantendría sería el del caudal, que se podría variar según la voluntad del operario.

### 8.5.5 Acceso remoto al programa

Codesys ha implementado herramientas para poder visualizar los estados de entradas y salidas del PLC conectado a través de la red además de poder actuar sobre el mismo. Esto se puede realizar con *Codesys Automation Server*, un servicio de la propia compañía que proporciona facilidades para realizar este tipo de automatizaciones al formar parte todo del mismo software, por lo que no hay problemas de compatibilidad.

Codesys ofrece un almacenamiento en la nube de 100 GB para cada PLC conectado y de forma gratuita hasta dos PLC's, por lo que es una gran opción para conectarse y realizar la supervisión con el software de Codesys también y no crear una VPN.

## 8.6 Posibles futuras modificaciones

Además de añadir alertas una vez conocidos los valores típicos de los parámetros como vibraciones, consumo, y demás, una opción que se puede considerar para futuros proyectos es la de implementar en el sistema de control un sistema de inyección de aire en el agua, de forma que aumenta el oxígeno disuelto en el agua de la planta hasta una cantidad ideal (entre 3 y 4 ppm) para mejorar la depuración por parte de las bacterias.

En el apartado del HMI, se puede implementar una herramienta visual para analizar el equilibrado del rotor. Esto se puede hacer de diversas formas como con el diagrama de Bode o Nyquist, análisis de onda temporal, análisis de espectro de frecuencias o el análisis orbital, que son procedimientos que proporcionan más información que simplemente el valor de vibraciones, ya que se puede conocer el tipo de fallo (desequilibrio o desalineación por ejemplo).

## 9 PRESUPUESTO

El coste de la adquisición de todo el material descrito en el proyecto, junto con la mano de obra encargada de la instalación y puesta en marcha de los equipos y el coste del diseño y programación del sistema de control inteligente correspondiente asciende a un total de 57.060,50€.

## 10 PRIORIDAD DE DOCUMENTOS

Ante un posible escenario de discrepancias entre documentos, se establece el orden de prioridad de los documentos básicos del proyecto. El orden de prioridad en este Trabajo de Fin de Grado (TFG) es el siguiente:

1. Planos
2. Pliego de Condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria
5. Estudio de Seguridad y Salud

## 11 BIBLIOGRAFÍA

1. Bocado, J. (2021). *La depuración de las aguas en pequeñas poblaciones*. iAgua. Retrieved 25 June 2021, from <https://www.iaqua.es/blogs/juan-ramon-pidre-bocado/depuracion-aguas-pequenas-poblaciones>.
2. Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
3. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2010). *Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones*.
4. García i Cudinach, R., Dalmau Soley, J., & Schmitt, N. (2005). Biodiscos, una tecnología para la depuración de pequeños núcleos de población. *Tecnología Del Agua*, 74-81. Retrieved 26 June 2021, from.
5. Romero Bazán, F. (2020). *Tratamiento de Aguas Residuales mediante la tecnología de BIODISCOS*. Retrieved 27 June 2021, from [https://www.youtube.com/watch?v=gX5vLeDxNA&ab\\_channel=AGUASRESIDUALEINFO](https://www.youtube.com/watch?v=gX5vLeDxNA&ab_channel=AGUASRESIDUALEINFO).
6. Sanjurjo Maroño, E. Mantenimiento. Asignatura de Grado de Ingeniería Mecánica 2020/2021
7. ¿QUÉ ES UN PLC? ¿CÓMO FUNCIONA? ¿PARA QUÉ SIRVE?. SRC. Retrieved 5 July 2021, from <https://srcsl.com/que-es-un-plc/>.
8. ¿Por qué 4–20 mA? - CPI. CPI. (2021). Retrieved 6 July 2021, from <https://www.cpi.com.ar/notas/por-que-4-20-ma/>.
9. Motor monofásico 4MYTE 80 1 0.75 CV 0.55 KW IP 55 F 230/50 B3. Tienda Online de Material Eléctrico | eenergie-shop.es. (2021). Retrieved 8 July 2021, from <https://www.eenergie-shop.es/control-industrial/motores-electricos/motores-tipo-b3-patas/motor-monofasico-4myte-80-1-075-cv-055-kw-ip-55-f-23050-b3>.
10. González Filgueira, G. Automatización. Asignatura de Grado de Ingeniería Eléctrica 2020/2021
11. Ramos Ascue, J. D. (2018). Medición en línea de la DQO mediante correlación del coeficiente de absorción espectral de luz uv. *Producción + Limpia*, 13(2), 67–76.

- 
12. Ronzano, E., & Dapena, J. L. (s. f.). Medida de la Contaminación Orgánica. Google. Recuperado 26 de agosto de 2021, de [https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Medida\\_contaminacion\\_organica.pdf](https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Medida_contaminacion_organica.pdf)
13. Pérez Russo, G. E. (2008, 23 agosto). Teoría Grafcet. GEPRAA. <http://gepraa.blogspot.com/2008/08/grafcet-en-3-niveles.html>





UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2020/21**

---

*DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL  
CONTROL DE UN REACTOR BIOLÓGICO DE AGUAS  
RESIDUALES EMPLEANDO BIODISCOS*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento II**

**PLANOS**



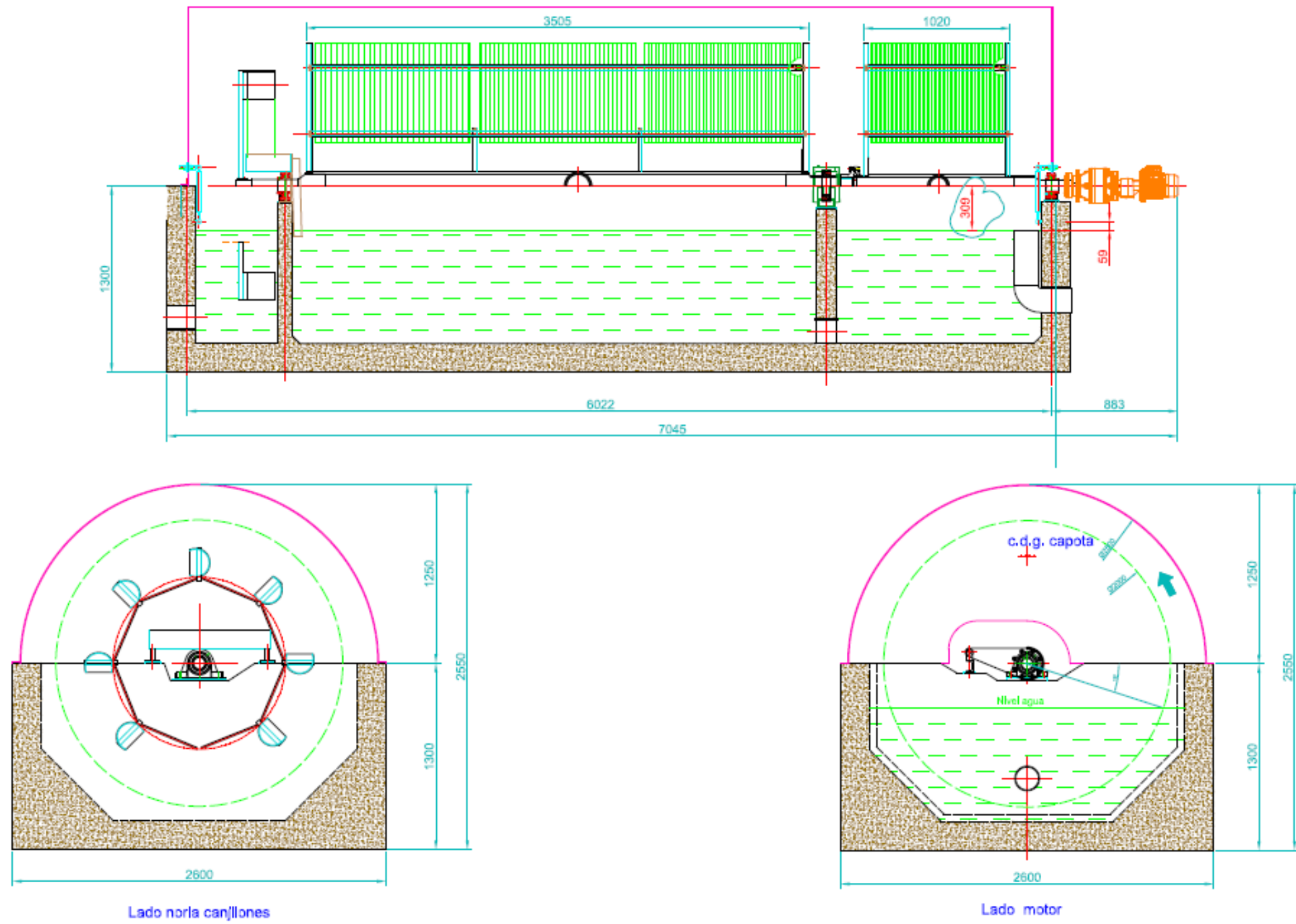




---

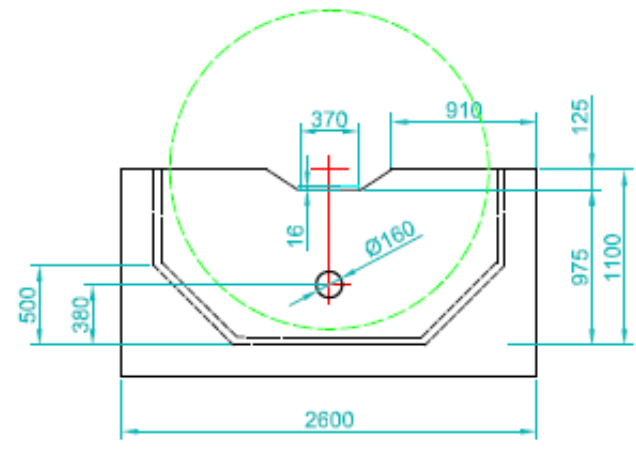
**ÍNDICE DE PLANOS**

1. Conjunto Depuradora Biodiscos.....	4
2. Cuba de Hormigón.....	5
3. Disposición Biodiscos EDAR.....	6
4. Cangilones y Depósito de Recogida.....	7
5. Capota Cuba PRFV .....	8

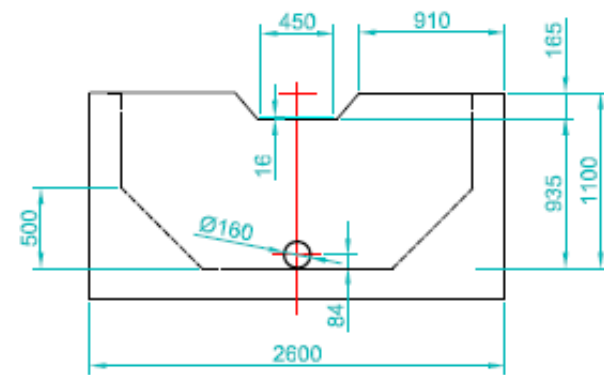
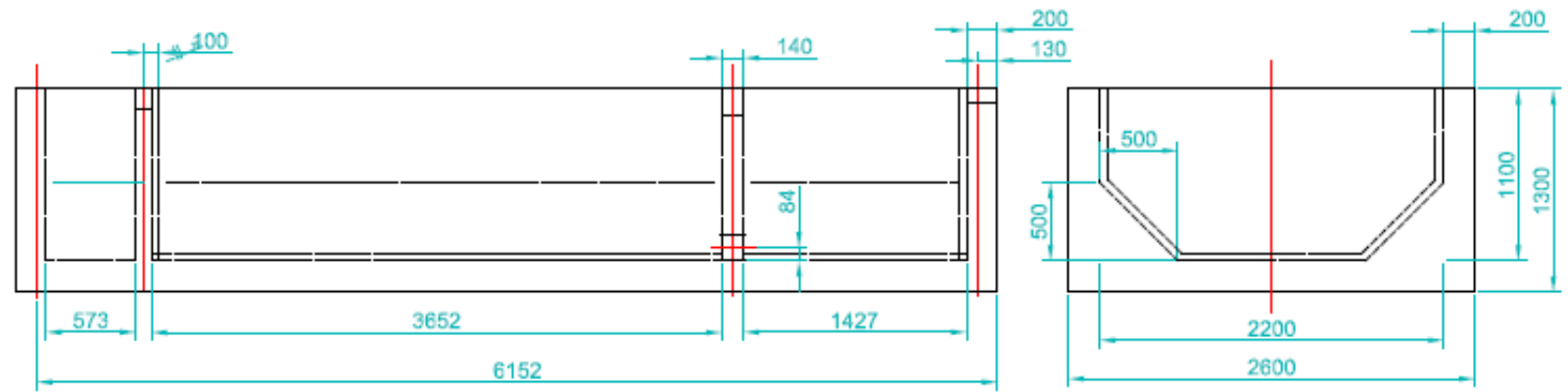




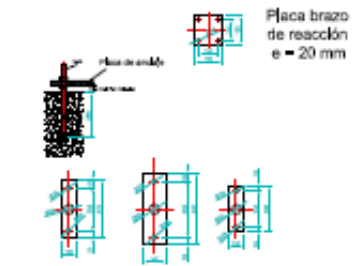
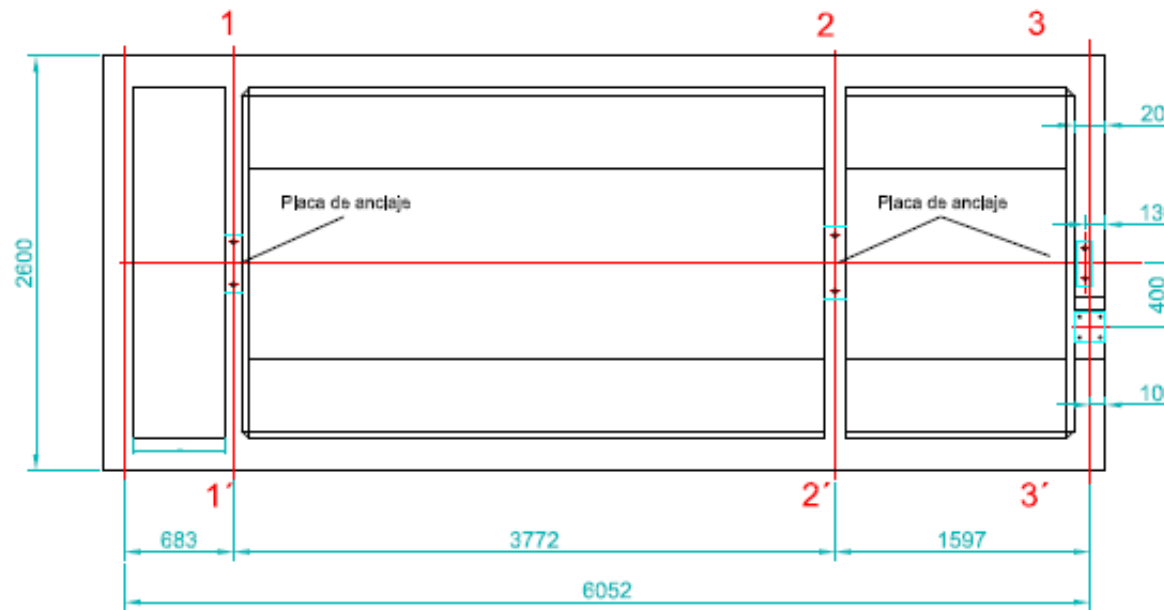
DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE UN REACTOR DE EDAR DE BIODISCOS					
		TÍTULO DEL PLANO			
		CONJUNTO DEPURADORA BIODISCOS EDAR			
DIBUJADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	ESCALA	1:25
REVISADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	Nº PLANO	1



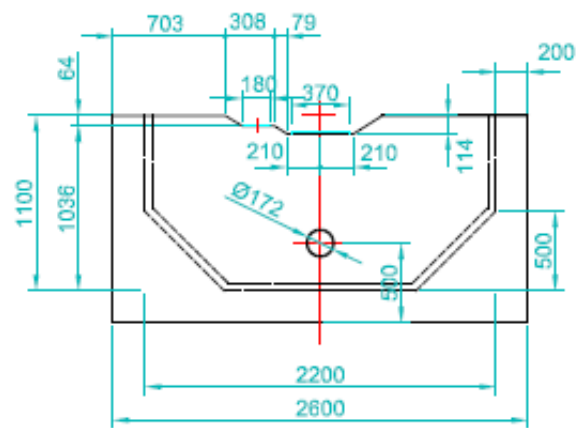
Seccion 1-1'



Seccion 2-2'



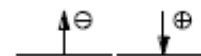
Nota: Con cada placa se suministrarán 4 varillas roscadas M-24 de 450 mm, de longitud con tres bueltas y dos arandelas. (ver plano placas de anclaje)



Seccion 3-3'

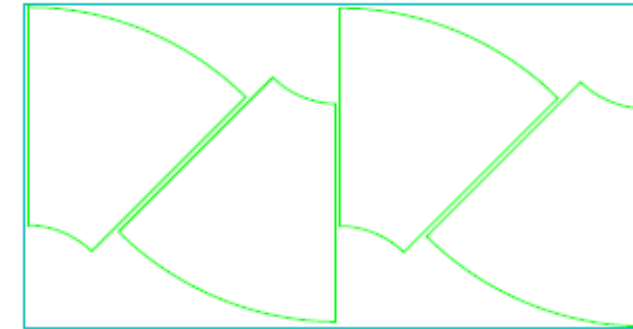
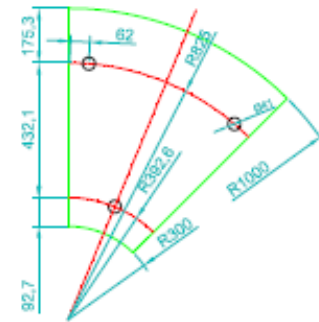
Apoyo	Carga (kg)
1	3.700
2	9.750
3	-1.400
B.reaccion	950

Criterio de signos

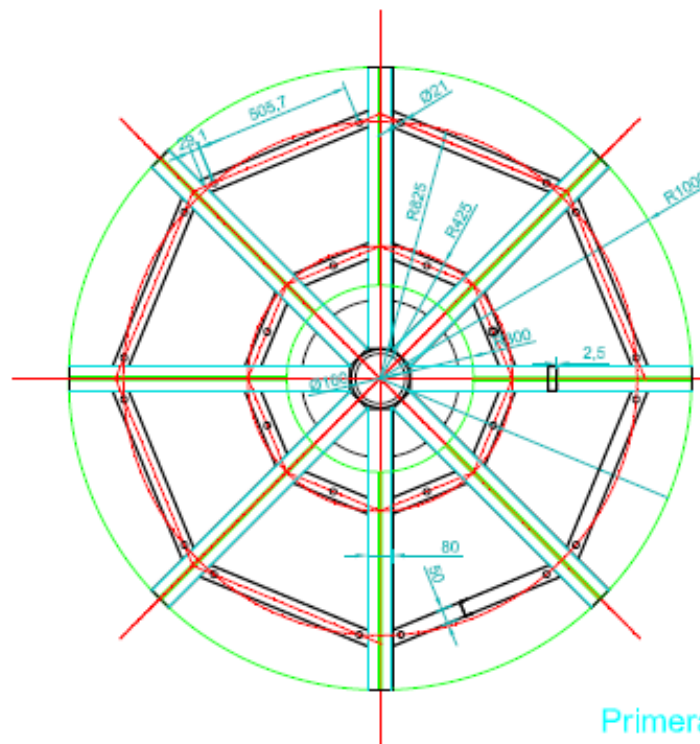


Notas; Pedir placas de anclaje antes de hormigonar.  
Introducir las barras de anclaje en el hormigon 280 mm.  
Las esquinas interiores de la cuba con chaflán de 5 cm.

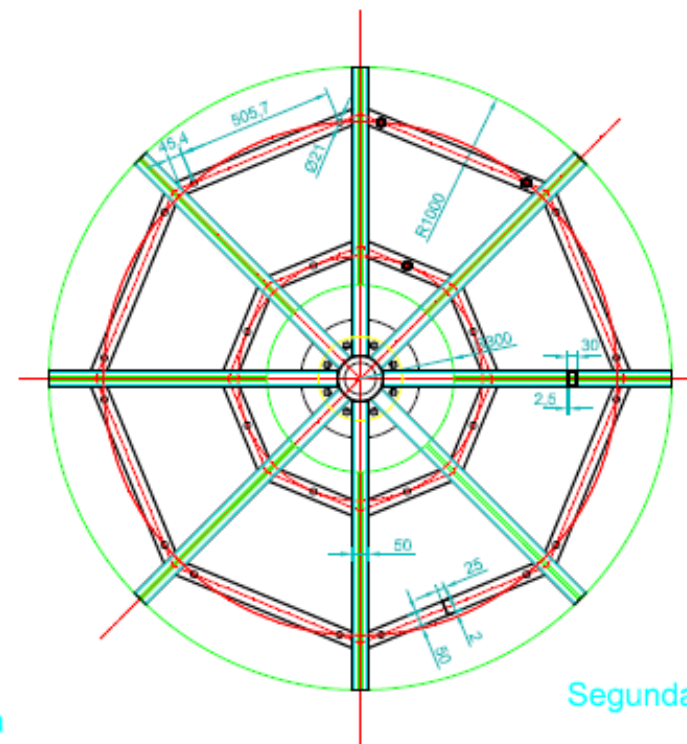
DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE UN REACTOR DE EDAR DE BIODISCOS					
		TÍTULO DEL PLANO			
		CUBA DE HORMIGON			
DIBUJADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	ESCALA	1:40
REVISADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	Nº PLANO	2



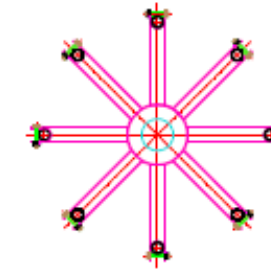
Plancha de 2000 x 1040



Primera Etapa



Segunda Etapa

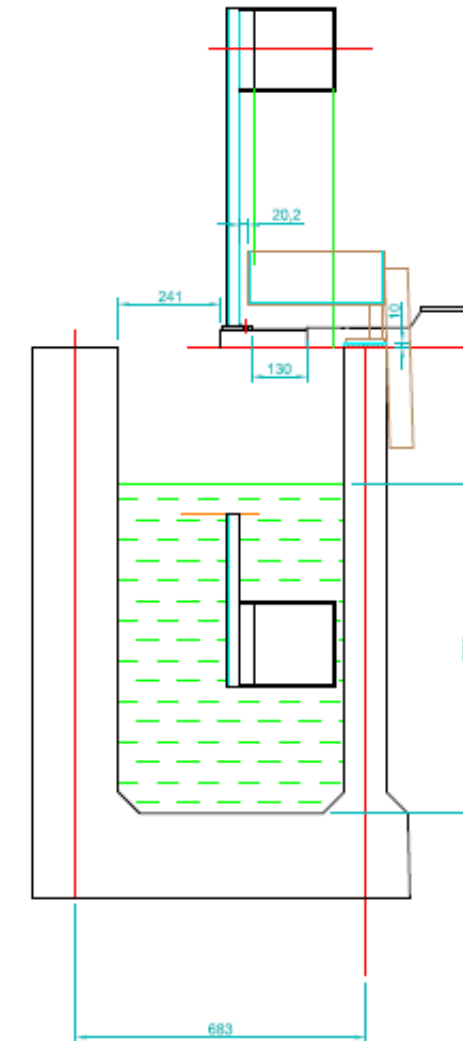
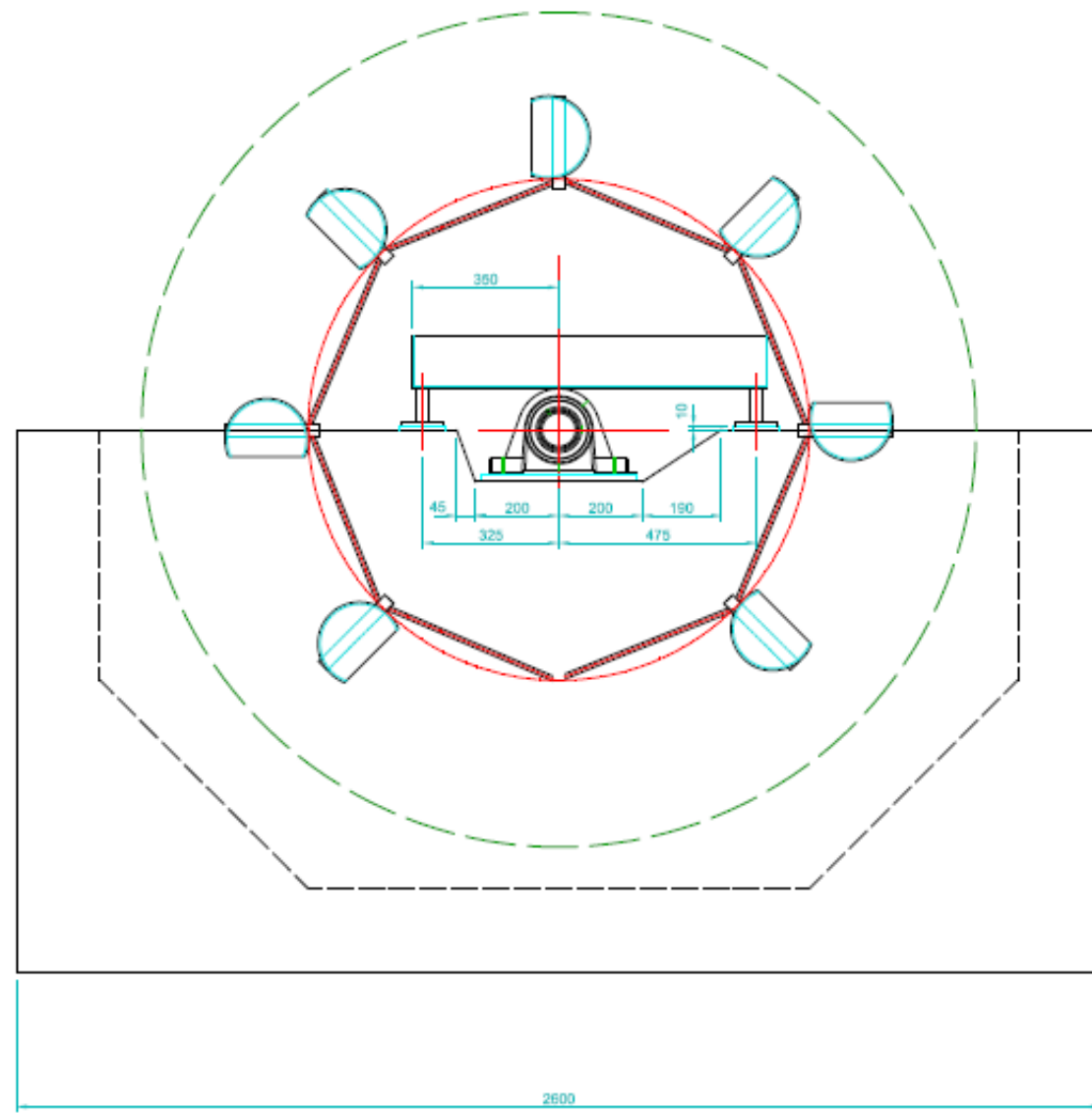


DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE UN REACTOR DE EDAR DE BIODISCOS



TÍTULO DEL PLANO  
**DISPOSICION BIODISCOS EDAR**

DIBUJADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	ESCALA	1:20
REVISADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	Nº PLANO	3

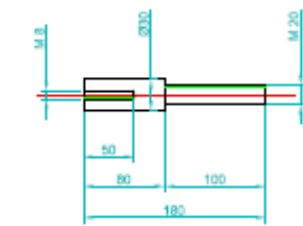
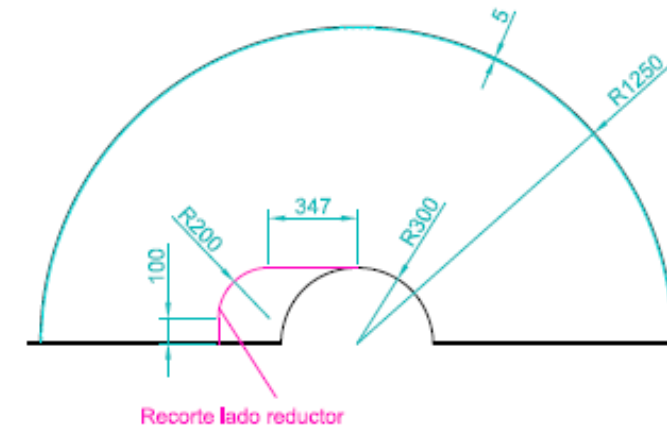
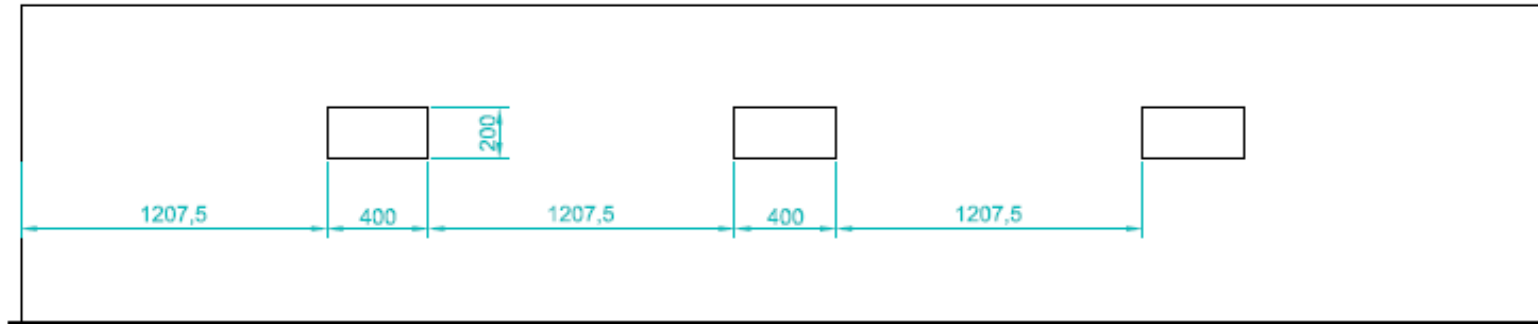


DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE UN REACTOR DE EDAR DE BIODISCOS





TÍTULO DEL PLANO  
**CANGILONES Y DEPOSITO RECOGIDA**

DIBUJADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	ESCALA	1:15
REVISADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	Nº PLANO	4



2 uds. Soportes tensor capota  
 2 uds. Resorte gas  
 ref. S21 S21 815 350 1900N

DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE UN REACTOR DE EDAR DE BIODISCOS

		TÍTULO DEL PLANO			
		CAPOTA CUBA PRFV			
DIBUJADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	ESCALA	1:25
REVISADO	J. Rodríguez	FECHA	Septiembre 2021	Nº PLANO	5







UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2020/21**

---

*DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL  
CONTROL DE UN REACTOR BIOLÓGICO DE AGUAS  
RESIDUALES EMPLEANDO BIODISCOS*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento III**

**PLIEGO DE CONDICIONES**



## Contenido

1 Condiciones facultativas .....	118
1.1 Técnico director de obra. ....	118
1.2 Constructor o Instalador.....	119
1.3 Verificación de los documentos del proyecto. ....	120
1.4 Plan de seguridad y salud en el trabajo. ....	120
1.5 Presencia del Constructor o Instalador en la obra.....	120
1.6 Trabajos no estipulados expresamente.....	120
1.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto. .....	121
1.8 Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa.....	121
1.9 Orden de los trabajos.....	121
1.10 Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	122
1.11 De los materiales y los aparatos. Su procedencia.....	122
1.12 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	122
1.13 Limpieza de las obras. ....	122
1.14 Documentación final de la obra.....	122
1.15 Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	123
1.16 De la recepción definitiva. ....	123
2 Condiciones económicas .....	123
2.1 Medición y abono.....	123
2.2 Precios contradictorios.....	123
2.3 Reclamaciones de aumento de precio por causas diversas.....	124
2.4 Acopio de materiales. ....	124
2.5 Mejora de obras libremente ejecutadas. ....	124
2.6 Pagos. ....	124
2.7 Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras. ....	124
2.8 Demora de los pagos.....	125
2.9 Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios. ....	125
2.10 Unidades de obra defectuosas pero aceptables. ....	125
2.11 Seguro de las obras.....	125
2.12 Conservación de la obra .....	126
2.13 Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario.....	126
3 Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión .....	127

3.1 Condiciones generales. ....	127
3.2 Conductores de cobre y aluminio para baja tensión.....	128
3.2.1 Modos de instalación. ....	128
3.2.2 Caídas de tensión.....	128
3.2.3 Intensidades máximas admisibles .....	129
3.2.4 Factores de corrección. ....	129
3.2.5 Factores de corrección por tipo de receptor o instalación. ....	129
3.2.6 Efectos de corrientes armónicas.....	129
3.2.7 Radios de curvatura.....	130
3.2.8 Ensayos eléctricos.....	130
3.2.9 Tipos de cable. ....	130
3.3 Canalizaciones por tubería aislante rígida. ....	131
3.3.1 Normas.....	131
3.3.2 Modos de instalación.....	131
3.3.3 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas... 132	
3.3.4 Accesibilidad a las instalaciones.....	132
3.3.5 Condiciones de servicio.....	132
3.4 Canalizaciones por tubería aislante de acero.....	133
3.4.1 Normas.....	133
3.4.2 Modos de instalación.....	133
3.4.3 Condiciones de servicio.....	133
3.5 Canalizaciones por tubería aislante flexible .....	133
3.5.1 Normas.....	134
3.5.2 Modos de instalación.....	134
3.5.3 Condiciones de servicio.....	134
3.6 Conjuntos portamecanismos en pavimento.....	134
3.6.1 Normas.....	135
3.6.2 Modos de instalación.....	135
3.6.3 Condiciones de servicio.....	135
3.7 Cuadros eléctricos de distribución .....	135
3.7.1 Normas.....	135
3.7.2 Características eléctricas.....	136
3.7.3 Características de diseño .....	136
3.7.4 Unidades funcionales .....	138
3.7.5 Ensayos eléctricos.....	138
3.7.6 Embalaje. Manipulación y transporte .....	139

3.7.7 Montaje y puesta en servicio.....	139
3.8 Pequeño material eléctrico.....	139
3.8.1 Normas.....	140
3.8.2 Unidades funcionales.....	140
3.8.3 Accesorios y sistemas de instalación.....	142
3.8.4 Ensayos eléctricos.....	143
3.8.5 Manipulación y transporte.....	143
3.8.6 Montaje y puesta en servicio.....	143
3.9 Puesta a tierra.....	143
3.9.1 Normas.....	143
3.9.2 Tomas de tierra.....	144
3.9.3 Conducciones enterradas.....	144
3.9.4 Conductores de tierra.....	144
3.9.5 Bornes de puesta a tierra.....	145
3.9.6 Conductores de protección.....	145
3.9.7 Condiciones generales.....	145
4 Condiciones de revisión y mantenimiento.....	145
4.1 Mantenimiento y garantía.....	145
4.2 Acabados y remates finales.....	146
4.3 Pruebas de puesta en marcha.....	146
4.4 Inspecciones.....	147
4.5 Calidades.....	147
4.6 Seguridad.....	148
4.7 Documentación.....	148
4.7.1 Documentación gráfica.....	148
4.7.2 Documentación final de obra.....	149

## 12 CONDICIONES FACULTATIVAS

### 12.1 Técnico director de obra.

Corresponde al Técnico Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor o Instalador, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de la obra.

## **12.2 Constructor o Instalador.**

Corresponde al Constructor o Instalador:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta del replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

## **12.3 Verificación de los documentos del proyecto.**

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor o Instalador consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes. El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

## **12.4 Plan de seguridad y salud en el trabajo.**

El Constructor o Instalador, a la vista del Proyecto, conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

## **12.5 Presencia del Constructor o Instalador en la obra.**

El Constructor o Instalador viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Técnico para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Director, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

## **12.6 Trabajos no estipulados expresamente.**

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Técnico Director dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.



Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

## **12.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.**

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor o Instalador estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Director.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor o Instalador, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Constructor o Instalador, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Constructor o Instalador podrá requerir del Técnico Director, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

## **12.8 Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa.**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Técnico Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria para ese tipo de reclamaciones.

## **12.9 Orden de los trabajos.**

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

## **12.10 Condiciones generales de ejecución de los trabajos.**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Técnico al Constructor o Instalador, dentro de las limitaciones presupuestarias.

## **12.11 De los materiales y los aparatos. Su procedencia.**

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor o Instalador deberá presentar al Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

## **12.12 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.**

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

## **12.13 Limpieza de las obras.**

Es obligación del Constructor o Instalador mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

## **12.14 Documentación final de la obra.**

El Técnico Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente, según lo establecidos en los apartados siguientes.

## **12.15 Conservación de las obras recibidas provisionalmente.**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisionales y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Por lo tanto, el Contratista durante el plazo de garantía será el conservador del edificio, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad, antes de la Recepción Definitiva.

## **12.16 De la recepción definitiva.**

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor o Instalador de reparar a su cargo aquéllos desperfectos inherentes a la norma de conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

# **13 CONDICIONES ECONÓMICAS**

## **13.1 Medición y abono.**

Las diferentes unidades de obra se medirán y abonarán según aparece en el Cuadro de Número Uno.

## **13.2 Precios contradictorios.**

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Técnico decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Técnico y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

### **13.3 Reclamaciones de aumento de precio por causas diversas.**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

### **13.4 Acopio de materiales.**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

### **13.5 Mejora de obras libremente ejecutadas.**

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

### **13.6 Pagos.**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Técnico Director, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

### **13.7 Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras.**

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil (o/oo) del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

### **13.8 Demora de los pagos.**

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

### **13.9 Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios.**

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Técnico Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Técnico Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

### **13.10 Unidades de obra defectuosas pero aceptables.**

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Técnico Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

### **13.11 Seguro de las obras**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por

certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Técnico Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

### **13.12 Conservación de la obra**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Técnico Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Técnico Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio está obligado el Contratista a revisar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

### **13.13 Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario.**

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

## **14 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN**

### **14.1 Condiciones generales.**

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

## **14.2 Conductores de cobre y aluminio para baja tensión.**

Conductores eléctricos para instalaciones interiores dentro del campo de aplicación del artículo 2 (límites de tensión nominal igual o inferior a 1000V) y con tensión asignada dentro de los márgenes fijados en el artículo 4 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT-19).

### *14.2.1 Modos de instalación.*

Según la clasificación establecida en la UNE 20460-5-523 (tabla 52-B2) en la que se identifican instalaciones cuya capacidad de disipación del calor generado por las pérdidas es similar por lo que pueden agruparse en una determinada tabla común de cargas.

Denominación según UNE 20460. Conductores aislados: Conductores aislados sin cubierta, unipolares, con nivel de aislamiento hasta 750V. Se instalarán en conductos de superficie o empotrados o sistemas cerrados análogos. Cables: Conductores aislados con una cubierta adicional, unipolares o multipolares, con un nivel de aislamiento de 1000V.

Las condiciones generales de instalación serán las que se establecen en la ITCBT-19.

Siempre que los elementos de la instalación lo permitan las conexiones con terminales de presión y fundas termorretractíles. En cualquier caso, se retirará la envoltura imprescindible para realizar el acoplamiento a terminales o bornas de conexión. No se admitirán conexiones donde el conductor sobresalga de la borna o terminal.

Las derivaciones se realizarán siempre mediante bornas o kits. No se permitirán empalmes realizados por torsión de un conductor sobre todo.

Los cables se fijarán a los soportes mediante bridas, abrazaderas o collares de forma que no se perjudiquen a las cubiertas de los mismos. La distancia entre dos puntos de fijación consecutivos no excederá de 0,40 metros para conductores sin armar, y 0,75 metros para conductores armados.

### *14.2.2 Caídas de tensión.*

La sección de los conductores se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización se corresponda con los valores máximos fijados en la ITC-BT-19.

Caídas de tensión máximas. Viviendas: 3% en cualquier circuito interior. Terciario o industrial en BT: 3% para alumbrado y 5% para otros usos. Terciario o industrial en MT: 4,5% para alumbrado y 6,5% para otros usos.



### ***14.2.3 Intensidades máximas admisibles***

De acuerdo con los valores indicados en la UNE 20460-5-523 (tabla A.52-1bis) para una temperatura ambiente del aire de 40°C y para los distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable. Se deberá tener en cuenta la división entre cables termoplásticos (PVC, Z1 o similares) y termoestables (XLPE, EPR, Z o similares).

### ***14.2.4 Factores de corrección.***

Cuando las condiciones de la instalación sean distintas a las fijadas en la tabla A.52-1bis (temperatura ambiente distinta a 40°C, circuitos agrupados en una misma canalización, influencia de armónicos, etc.), se tomarán los factores de corrección correspondientes a las condiciones de instalación previstas.

### ***14.2.5 Factores de corrección por tipo de receptor o instalación.***

- Locales con riesgo de incendio o explosión: Intensidad admisible reducida un 15% (ITC-BT-29).
- Instalaciones generadoras en BT: Cables dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima prevista (ITC-BT-40).
- Lámparas de descarga: Carga mínima en VA igual a 1,8 veces la potencia en W (ITC-BT-44).
- Motores: Cables dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima prevista (ITC-BT-47).
- Aparatos elevación: Cables dimensionados para una carga no inferior a 1,3 de la máxima prevista (ITC-BT-47).

### ***14.2.6 Efectos de corrientes armónicas.***

Se deberán aplicar métodos adecuados según anexo C de la norma UNE 20460- 5-523.

### 14.2.7 Radios de curvatura.

Mínimos aplicables a todos los cables UNE 21123 en posición definitiva de servicio:

	<i>Diámetro exterior de los cables (mm)</i>		
	<b>D &lt; 25</b>	<b>25 ≤ D ≤ 50</b>	<b>D &gt; 50</b>
<i>Cables no armados</i>	4D	5D	6D
<i>Cables armados</i>	10D	10D	10D

### 14.2.8 Ensayos eléctricos.

De acuerdo con la ITC-BT-19 y especificaciones de la Guía Técnica de Aplicación - Anexo 4.

### 14.2.9 Tipos de cable.

Resumen de tipos de cable para los distintos tipos de instalación según el REBT:

- Distribución. Acometidas: ITC-BT-11
- Instalaciones de enlace: ITC-BT-14/15/16
- Instalaciones interiores o receptoras: ITC-BT-20
- Instalaciones interiores en viviendas: ITC-BT-26/27
- Locales de pública concurrencia: ITC-BT-28
- Locales con riesgo de incendio o explosión: ITC-BT-29
- Locales especiales: ITC-BT-30/31
- Máquinas elevación y transporte: ITC-BT-32
- Provisionales y temporales de obra: ITC-BT-33
- Ferias y stands: ITC-BT-34
- Mobiliario: ITC-BT-49

## **14.3 Canalizaciones por tubería aislante rígida.**

Tubos aislantes rígidos blindados de PVC libres de halógenos para uso en instalaciones eléctricas no subterráneas. Estancos, con uniones roscadas o enchufables, no propagadores de la llama. Cumplirán las condiciones que especifica el REBT (ITC-BT-21).

### *14.3.1 Normas*

Cumplirán las exigencias de las UNE-EN 60423, UNE-EN 50086-2-1, UNE-EN 50086-2-2 y UNE 20.324.

### *14.3.2 Modos de instalación*

Según las condiciones siguientes: Canalizaciones fijas en superficie. Canalizaciones empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectores de obra. Canalizaciones empotradas embebidas en hormigón.

Las características mínimas generales y las condiciones de instalación y colocación de los tubos y cajas de conexión y derivación de los conductores serán las que se establecen en la ITC-BT-021. La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir, además, lo prescrito en la norma UNE 20460-5-523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

Los accesorios a utilizar (codos, tes, cruces, uniones, etc.) y los elementos de fijación y soportación serán específicos del tipo de tubería empleado y mantendrán las prestaciones mecánicas y resistencia media a la corrosión.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúe la instalación.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios.

El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres.

La unión de tubos rígidos a tubos flexibles se hará mediante racores especiales a tal fin.

Los tubos que no vayan empotrados o enterrados se sujetarán a paredes o techos alineados y sujetos por abrazaderas a una distancia máxima entre dos consecutivas de 0,80 metros.

Asimismo, se dispondrán fijaciones de una y otra parte de los cambios de dirección y en la proximidad inmediata de equipos o cajas. En ningún caso existirán menos de dos soportes entre dos cajas o equipos.

No se establecerán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación en plantas inferiores. Para la instalación correspondiente a la propia planta únicamente podrán instalarse en estas condiciones cuando sean tubos blindados y queden recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 cm de espesor como mínimo además del revestimiento.

Cuando los tubos vayan empotrados en rozas, la profundidad de éstas será la equivalente al diámetro exterior del tubo más de un centímetro, que será el recubrimiento.

### ***14.3.3 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas***

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

### ***14.3.4 Accesibilidad a las instalaciones***

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

### ***14.3.5 Condiciones de servicio***

Recepción, manipulación y almacenamiento. Se verificará a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación de los materiales se realizará de forma que evite queden expuestos a torsión, abolladuras o impactos. Los equipos de manipulación (unidades de elevación y otros) estarán adaptados a las condiciones de los materiales. Si la instalación no es inmediata, los materiales se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

## **14.4 Canalizaciones por tubería aislante de acero**

Serán con soldadura continua y galvanizados en caliente interior y exterior. Irán provistos de rosca. Cumplirán las condiciones que especifica el REBT (ITC-BT21).

### **14.4.1 Normas**

Cumplirán las exigencias de las UNE-EN 60423, UNE-EN 50086-2-1, UNE-EN 50086-2-2 y UNE 20.324.

### **14.4.2 Modos de instalación**

Según las condiciones siguientes: Canalizaciones fijas en superficie. Canalizaciones empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectores de obra. Canalizaciones empotradas embebidas en hormigón.

Las características mínimas generales y las condiciones de instalación y colocación de los tubos y cajas de conexión y derivación de los conductores serán las que se establecen en la ITC-BT-021. La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir, además, lo prescrito en la norma UNE 20460-5-523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

Los accesorios a utilizar (codos, tes, cruces, uniones, etc.) y los elementos de fijación y soportación serán específicos del tipo de tubería empleado y mantendrán las prestaciones mecánicas y resistencia media a la corrosión.

Se aplicarán las mismas condiciones generales establecidas en el punto anterior.

### **14.4.3 Condiciones de servicio**

Recepción, manipulación y almacenamiento. Se verificará a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación de los materiales se realizará de forma que evite queden expuestos a torsión, abolladuras o impactos. Los equipos de manipulación (unidades de elevación y otros) estarán adaptados a las condiciones de los materiales. Si la instalación no es inmediata, los materiales se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

## **14.5 Canalizaciones por tubería aislante flexible**

Tubos aislantes flexibles fabricados con materiales libres de halógenos y no propagadores de la llama para uso en instalaciones eléctricas. Estancos, resistentes a la compresión y al impacto. Cumplirán las condiciones que especifica el REBT (ITC-BT-21).

### **14.5.1 Normas**

Cumplirán las exigencias de las UNE-EN 60423, UNE-EN 50086-2-3, UNE-EN 50086-2-4 y UNE 20.324.

### **14.5.2 Modos de instalación**

Según las condiciones siguientes: Canalizaciones empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectores de obra. Canalizaciones empotradas embebidas en hormigón. Canalizaciones aéreas o con tubos al aire. Canalizaciones enterradas.

Las características mínimas generales y las condiciones de instalación y colocación de los tubos y cajas de conexión y derivación de los conductores serán las que se establecen en la ITC-BT-021. La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir, además, lo prescrito en la norma UNE 20460-5-523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

Los accesorios a utilizar (codos, tes, cruces, uniones, etc.) y los elementos de fijación y soportación serán específicos del tipo de tubería empleado y mantendrán las prestaciones mecánicas y resistencia media a la corrosión.

Se aplicarán las mismas condiciones generales establecidas en el punto anterior.

### **14.5.3 Condiciones de servicio**

Recepción, manipulación y almacenamiento. Se verificará a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación de los materiales se realizará de forma que evite queden expuestos a torsión, abolladuras o impactos. Los equipos de manipulación (unidades de elevación y otros) estarán adaptados a las condiciones de los materiales. Si la instalación no es inmediata los materiales se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

## **14.6 Conjuntos portamecanismos en pavimento**

Cajas portamecanismos para instalación en suelos técnicos o en registros empotrados en pavimento. Características mecánicas adecuadas a las condiciones de emplazamiento, fabricadas con materiales ignífugos y libres de halógenos. Cumplirán la normativa UNE-EN-20451 y las condiciones que establece el REBT (ITC-BT-21).

### **14.6.1 Normas**

Los sistemas bajo pavimento cumplirán las normas DIN VDE 0634 Parte 1 “Instalaciones bajo pavimento-Unidades empotradas” y DIN VDE 0634 Parte 2 “Instalaciones bajo pavimento-Canales de instalación eléctrica y accesorios”.

### **14.6.2 Modos de instalación**

Las cajas adaptadas a canales metálicas bajo pavimento cumplirán las condiciones que establece la Especificación Técnica correspondiente (RBE).

En su conjunto, las cubetas portamecanismos deberán permitir la instalación de bases eléctricas y de telecomunicación y datos, con una separación efectiva entre ambas. Se utilizarán únicamente mecanismos perfectamente compatibles y adaptados al sistema.

La fijación de las cajas al suelo técnico o al registro de pavimento se realizará mediante anclajes pivotantes. Las cajas dispondrán de entradas de tubo o canal pretroqueladas y deberán permitir la instalación y regulación de la profundidad de las cubetas.

Las cajas incluirán una tapa abatible de alta resistencia y una tapa basculante adaptada para la salida protegida de los cables. La tapa incorporará un sistema de bloqueo que asegure su perfecto cierre e impida la apertura involuntaria.

### **14.6.3 Condiciones de servicio**

Recepción, manipulación y almacenamiento. Se verificará a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación de los materiales se realizará de forma que evite queden expuestos a roturas. Si la instalación no es inmediata los materiales se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

## **14.7 Cuadros eléctricos de distribución**

Para la centralización de aparamenta de seccionamiento y protección, medida, mando y control en distribuciones eléctricas de baja tensión. Cumplirán las especificaciones del REBT. Instrucciones técnicas complementarias (ITC).

### **14.7.1 Normas**

Cumplirán la normativa siguiente: UNE-EN 60439-1 (clasificación, condiciones de empleo, características eléctricas, construcción, disposiciones y ensayos); UNE 20324 y UNE-EN 50102 (protección de la envolvente); UNE-EN 60447 (maniobra de los aparatos

eléctricos); UNE-EN 60073 (señalización) y CEI 60152, CEI 60391 y CEI 60446 (identificación de los conductores).

Todos los componentes de material plástico responderán al requisito de autoextinguibilidad conforme a la norma UNE-EN 60695-2.

### 14.7.2 Características eléctricas

Tensión asignada de empleo ( $U_e$ )	Hasta 1000 V
Tensión asignada de aislamiento ( $U_i$ )	Hasta 1000 V
Tensión asignada soportada al impulso ( $U_{imp}$ )	8 kV
Frecuencia asignada	50-60 Hz
Corriente asignada	Hasta 3200 A
Corriente asignada de corta duración admisible ( $I_{cw}$ )	Hasta 105 kA
Corriente asignada de cresta admisible ( $I_{pk}$ )	Hasta 254 kA
Compartimentación	Forma 2, 3 y 4
Grado de protección	IP.31/41/65 (*)

(\*) Sin puerta/ Con puerta y panel lateral ventilado/ Con puerta y panel lateral ciego.

### 14.7.3 Características de diseño

Básicamente constituidos por:

- Sistema funcional.
- Envolverte metálica.
- Sistemas de barras.
- Disposición de la aparamenta.
- Conexión de potencia.
- Circuitos auxiliares y de baja potencia.
- Etiquetado e identificación.

Cumplirán las condiciones constructivas y de servicio que se establecen en los documentos del proyecto (memoria descriptiva, cálculos, planos, partidas económicas, mediciones y pliego de condiciones técnicas generales).

**Sistema funcional.** Deberá permitir realizar cualquier tipo de cuadro de distribución de baja tensión, principal o secundario, hasta 3200 A en entornos terciarios o industriales. La totalidad de los accesorios de adaptación de la aparamenta principal y auxiliar serán estandarizados y de la misma fabricación que los componentes principales. Todos los componentes eléctricos serán fácilmente accesibles.

**Envolverte metálica.** La estructura del cuadro será metálica de concepción modular ampliable, formada por kits componibles de amplia configuración. El conjunto de estructura,



paneles, bastidores, puertas y resto de componentes deberán responder a todas las exigencias referidas al tipo de instalación, grado de protección, características eléctricas y mecánicas y referencias a normativa (UNE-EN 60439-1). La totalidad de los componentes deberán estar oportunamente tratados y barnizados para garantizar una eficaz resistencia a la corrosión.

**Sistemas de barras.** La naturaleza y sección de los juegos de barras se calcularán en función de la intensidad permanente y de cortocircuito previstas, la temperatura ambiente (35 °C según UNE-EN 60439-1) y el grado de protección de la envolvente. Las barras serán de cobre con un tratamiento de la superficie (anodización) y una preparación de la superficie de contacto. Su disposición deberá favorecer la disipación térmica. Se respetarán las distancias mínimas de aislamiento calculadas en función de la tensión asignada de aislamiento o de empleo y del lugar de utilización (UNE- EN 60439-1).

Conductor de protección (PE): Dimensionado y fijado en el cuadro para soportar los esfuerzos térmicos y electrodinámicos de la corriente de defecto. Conductor de neutro y protección (PEN): Se dispondrá únicamente si así se establece en las condiciones de proyecto. Estos conductores cumplirán la norma UNE-EN 60439.

El número y separación de los soportes se definirá en función de la corriente de cortocircuito prevista y del peso y posición de las barras. Estarán contruidos con materiales amagnéticos para evitar el calentamiento debido a los efectos de bucle alrededor de los conductores y garantizarán la sujeción de los juegos de barras.

**Disposición de la aparamenta.** Comprobación de las limitaciones de calentamiento (UNE-EN 60439-1). La disposición de los aparatos se realizará de forma que se limiten las condiciones de calentamiento del conjunto de la aparamenta instalada, facilitando las prestaciones de los aparatos respetando la temperatura de referencia. La disipación de calor se realizará por convección natural o por ventilación forzada.

Conexiones de los cables y canalizaciones eléctricas prefabricadas. Las unidades funcionales deberán tener en cuenta los volúmenes de conexión con independencia de la posición del interruptor. La conexión de canalizaciones eléctricas prefabricadas al cuadro se hará mediante soluciones ensayadas.

Perímetros de seguridad. Se respetaran las zonas de seguridad entre aparatos y las distancias respecto a elementos circundantes definidas por el fabricante para garantizar el correcto funcionamiento. Se recomienda la utilización sistemática de cubrebornas para reducir las distancias.

Aparamenta sobre puerta. Su instalación no debe reducir el IP de origen. En el caso de que las piezas móviles metálicas (puertas, paneles, tapas pivotantes) que soporten componentes eléctricos no sean de clase 2, es obligatoria la conexión a masa.

**Conexión de potencia.** Según la configuración del cuadro, la conexión de los aparatos de potencia podrá realizarse mediante barras o cables. Estas conexiones estarán lo suficientemente dimensionadas para soportar los esfuerzos eléctricos y térmicos. Se situarán dispositivos de embrizado para evitar esfuerzos mecánicos excesivos en los polos de los aparatos.

Embarrados de transferencia horizontal. Normalmente tendrán una sección superior a la del juego de barras principal para evitar calentamientos en los puntos de conexión y el decalaje debido a la orientación de las barras (de canto o planas).

Conexión directa por barras. Cumplirán las condiciones de calidad del fabricante: Embrizados mediante soportes aislantes. Conexión entre si de las barras de una misma fase. Decalajes. Espacios necesarios. Taladrado y punzonado. Plegado. Preparación de las

superficies de contacto. Tornillería de conexión. Presión de contacto. Par de apriete. Conexión mediante barras flexibles.

Conexión mediante cables. La sección de los cables deberá ser compatible con la intensidad que va a circular y la temperatura ambiente alrededor de los conductores. Los cables a utilizar serán del tipo flexible o semirrígido U 1000 (aislamiento de 1000 V). Los terminales serán de tronco abierto para poder controlar el engrane del cable. La conexión, borneros de distribución, recorrido y embreado de los cables cumplirán las condiciones de calidad del fabricante.

La conexión eléctrica de las unidades funcionales cumplirán las normas UNE-EN 60439.

**Circuitos auxiliares y de baja potencia.** Dentro de las envolventes, los cables de los circuitos auxiliares y de baja potencia deberán circular libremente en los brazaletes o canaletas que garantizarán su protección mecánica y ventilación. Las bornas de conexión intermedia quedarán instaladas fuera de los conductos del cableado. La configuración del armario deberá posibilitar la colocación horizontal y vertical de las canaletas optimizando el recorrido del cableado. El paso de los cables hacia la puerta se llevará a cabo mediante una manguera que evite que se puedan provocar daños mecánicos en los conductores con el movimiento de paneles o puertas.

**Etiquetado e identificación.** La identificación de los cuadros y aparatos cumplirán las normas UNE-EN 60439-1 y UNE-EN 60617. La placa de características de los cuadros deberán indicar los datos del cuadrista y la identidad del cuadro, edificio y proyecto.

Las características eléctricas del cuadro como la tensión, la intensidad, la frecuencia, la resistencia a las lcc, el régimen de neutro, etc. o las características mecánicas como la masa del cuadro, el grado de protección, etc. deberán aparecer en los documentos constructivos suministrados al cliente.

La identificación de los conductores cumplirán las normas UNE-EN 60446.

#### *14.7.4 Unidades funcionales*

Cumplirán las condiciones que se establecen en las especificaciones técnicas correspondientes: Interruptores automáticos compactos (SBA02). Interruptores automáticos de bastidor (SBA03). Aparatación modular (SBA10). Aparatación de control industrial (SBA20).

#### *14.7.5 Ensayos eléctricos*

Se efectuarán en taller de acuerdo con el protocolo establecido. Básicamente: Conformidad de ejecución con respecto a planos, nomenclatura y esquemas. Número, naturaleza y calibres de los aparatos. Conformidad del cableado. Identificación de los conductores. Comprobación de las distancias de aislamiento y grado de protección. Funcionamiento eléctrico (relés, medida y control, enclavamientos mecánicos y eléctricos, etc.). Ensayo dieléctrico. Pantallas de protección contra los contactos directos e indirectos en las partes en tensión. Acabado. La declaración de conformidad del equipo es responsabilidad del cuadrista que deberá establecer el informe técnico que demuestra dicha conformidad, aportando todas las pruebas realizadas según un sistema de cuadros ensayados de acuerdo con la norma UNE-EN 60439-1.

### ***14.7.6 Embalaje. Manipulación y transporte***

**Embalaje.** Estará condicionado por los aspectos siguientes: Peso del cuadro. Entorno en el que se va a almacenar (temperatura, humedad, intemperie, polvo, choques, etc.). Duración del almacenamiento. Procesos de manipulación (carretilla elevadora, grúa, etc.). Tipo y condiciones del transporte utilizado (camión, contenedor, etc.). Fragilidad (vidrio). Sensibilidad a la humedad. Posicionamiento.

El embalaje deberá ser compatible con el sistema de manipulación utilizado (puntos de eslingado, travesaños de manipulación, etc.).

**Manipulación y transporte.** Se verificarán a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación de los distintos elementos se realizará de forma que evite exponer los equipos a abolladuras o impactos. Los equipos de manipulación (unidades de elevación y otros) estarán adaptados a las condiciones de los armarios.

Normalmente la manipulación se realizará armario a armario. En caso de armarios yuxtapuestos que no puedan disociarse se comprobará la calidad de las conexiones mecánicas entre ellos y se utilizará una viga de suspensión. En el caso de utilizarse grúas o puentes rodantes que necesiten una sujeción por la parte superior se utilizarán eslingas resistentes. El enganche se deberá realizar sobre los cáncamos de elevación propios del armario colocados según recomendación del fabricante.

Si los equipos no se instalan ni se ponen en funcionamiento de inmediato se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

### ***14.7.7 Montaje y puesta en servicio***

Se seguirán obligatoriamente las recomendaciones del fabricante de acuerdo con el esquema de conexión y regulación previsto. En especial las referidas a la unión eléctrica de los conductores activos y de protección, el enlace mecánico entre elementos, los sistemas de soportación y las conexiones extremas. En condiciones de servicio, los cuadros eléctricos constituirán una instalación eléctrica segura basada en un buen ensamble entre las unidades funcionales y el sistema de distribución de la corriente. Las operaciones de mantenimiento, realizadas con el cuadro sin tensión, deberán ser rápidas y cómodas, facilitadas por un acceso total a la apartamentada. La seguridad para el usuario quedará garantizada por las tapas de protección de la apartamentada y las protecciones internas adicionales (compartimentación, pantallas) que permitirán realizar las formas 2 o 3 y dar protección contra los contactos directos de las partes activas.

## **14.8 Pequeño material eléctrico**

Mecanismos modulares para funciones de mando, protección, toma de corriente y control de circuitos y receptores en instalaciones domésticas y de distribución terminal terciaria. Cumplirán las especificaciones del REBT. Instrucciones técnicas complementarias (ITC).

### 14.8.1 Normas

Cumplirán la normativa siguiente: UNE-EN 60669-1 y las Directivas de BT y CEM (mando); UNE-EN 60898 y UNE-EN 61009-1 (protección); UNE 20315 (tomas de corriente); EN 60669-2-1 (regulación) y EN 60669-2-3 (temporización).

### 14.8.2 Unidades funcionales

Básicamente las siguientes:

- Mecanismos de mando.
- Protección magnetotérmica y diferencial.
- Bases portafusibles modulares.
- Tomas de corriente.
- Mecanismos de regulación.
- Interruptores temporizados.
- Interruptores horarios programados.
- Detectores de movimiento.
- Señalización y balizado.
- Otros componentes modulares.

**Mecanismos de mando.** Encendido y apagado de circuitos con cargas resistivas, inductivas y pequeños motores (lámparas incandescentes, fluorescentes y transformadores, electrodomésticos, gobierno de tomas de corriente, etc.). Características: 250V; 10, 16, 20, 25 y 32A.

**Protección magnetotérmica y diferencial.** Utilizados como medida adicional a la protección de cabecera (baños, cocinas, lavaderos, aparatos electrónicos, etc.). Características: 230V; 6, 10 y 16A. Poder de corte: 1500/3000A.

**Bases portafusibles modulares.** Bases seccionables o interruptores portafusibles modulares para la protección de líneas en circuitos con elevada corriente de cortocircuito. Características: Tensión: 250 V. Intensidad: 10 y 16 A. Tamaño: 6x32.

**Tomas de corriente.** Alimentación de electrodomésticos, aparatos de iluminación, electrónicos, etc.). Posibilidad de incorporar protección infantil. Características: 250V; 10/16A. Resistencia de aislamiento: > 5MΩ a 500V. Rigidez dieléctrica: > 2000V.

**Mecanismos de regulación.** Funciones:

- Interruptor. Regulación de lámparas incandescentes y halógenas. Características: 230V; 40-300W.
- Interruptor-conmutador. Regulación de lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador ferromagnético. Características: 230V; 40-300W/VA.
- Interruptor de pulsación. Regulación de lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador ferromagnético. Características: 230V; 40-500W/VA.

- Interruptor. Regulación de cargas resistivas e inductivas: lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador convencional, ventiladores, motores monofásicos, etc. Características: 230V; 40-1000VA (iluminación), 60-600W (motores).

**Interruptores temporizados.** Encendido por pulsación de la carga y desconexión automática programada. Características: 230V/8A. Temporización: 2 seg. a 12 min.

**Interruptores horarios programados.** Control de cargas según un horario programado. Visualización en pantalla. Características: 230V; 1200W/1000VA. Máximo número de intervalos: 28 (56 conmutaciones On/Off). Duración intervalo: mínimo 1 min.

**Detectores de movimiento.** Encendido de las cargas que gobierna cuando se produce un movimiento dentro del campo de acción del sensor. Apto para lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador ferromagnético. Desconexión según tiempo ajustado. Encendido y apagado gradual. Características: 230V; 40-500W/VA. Posibilidades de incorporar tarjeta temporizada. Modos:

- OFF: Desconexión permanente de la carga.
- ON: Conexión permanente de la carga
- AUT: Conexión según detección y luminosidad

**Señalización y balizado.** Funciones:

- Piloto de señalización. Señalización de estado de cargas (On/Off), habitaciones salas. Incorpora lámpara de neón 220V.
- Piloto de balizado autónomo. Alumbrado de emergencia en caso de fallo del suministro eléctrico (pasillos, escaleras, locales, etc.). Alimentación: 230V. Carga de baterías: 24h. Autonomía: 1h. Vida batería: 500 ciclos. Vida lámpara: 400h. Luminosidad con difusor: 45lux/25cm.
- Sistema de balizado autónomo. Alumbrado de emergencia centralizado dotado de un sistema de telemando. Características técnicas definidas en proyecto. Función telemando:
  - Puesto en reposo con la red eléctrica ausente y pilotos en estado de emergencia: Posición de los pilotos en Off/On mediante pulsación manual.
  - Test de conmutación y autonomía con la red eléctrica presente sin tener que desconectar la alimentación: Pilotos en modo emergencia (On) o en estado de alerta (Off) mediante pulsación manual.

**Otros componentes modulares.** Funciones:

- Zumbador. Llamada de entrada en viviendas, oficinas o comercios o señal de alerta en sistemas de alarmas técnicas en funcionamiento intermitente.
- Timbre electrónico. Llamada de entrada en viviendas, oficinas, etc. cuando se requiere diferenciar entre las llamadas del exterior y las llamadas de servicio interior (ej.: portería).
- Minuteros. Cierre y apertura de un contacto según un tiempo determinado.
- Teclado codificado. Interruptor o pulsador activado por teclado codificado con contacto de salida libre de potencial. La conexión/desconexión de la carga se realiza insertando un código de usuario de 4 dígitos a través del teclado. El tiempo máximo entre dígitos no podrá superar un tiempo límite. Indicador luminoso de estado.
- Funciones con llave. Interruptor o pulsador con enclavamiento de llave. Llave extraíble en posición de reposo

- Interruptor de tarjeta temporizado. Desconexión temporizada de circuitos de iluminación, electrodomésticos, aparatos electrónicos, etc. Especialmente indicado para habitaciones de hotel.
- Receptores infrarrojos. Para mando individual de fuentes luminosas o equipos eléctricos. Control por medio de una señal de infrarrojos procedente de un emisor. Mandos: Interruptor. Regulador de tensión. Pulsador. Interruptor para persiana (motores).
- Termostatos de ambiente. Control de funcionamiento de aparatos y de temperaturas del ambiente. Programables.
- Emisores. Teclas y funciones: LED emisor y piloto LED. Tecla Off (apagado o paro general). Teclas de escena. Conmutador de grupo. Tecla de programación. Conmutador de dirección. Etiqueta de dirección.

### *14.8.3 Accesorios y sistemas de instalación*

Básicamente constituidos por:

- Bastidores.
- Marcos.
- Cajas empotrables.
- Caja de superficie.
- Contenedores estancos de superficie.
- Etiquetado e identificación.

**Bastidores.** Deberán permitir el encliquetado de los mecanismos, tanto en posición horizontal como vertical y el enlace con los bastidores adyacentes. Estarán dotados de colisos para la fijación mediante tornillos a caja o pared. Material: Zamak (aleación de zinc y aluminio). Normas: UNE-EN 60669-1 y UNE 20315.

**Marcos.** Para cajas tipo universal. Material: Termoplásticos reciclables auto extingüibles de gran resistencia al impacto. Normas: UNE-EN 60669-1 y UNE 20315.

**Cajas empotrables.** Tipo universal. Estarán dotadas de pretroqueles laterales y al fondo de la caja para la entrada de cables sin necesidad de taladro. Los bastidores se fijarán mediante clipeado. Material: termoplásticos resistentes al calor anormal y al fuego, libre de halógenos y de alta resistencia al impacto.

**Cajas de superficie.** Para marcos universales. Estarán dotadas de ventanillas laterales extraíbles para la entrada de cables. Los bastidores se fijarán mediante clipeado. Material: termoplásticos resistentes al calor anormal y al fuego, libre de halógenos y de alta resistencia al impacto.

**Contenedores estancos de superficie.** Contenedor estanco monobloc para mecanismos con sistema de encliquetado. Entrada de cables por membrana ajustable o mediante accesorio roscado. Nivel de estanqueidad: IP55. Resistencia al impacto: IK07. Normas: UNE 20324 y UNE 50102 .

**Etiquetado e identificación.** Los mecanismos incorporaran la información normativa: identificación del producto; tensión y frecuencia de línea; intensidad nominal; rango de carga; esquema de conexionado.

#### ***14.8.4 Ensayos eléctricos***

Se efectuarán en fábrica de acuerdo con el protocolo establecido. Básicamente: Conformidad de construcción respecto a normativa. Funcionamiento mecánico y eléctrico. Ensayo dieléctrico. Acabado.

#### ***14.8.5 Manipulación y transporte***

Se verificarán a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación se realizará de forma que evite exponer los componentes a impactos.

Si las unidades no se instalan de inmediato se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

#### ***14.8.6 Montaje y puesta en servicio***

Se seguirán obligatoriamente las recomendaciones del fabricante de acuerdo con el esquema de conexión previsto. En especial las referidas a un buen ensamble entre los distintos elementos, la conexión eléctrica de los conductores activos y de protección y los sistemas de fijación.

### **14.9 Puesta a tierra**

Se establece para limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan llegar a presentar las masas metálicas; asegurar la actuación efectiva de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que comporta algún tipo de defecto en el material utilizado. Deberán garantizar que en el conjunto de las instalaciones de un edificio no se generan diferencias de potencial de riesgo y permitir el paso a tierra de corrientes de descarga o de falta. Cumplirán las condiciones que especifica el REBT (ITC-BT-18).

#### ***14.9.1 Normas***

Cumplirá las condiciones que establece la Norma Tecnológica de la Edificación (NTE).

### **14.9.2 Tomas de tierra**

Según especificaciones de proyecto. Deberán cumplir los condicionantes que se exponen para cada sistema. Los valores de resistencia eléctrica y los plazos de estabilidad deberán alcanzar los niveles requeridos de proyecto.

**Placas-estrella, planchas o similares.** Requerirán de una abertura en forma de pozo o zanja de 2 a 3 m<sup>3</sup> y relleno mediante tierra vegetal y otros aditivos para disminuir la resistividad del terreno (tratamiento Ledoux).

**Jabalinas o picas convencionales.** Construidas en Fe/Cu o Fe galvanizado. La introducción se hará por hincado. La configuración será redonda, de alta resistencia, asegurando una máxima rigidez para facilitar su introducción en el terreno, evitando deformaciones debido a la fuerza de los golpes. Diámetro mínimo: de 19 mm. Longitud: 2 metros.

**Electrodos de grafito rígido.** De larga durabilidad. Conformado por un electrodo en forma de ánodo, constituido enteramente por grafito y un activador-conductor de relleno para la mejora de la intimación con el terreno.

**Picas de zinc.** Para la protección catódica contra la corrosión de los sistemas de puesta a tierra construidos por conductores de acero galvanizado. Se presentarán con saco relleno de activador-conductor en base bentonítica.

**Electrodos de picron.** Para puestas a tierra profundas, terrenos pantanosos, niveles freáticos altos o ambientes marinos. Duración ilimitada. Instalados en perforaciones verticales o directamente depositados sobre sedimentos marinos. Tubular de acero desde 160mm de diámetro y profundidad de 3m. Activador-conductor de relleno.

### **14.9.3 Conducciones enterradas**

Estarán constituidas por un anillo que seguirá el perímetro del edificio y una serie de conducciones uniendo todas las conexiones de puesta a tierra del edificio y conectadas al anillo en ambos extremos (IEP-4). Los conductores desnudos enterrados en el suelo se considera forman parte del electrodo de puesta a tierra. Las características de estos conductores se definen en proyecto.

### **14.9.4 Conductores de tierra**

La sección de estos conductores deberán satisfacer las condiciones que se establecen en la ITC-BT-18. Tabla 1 (cables enterrados) y Tabla 2 (cables en superficie).



### **14.9.5 Bornes de puesta a tierra**

Para la conexión de los dispositivos del circuito de puesta a tierra será necesario disponer de bornes o elementos de conexión que garanticen una unión perfecta teniendo en cuenta que los esfuerzos dinámicos y térmicos en caso de cortocircuito son muy elevados.

### **14.9.6 Conductores de protección**

La sección de estos conductores será la indicada en la Tabla 2 (Relación entre la sección de los conductores de protección y los de fase) o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la norma UNE 20460-5-54. apartado 543.1.1.

### **14.9.7 Condiciones generales**

El recorrido de los conductores de tierra será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No quedarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse masas ni elementos metálicos, cualesquiera que sean estos. Las conexiones finales se harán siempre por derivación del circuito principal.

Los conductores deberán tener un buen contacto eléctrico, tanto en la unión con las partes metálicas y masas como con el electrodo. La conexión del conductor se efectuará por medio de piezas de empalme de uso específico que deberán garantizar una conexión efectiva. La fijación del conductor se hará por medio de tornillería, elementos de compresión, remaches o soldaduras de alto punto de fusión.

Si en una instalación existen tomas de tierras independientes se mantendrá entre los conductores y electrodos de tierra una separación y aislamiento apropiada a las tensiones susceptibles de aparecer en caso de falta.

## **15 CONDICIONES DE REVISIÓN Y MANTENIMIENTO**

### **15.1 Mantenimiento y garantía**

La Empresa adjudicataria garantizará por un año el correcto funcionamiento de todos los dispositivos e instalación del Sistema, ante un mal funcionamiento derivado de defectos de los materiales o de la realización de la misma.

Independientemente de esta garantía, la Empresa adjudicataria podrá, a la entrega de la instalación, suscribir un contrato de mantenimiento, por lo que en la presentación de la oferta deberá describir y evaluar su propuesta concreta de mantenimiento, así como la lista de repuestos, para un año, que considere necesarios.

El año mínimo de garantía, se entiende a partir de la recepción definitiva de la instalación.

## **15.2 Acabados y remates finales**

Antes de la aceptación de la obra por parte de la Dirección Técnica, el Contratista tendrá que realizar a su cargo y sin costo alguno para la Propiedad cuanto se expone a continuación:

- La reconstrucción total o parcial de equipos o elementos deteriorados durante el montaje.
- Limpieza total de canalizaciones, equipos, cuadros y demás elementos de la instalación.
- Evacuación de restos de embalajes, equipos y accesorios utilizados durante la instalación.
- Protección contra posibles oxidaciones en elementos eléctricos o sus accesorios (bandejas, portacables, etc.) situados en puntos críticos, o en período de oxidación.
- Ajuste de la regulación de todos los equipos que lo requieran.
- Letreros indicadores, placas, planos de obra ejecutada y demás elementos aclaratorios de funcionamiento.

## **15.3 Pruebas de puesta en marcha**

Independientemente de las pruebas de puesta en marcha específicas que para algunas instalaciones especiales puedan haber quedado ya recogidas en apartados anteriores de este Pliego, deberán realizarse las siguientes:

- Prueba con las potencias demandadas calculadas, de las instalaciones de alumbrado y fuerza.
- Prueba del correcto funcionamiento de todas las luminarias.
- Prueba de existencia de tensión en todas las bases de enchufe y tomas de corriente.
- Prueba del correcto funcionamiento de todos los receptores conectados a la instalación de fuerza.
- Medida de la resistencia de aislamiento de los tramos de instalación que se considere oportuno.
- Medida de la resistencia a tierra en los puntos que se considere oportuno.

En todo caso, las pruebas reseñadas deberán realizarse en presencia de la Dirección Técnica y siguiendo sus instrucciones. Para ello el Instalador deberá disponer el personal, medios auxiliares y aparatos de medida precisos.

Será competencia exclusiva de la Dirección Técnica determinar si el funcionamiento de la instalación o las mediciones de resistencia son correctos y conformes a lo exigido en este Pliego y las reglamentaciones vigentes, entendiéndose que en caso de considerarlos incorrectos el Instalador queda obligado a subsanar las deficiencias sin cargo adicional alguno para la Propiedad.

## 15.4 Inspecciones

La Dirección de Obra podrá solicitar cualquier tipo de Certificación Técnica de materiales y/o montajes. Asimismo, podrán realizar todas las revisiones o inspecciones que consideren oportunas, tanto en el edificio, como en los Talleres, Fábricas, Laboratorios u otros lugares, donde el Instalador se encuentre realizando trabajos correspondientes a esta instalación. Las mencionadas inspecciones pueden ser totales o parciales, según los criterios que la Dirección de Obra dictamine al respecto para cada caso.

## 15.5 Calidades

Cualquier elemento, máquina, material y, en general, cualquier concepto en el que pueda ser definible una calidad, ésta será la indicada en el Proyecto, bien determinada por una marca comercial o por una especificación concreta. Si no estuviese definida una calidad, la Dirección de Obra podrá elegir la que corresponda en el Mercado a niveles considerados similares a los del resto de los materiales especificados en Proyecto. En este caso, el Instalador queda obligado, por este Pliego de Condiciones Técnicas, a aceptar el material que le indique la Dirección de Obra.

Si el Instalador propusiese una calidad similar a la especificada en Proyecto, corresponde exclusivamente a la Dirección de Obra definir si ésta es o no similar. Por tanto, toda marca o calidad que no sea la específicamente indicada en el Documento de medición y presupuesto o en cualquier otro Documento del Proyecto deberá haber sido aprobada por escrito por la Dirección de Obra previamente a su instalación, pudiendo ser rechazada, por tanto, sin perjuicio de ningún tipo para la propiedad, si no fuese cumplido este requisito.

Todos los materiales y equipos deberán ser productos normalizados de catálogo de Fabricantes dedicados con regularidad a la fabricación de tales materiales o equipos y deberán ser de primera calidad y del más reciente diseño del Fabricante que cumpla con los requisitos de estas especificaciones y la normativa vigente. Salvo indicación expresa escrita en contrario por la Dirección de Obra, no se aceptará ningún material y/o equipo cuya fecha de fabricación sea anterior, en 9 meses o más, a la fecha de Contrato del Instalador.

Todos los componentes principales de equipos deberán llevar el nombre, la dirección del Fabricante y el modelo y número de serie en una placa fijada con seguridad en un sitio visible. No se aceptará la placa del agente distribuidor. En aquellos equipos en los que se requiera placa o timbre autorizados y/o colocados por la Delegación de Industria o cualquier otro Organismo Oficial, será competencia exclusiva del Instalador procurar la correspondiente placa y abonar cualquier Derecho o Tasa exigible al respecto.

Durante la obra, el Instalador queda obligado a presentar a la Dirección de Obra cuantos materiales o muestras de los mismos le sean solicitados. En el caso de materiales voluminosos, se admitirán catálogos que reflejen perfectamente las características, terminado y composición de los materiales de que se trate.

## **15.6 Seguridad**

Durante la realización de la obra se estará de acuerdo en todo momento con el "Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo" y, en general, con todas aquellas normas y ordenanzas encaminadas a proporcionar el más alto grado de seguridad, tanto al personal, como al público en general.

El Instalador efectuará a su cargo el plan de seguridad y el seguimiento correspondiente a sus trabajos, debiendo disponer de todos los elementos de seguridad, auxiliares y de control exigidos por la Legislación vigente. Todo ello con la debida coordinación en relación al resto de la obra, por lo que será preceptiva la compatibilidad y aceptación de este trabajo con el plan de seguridad general de la obra y, en cualquier caso, deberá contar con la conformidad de la Dirección Técnica responsable en obra de esta materia y el Contratista general. En cualquier caso, queda enterado el Instalador, por este Pliego de Condiciones Técnicas, que es de su total responsabilidad vigilar y controlar que se cumplan todas las medidas de seguridad descritas en el plan de seguridad, así como las normas relativas a montajes y otras indicadas en este apartado.

El Instalador colocará protecciones adecuadas en todas las partes móviles de equipos y maquinaria, así como barandillas rígidas en todas las plataformas fijas y/o móviles que instale por encima del suelo, al objeto de facilitar la correcta realización de las obras de su competencia.

Todos los equipos y aparatos eléctricos usados temporalmente en la obra serán instalados y mantenidos de una manera eficaz y segura e incluirán su correspondiente conexión de puesta a tierra. Las conexiones a los cuadros eléctricos provisionales se harán siempre con clavijas, quedando prohibida la conexión con bornes desnudos.

## **15.7 Documentación**

### *15.7.1 Documentación gráfica*

A partir de los planos del Proyecto es competencia exclusiva del Instalador preparar todos los planos de ejecución de obra, incluyendo tanto los planos de coordinación, como los planos de montaje necesarios, mostrando en detalle las características de construcción precisas para el correcto montaje de los equipos y redes por parte de sus montadores, para pleno conocimiento de la Dirección de Obra y de los diferentes oficios y Empresas Constructoras que concurren en la edificación. Estos planos deben reflejar todas las instalaciones en detalle al completo, así como la situación exacta de bancadas, anclajes, huecos, soportes, etc.

El Instalador queda obligado a suministrar todos los planos de detalle, montaje y planos de obra en general, que le exija la Dirección de Obra, quedando este trabajo plenamente incluido en su Oferta.

Estos planos de obra deben realizarse paralelamente a la marcha de la obra y previo al montaje de las respectivas instalaciones, todo ello dentro de los plazos de tiempo exigidos para no entorpecer el programa general de construcción y acabados, bien sea por zonas o bien sea general. Independientemente de lo anterior, el Instalador debe marcar en obra los huecos, pasos, trazados y, en general, todas aquellas señalizaciones necesarias, tanto para sus montadores, como para los de otros oficios o Empresas Constructoras.

Es, asimismo, competencia del Instalador, la presentación de los escritos, Certificados, visados y planos visados por el Colegio Profesional correspondiente, para la Legalización de su instalación ante los diferentes entes u Organismos. Estos planos deberán coincidir sensiblemente con lo instalado en obra.

Asimismo, al final de la obra el Instalador queda obligado a entregar los planos de construcción y los diferentes esquemas de funcionamiento y conexionado necesarios para que haya una determinación precisa de cómo es la instalación, tanto en sus elementos vistos, como en sus elementos ocultos. La entrega de esta Documentación se considera imprescindible previo a la realización de cualquier recepción provisional de obra.

Cualquier Documentación gráfica generada por el Instalador sólo tendrá validez si queda formalmente aceptada y/o visada por la Dirección de Obra, entendiéndose que esta aprobación es general y no releva de ningún modo al Instalador de la responsabilidad de errores y de la correspondiente necesidad de comprobación y adaptación de los planos por su parte, así como de la reparación de cualquier montaje incorrecto por este motivo.

### *15.7.2 Documentación final de obra*

Previo a la recepción de las instalaciones, cada Instalador queda obligado a presentar toda la Documentación de Proyecto, ya sea de tipo Legal y/o Contractual, según los Documentos de Proyecto y conforme a lo indicado en este Pliego de Condiciones. Como parte de esta Documentación, se incluye toda la Documentación y Certificados de tipo Legal, requeridos por los distintos Organismos Oficiales y Compañías Suministradoras.

En particular, esta Documentación se refiere a lo siguiente:

- Certificados de cada instalación, presentados ante la Delegación del Ministerio de Industria y Energía. Incluye autorizaciones de suministro, boletines, etc.
- Idem ante Compañías Suministradoras.
- Protocolos de pruebas completos de las instalaciones (original y copia).
- Manual de instrucciones (original y copia), incluyendo fotocopias de catálogo con instrucciones técnicas de funcionamiento, mantenimiento y conservación de todos los equipos de la instalación.
- Libro oficial de mantenimiento Legalizado.
- Proyecto actualizado (original y copia), incluyendo planos as-built de las instalaciones.
- Libro del edificio Legalizado.

Como parte de la Documentación que debe entregar el Instalador, durante y al final de la obra, queda incluida toda la información relativa al LIBRO DEL EDIFICIO, de acuerdo a lo estipulado por la Ley y según requiera, en todo caso, la Dirección Facultativa. Esta Documentación se refiere a planos as-built, normas e instrucciones de conservación y mantenimiento de las instalaciones, definición de las calidades de los materiales utilizados, así como su garantía y relación de Suministradores y normas de actuación en caso de siniestro o situaciones de emergencia.





UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2020/21**

---

*DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL  
CONTROL DE UN REACTOR BIOLÓGICO DE AGUAS  
RESIDUALES EMPLEANDO BIODISCOS*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento IV**

**PRESUPUESTO**





## Contenido

1 Presupuestos parciales ..... 154  
2 Resumen ..... 158

## 16 PRESUPUESTOS PARCIALES

Cant.	Descripción o similar	Precio ud.	Precio
<b>1.-SENSORES</b>			
<b>1.1. Sensores para el control del agua</b>			
	CAUDALÍMETRO		
1	Montaje de caudalímetro Proline Promag 10D del fabricante Endress+Hauser o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	590,00 €	590,00 €
	SENSOR DE NIVEL		
1	Montaje de sensor de nivel Ultrasonidos Prosonic FMU30 del fabricante Endress+Hauser o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	710,00 €	710,00 €
	SENSOR DE OXÍGENO DISUELTO		
1	Montaje de sensor de oxígeno disuelto ST3020 del fabricante pHionics o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	900,00 €	900,00 €
	SENSOR DE POTENCIAL REDOX		
1	Montaje de sensor de potencial redox 1200-S sc del fabricante HACH o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	875,00 €	875,00 €
	MEDIDOR DE PH		
1	Montaje de pH Signet 2724-2726 pH Electrode del fabricante GF o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	220,00 €	220,00 €
	SENSOR DE CONDUCTIVIDAD		
1	Montaje de sensor de conductividad LDL100 del fabricante lfm o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	430,00 €	430,00 €
	SENSOR DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN		
1	Montaje de sensor de sólidos en suspensión Turb Sensor InPro8050 del fabricante Mettler Toledo o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	1.900,00 €	1.900,00 €
	SENSOR DE TEMPERATURA		
1	Montaje de sensor de temperatura iTHERM ModuLine TM121 del fabricante Endress+Hauser o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	150,00 €	150,00 €

	SENSOR DE DQO			
1	Montaje de sensor de SAC254 Uvas plus sc del fabricante HACH o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalacion y montaje, probado y funcionando.	10.120,00 €	10.120,00 €	
	SENSOR DE ACEITES Y GRASAS			
1	Montaje de sonda de fluorescencia FP360 sc para PAH/aceite del fabricante HACH o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalacion y montaje, probado y funcionando.	17.020,00 €	17.020,00 €	
<b>Total Sensores para el control del agua</b>			<b>32.915,00 €</b>	

## **1.2. Sensores para el control del estado mecánico del rotor**

	SENSOR DE VELOCIDAD DE GIRO			
2	Montaje de sensor óptico láser ROLS del fabricante Monarch o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalacion y montaje, probado y funcionando.	175,00 €	350,00 €	
	MEDIDOR DE CONSUMO ELÉCTRICO			
1	Montaje de medidor de consumo eléctrico CVM-B100 del fabricante Circutor o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalacion y montaje, probado y funcionando.	350,00 €	350,00 €	
	VIBRÓMETRO			
2	Montaje de vibrómetro MTN/1185 del fabricante Omni o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalacion y montaje, probado y funcionando.	150,00 €	300,00 €	
<b>Total Sensores para el control del estado mecánico del rotor</b>			<b>1.000,00 €</b>	

## **2. ELEMENTOS AUXILIARES**

### **2.1. Transmisores**

	TRANSMISOR DEL SENSOR DE PH			
1	Montaje de transmisor Signet 2751 pH Smart Sensor Electronics del fabricante GF o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalacion y montaje, probado y funcionando.	420,00 €	420,00 €	
	CONTROLADOR DE SENSORES DE POTENCIAL REDOX Y DQO			
1	Montaje de controlador sc200 del fabricante HACH o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalacion y montaje, probado y funcionando.	1.515,00 €	1.515,00 €	
	TACÓMETRO			
2	Montaje de tacómetro ACT-3X del fabricante Monarch o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalacion y montaje, probado y funcionando.	340,00 €	680,00 €	

Total Transmisores	2.615,00 €
--------------------	------------

## **2.2. Fuentes de alimentación y variadores de frecuencia**

VARIADOR DE FRECUENCIA DE 0,75 kW			
1	Montaje de variador de frecuencia SINAMICS V20 del fabricante Siemens o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	125,00 €	125,00 €
FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA CON SALIDA DE 12VCC Y 5A			
1	Montaje de fuente de alimentación ABL1REM12050 del fabricante Schneider Electric o similar incluyendo todo lo necesario para su completa instalación y montaje, probado y funcionando.	105,00 €	105,00 €

Total Fuentes de alimentación y variadores de frecuencia	230,00 €
--	----------

## **2.3. Cableado**

LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS RV-K 0,6/1KV 3X2,5 MM <sup>2</sup>			
40	Cable tripolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de PVC, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	1,20 €	48,00 €
LÍNEA DE CONEXIÓN DE INSTRUMENTOS ROV-K 0,6/1KV 2X2,5 MM <sup>2</sup>			
100	Cable biipolar ROV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección, con pantalla de cinta de cobre, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de PVC, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	1,60 €	160,00 €

Total Cableado	208,00 €
----------------	----------

## **2.4. Canalizaciones**

CANALIZACION FIJA EN SUPERFICIE CON TUBO RIGIDO DE PVC 16 MM. EXTERIOR			
150	Canalización fija en superficie de tubo rígido de PVC, enchufable, curvable en caliente, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 1250 N, con grado de protección IP 547	3,75 €	562,50 €
CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA FORMADA POR TUBO DE PE 63 MM.			
50	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 63 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP549	2,75 €	137,50 €

Total Cableado	700,00 €
----------------	----------

### **2.5. Cajas de registro/estancas**

	CAJA ESTANCA DE SUPERFICIE CON CONOS 230X180X85 MM		
5	Cuenta con 14 conos que facilitan el acceso del cableado (10 de hasta 32 mm y 4 con una dimensión máxima de 40 mm). Resistente al fuego. Protección IP55 IK07	12,00 €	60,00 €

<b>Total Cajas de registro/estancas</b>			<b>60,00 €</b>
---	--	--	----------------

### **3. Programación y comunicaciones**

	PLC AC500 E-CO PM564-R-ETH-AC		
1	PLC con conexiones Ethernet y 24 VCC incorporados así como una memoria de 512 MB. Tiene 8 entradas analógicas	970,00 €	970,00 €
	MÓDULO DE COMUNICACIÓN ANALOG I/O AX522		
2	Proporciona 8 entradas y otras tantas salidas analógicas a la CPU.	630,00 €	1.260,00 €
	PROGRAMACIÓN DEL PLC MEDIANTE CODESYS		
50	Tareas de programación del autómeta en Codesys	35,00 €	1.750,00 €

<b>Total Programación y comunicaciones</b>			<b>3.980,00 €</b>
--	--	--	-------------------

### **4. Pruebas y puesta en marcha**

	CONEXIÓN FINAL		
1	Conectar todos los dispositivos a la corriente de forma definitiva, comprobando previamente que todas las conexiones eléctricas están debidamente ejecutadas.	16,50 €	16,50 €
	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO		
2	Realización de pruebas finales de funcionamiento de la instalación	16,50 €	33,00 €

<b>Total Programación y comunicaciones</b>			<b>49,50 €</b>
--	--	--	----------------

## 17 RESUMEN

<b>2.1. Sensores</b>		<b>32.915,00 €</b>
<b>2.2. Elementos auxiliares</b>		<b>3.813,00 €</b>
<b>2.3. Programación y comunicaciones</b>		<b>3.980,00 €</b>
<b>2.4. Pruebas y puesta en marcha</b>		<b>49,50 €</b>
<b>IMPORTE DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>40.757,50 €</b>
Gastos generales (%)	13,00	5.298,48 €
Beneficio industrial (%)	6,00	2.445,45 €
SUMA Gastos Generales y Beneficio industrial		7.743,93 €
<b>IMPORTE DE EJECUCIÓN</b>		<b>48.501,43 €</b>
I.V.A. (%)	21,00	8.559,08 €
<b><u>IMPORTE DE CONTRATA</u></b>		<b><u>57.060,50 €</u></b>





UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2020/21**

---

*DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL  
CONTROL DE UN REACTOR BIOLÓGICO DE AGUAS  
RESIDUALES EMPLEANDO BIODISCOS*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento V**

**ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**





## Contenido

1 INTRODUCCION .....	163
2 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO.....	163
3 DATOS GENERALES.....	165
3.1 DATOS DEL PROYECTO.....	165
3.2 INSTALACIONES, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES.....	166
4 ANALISIS Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS GENERALES.....	167
4.1 RIESGOS GENERALES.....	167
4.2 MEDIDAS PREVENTIVAS GENERALES EN LA ORGANIZACION.....	168
4.3 PROTECCIONES COLECTIVAS.....	169
4.4 PROTECCIONES PERSONALES .....	170
4.5 ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS EN LOS MEDIOS Y EN LA MAQUINARIA. ....	170
4.6 ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE RIESGOS CATASTRÓFICOS.....	171
4.7 CÁLCULO DE LOS MEDIOS DE SEGURIDAD.....	171
5 ANALISIS Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS PARTICULARES .....	172
5.1 LEGISLACIÓN VIGENTE.....	172
5.2 RIESGOS PARTICULARES .....	173
6 RIESGOS LABORABLES ESPECIALES .....	174
7 PREVISIONES PARA TRABAJOS FUTUROS .....	174
7.1 ELEMENTOS PREVISTOS PARA TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.....	174
8 CONSIDERACIONES FINALES .....	175

---

## 18 INTRODUCCION

En aplicación del Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre y siendo notoria la falta de concurrencia de las circunstancias exigidas por el artículo 4 de dicho Real Decreto;

- a) El presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C.) es inferior a 450.759,08 euros.
- b) La duración estimada de la obra no es superior a 30 días o no se emplea en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada es inferior a 500 jornadas.

A continuación se pasa a detallar el Estudio Básico de Seguridad y Salud aplicable a esta obra.

## 19 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene como objetivo servir de base para que las empresas contratistas y cualesquiera otras que participen en la ejecución de las obras a que hace referencia el proyecto de este estudio, las lleve a efecto en las mejores condiciones para garantizar el mantenimiento de la salud, la integridad física y la vida de los trabajadores de las mismas, cumpliendo así lo que ordena el R.D. 1627/97 de 24 de Octubre en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

De acuerdo con el artículo 3 del R.D. 1627/1997, si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser objeto de un contrato expreso.

Conforme el Artículo 6, apartado 2, del R.D. 1627/1997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Relación de las normas de seguridad y salud aplicables a la obra.
- Identificación de los riesgos, indicando las medidas técnicas correspondientes
- Relación de actividades y medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en el Anexo II.
- Previsión e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores

---

De acuerdo con el artículo 7 del citado R.D., la Empresa, tomando como base el Básico de Seguridad y Salud y adecuándolo a su propio sistema de ejecución, deberá elaborar un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo que será entregado a la Dirección Facultativa al comienzo de la obra.

En este plan podrán modificarse algunos de los aspectos señalados en este Estudio con los requisitos que establece la mencionada normativa. En definitiva, el Plan de Seguridad y Salud es el que permitirá conseguir y mantener las condiciones de trabajo necesarias para proteger la salud y la vida de los trabajadores durante el desarrollo de las obras que contempla este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

## 20 DATOS GENERALES

### 20.1 DATOS DEL PROYECTO

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere al proyecto cuyos datos generales son:

PROYECTO DE REFERENCIA	
Proyecto	Instalación de instrumentación inteligente en depuradora de biodiscos
Autor del proyecto	Jorge Rodríguez Calo
Peticionario del proyecto	
Emplazamiento	Rúa Gaviota N°30, Oleiros, A Coruña
Presupuesto Ejecución material	40.757,50 €
Plazo de ejecución previsto	5 días
Número máximo de operarios	2
Total aproximado de jornadas	5

- Fases de la obra:

DESCRIPCION DE LA OBRA Y SUS FASES		
Fases	Aplica	Tipo
Demoliciones	NO	
Movimiento de tierras	NO	
Cimentación y estructuras	NO	
Cubiertas	NO	
Albañilería y cerramientos	NO	
Acabados	NO	
Instalaciones	SI	I.E. fuerza
Observaciones:		

Como la instalación a realizar se hará por una empresa especializada, en este estudio se considera la realización de la misma en una sola fase a efectos de relacionar los procedimientos constructivos, los riesgos, las medidas preventivas y las protecciones personales y colectivas.

La fase de implantación de obra sobre el solar, así como montaje de valla y barracones auxiliares, queda de responsabilidad de la constructora, dada su directa vinculación con esta.

El levantamiento del centro de trabajo, así como la seguridad fuera del recinto de obra, queda fuera de la fase de obra.

## 20.2 INSTALACIONES, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

- Maquinaria y herramienta a utilizar

MAQUINARIA PREVISTA			
	Gruas-torre		Hormigoneras
	Montacargas		Camiones
	Maq. para mov. de tierras		Sierra circular
	Plataformas elevadoras, cabrestantes mecánicos	X	Maquinaria manual; Amoladoras, taladros, etc.
Observaciones:			

- Medios auxiliares

MEDIOS AUXILIARES			
	Andamios colgados	X	Escaleras de mano
	Andamios tubulares	X	Instalación eléctrica
	Andamios sobre borriquetas	X	Otros medios sencillos
Observaciones:			

- Servicios higiénicos

- Vestuarios con asientos y taquillas, lavabos con agua caliente y fría, duchas con agua caliente y fría, retretes.

- Primeros auxilios.
  - Botiquín portátil en la obra
  - Dirección y teléfono de los centros asistenciales más próximos, que deberá figurar en el libro de órdenes

## 21 ANALISIS Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS GENERALES

### 21.1 RIESGOS GENERALES

Los riesgos generales más comunes que se pueden dar en la obra, indicando cuales se pueden eliminar totalmente y cuales solo se pueden eliminar parcialmente, los relacionamos a continuación:

Nº	RIESGO	Total	Parcial
01	Caída de personas al mismo nivel		X
02	Caída de personas a distinto nivel		X
03	Caída de objetos		X
04	Desprendimientos, desplomes y derrumbes		
05	Choques y golpes		X
06	Maquinaria automotriz y vehículos (dentro del centro de trabajo)		
07	Atrapamiento		X
08	Cortes		X
09	Proyecciones		X
10	Contactos térmicos		
11	Contactos químicos		
12	Contactos eléctricos		X
13	Arco eléctrico		
14	Sobreesfuerzos		X
15	Explosiones		
16	Incendios		X
17	Confinamiento		
18	Tráfico (fuera del centro de trabajo)		
19	Contactos de la piel con agentes abrasivos		
20	Sobrecarga térmica		

21	Ruidos		
22	Vibraciones		
23	Radiaciones ionizantes		
24	Radiaciones no ionizantes		X
25	Polvo		X
26	Iluminación		
27	Agentes químicos		
28	Agentes biológicos		
29	Carga física		
30	Carga mental		
30	Condiciones ambientales del puesto		
32	Configuración del puesto		

## 21.2 MEDIDAS PREVENTIVAS GENERALES EN LA ORGANIZACION

La Empresa especificará en el Plan de Seguridad un Programa de Formación a los trabajadores asegurándose de su conocimiento. Además establecerá el programa de reuniones del Comité de Seguridad y Salud.

El jefe de obra será responsable de la implantación del Plan de seguridad y el encargado de obra deberá realizar las operaciones de su puesta en práctica y verificación. Para ello, y como medida previa, se deberá entregar la normativa de prevención a todos los operarios de las máquinas y herramientas.

Se cuidará el cumplimiento de la normativa vigente relativa a:

- Manejo de máquinas y herramientas.
- Movimiento de materiales y cargas.
- Utilización de los medios auxiliares.
- Mantener los medios auxiliares y las herramientas en buen estado de conservación.
- Señalización de la obra en su generalidad y de acuerdo con la normativa vigente.
- Protección de huecos en general para evitar caídas de objetos.
- Protecciones de fachadas evitando la caída de objetos o personas.
- Asegurar la entrada y salida de materiales de forma organizada y coordinada con los trabajos de realización de obra.
- Orden y limpieza en toda la obra.
- Delimitación de las zonas de trabajo y cercado si es necesaria la prevención.
- Trabajos en andamios



## 21.3 PROTECCIONES COLECTIVAS

Las protecciones colectivas necesarias se estudiarán sobre los planos de edificación y considerando las partidas de obra en cuanto a los tipos de riesgos indicados anteriormente y las necesidades de los trabajadores. Las protecciones previstas son:

- Utilización de andamios tubulares con soportes regulables en altura de manera independiente. Establecer plataformas en niveles de trabajo hasta alcanzar una anchura de 90 cm como mínimo. Los andamios no tendrán una anchura inferior a 1 metro. Deberán montarse bajo la supervisión de persona competente. Uso del cinturón de seguridad de sujeción Clase A, Tipo I durante el montaje y desmontaje.
- Los trabajos de soldadura serán realizados por personal cualificado y con experiencia. Antes de iniciar dichos trabajos se tendrá especial cuidado en retirar todos los elementos combustibles de su área de influencia.
- Iluminar correctamente la zona de trabajo.
- Antes de iniciar los trabajos se realizará una previsión de los agentes químicos que pueden intervenir, gases, colas, pinturas. Con el fin de seleccionar los filtros que se deben utilizar en las mascarillas de respiración.
- Mantener el orden y la limpieza en la zona de trabajo.
- Señalización en la obra indicando los peligros y delimitando las zonas de paso tanto de personas como de vehículos.
- Manipulación manual de cargas.
- Cualquier deficiencia que se observa en los equipos de trabajo comunicarlo inmediatamente a un superior.
- Respetar en todo momento la señalización propia de la obra, así como la del lugar ajeno a donde se realicen los trabajos.
- Valla de obra delimitando y protegiendo el centro de trabajo.

Se comprobará que todas las máquinas y herramientas disponen de sus protecciones colectivas de acuerdo con la normativa vigente.

Finalmente, el plan puede adoptar mayores protecciones colectivas; en primer lugar todas aquellas que resulten según la normativa vigente y que aquí no estén relacionadas; y, en segundo lugar, aquellas que considere el autor del plan. Todo ello armonizado con las posibilidades y formación de los trabajadores en la prevención de riesgos.

## 21.4 PROTECCIONES PERSONALES

Las protecciones necesarias para la realización de los trabajos previstos desde el proyecto son las siguientes:

	<b>EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL</b>	<b>Grado de adopción</b>
X	Casco de protección	permanente
X	Botas de seguridad	permanente
X	Ropa de trabajo	permanente
X	Ropa impermeable o de protección	ocasional
X	Gafas de seguridad	frecuente
X	Cinturones de protección del tronco	ocasional
X	Gafas de seguridad	ocasional
X	Guantes de cuero o goma	frecuente
X	Protecciones frente al ruido	frecuente
X	Cinturones y arneses de seguridad	frecuente
X	Mástiles y cables fiadores	frecuente
X	Mascarilla filtrante	frecuente
X	Pantalla de protección para radiaciones por soldadura	ocasional

Todos los EPI's estarán provistos del mercado CE.

## 21.5 ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS EN LOS MEDIOS Y EN LA MAQUINARIA.

La ordenación de la prevención para los medios auxiliares previstos para la realización de esta instalación se realizara mediante la aplicación de la Ordenanza de trabajo y la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, ya que todos ellos están totalmente normalizados.

La prevención sobre la utilización de las maquinas y herramientas auxiliares se desarrollará en el Plan de Seguridad y Salud de acuerdo con los siguientes principios:

1.- Se cumplirá todo lo indicado en la reglamentación oficial, en particular, el Reglamento de maquinas, las Instrucciones Técnicas Complementarias correspondientes, así como con las especificaciones de los fabricantes.

2.- Las maquinas y herramientas a utilizar en obra dispondrán de su folleto de instrucciones de manejo que deberá incluir; Riesgos que entraña para los trabajadores y modo de utilización seguro.

3.- No se prevé la utilización de maquinas sin reglamentar.

## **21.6 ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE RIESGOS CATASTRÓFICOS.**

El único riesgo catastrófico previsto es el de incendio. Por otra parte no se espera la acumulación de materiales con alta carga de fuego. El riesgo considerado posible se cubrirá con las siguientes medidas:

- Realizar revisiones periódicas.
- Colocar en locales independientes aquellos productos muy inflamables con señalización expresa sobre su mayor riesgo.
- Prohibir hacer fuego dentro del recinto de la obra.
- Disponer en la obra de extintores.

## **21.7 CÁLCULO DE LOS MEDIOS DE SEGURIDAD.**

El cálculo de los medios de seguridad se realiza de acuerdo con lo establecido en el R.D. 1627/1997 de 24 de Octubre y partiendo de las experiencias en obras similares. El cálculo de las protecciones personales parte de formulas generalmente admitidas como las de SEOPAN, y el cálculo de las protecciones colectivas resultan de la medición de las mismas sobre los planos del proyecto del edificio y los planos de este estudio, las partidas de seguridad y salud, de este estudio básico, están incluidas proporcionalmente en cada partida.

## 22 ANALISIS Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS PARTICULARES

### 22.1 LEGISLACIÓN VIGENTE.

Para la aplicación y la elaboración del Plan de Seguridad y su puesta en obra, se cumplirán las siguientes condiciones:

- **Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales del 8 de noviembre.** Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. R.D. 1/1994 de 20 de junio.
- **R.D. 1.627/1997, de 24 de octubre.** Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- **R.D. 39/1997 de 17 de enero.** Reglamento de los Servicios de Prevención.
- **R.D. 486/1997 de 14 de abril** por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
- **R.D. 1215/1997 de 18 de julio** por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- **R.D. 773/1997 de 30 de mayo,** sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- **R.D. 487/1997, de 14 de abril,** sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores
- **R.D. 485/1997, 14 de abril,** sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo
- **Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo**
- **Orden de 9 de marzo de 1971.**Título II, Capítulo VI.

## 22.2 RIESGOS PARTICULARES

Los riesgos particulares derivados de la instalación eléctrica de fuerza, de alumbrado y de emergencia son:

	<b>RIESGO</b>
X	Lesiones y cortes en manos y brazos
	Dermatosis por contacto con materiales
	Inhalación de sustancias tóxicas
X	Quemaduras
X	Golpes y aplastamientos de pies
	Incendio por almacenamiento de productos combustibles
X	Electrocuciones
X	Contactos eléctricos directos e indirectos
	Ambiente pulvígeno

Las medidas preventivas y protecciones colectivas para los riesgos particulares serán:

	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>	<b>Grado de adopción</b>
	Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	
X	Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes	Frecuente
	Protección del hueco del ascensor	
	Plataforma provisional para ascensoristas	
X	Realizar las conexiones eléctricas sin tensión	Permanente

Las protecciones personales ya indicadas para los riesgos generales se verán incrementadas para los riesgos particulares en:

	<b>EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL</b>	<b>Grado de adopción</b>
X	Guantes de goma	frecuente
X	Bolsa portaherramientas	frecuente

## 23 RIESGOS LABORABLES ESPECIALES

En la siguiente tabla se relacionan aquellos trabajos que siendo necesarios para el desarrollo de la obra definida en el Proyecto de referencia, implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, y están por ello incluidos en el Anexo II del R.D. 1627/97.

También se indican las medidas específicas que deben adoptarse para controlar y reducir los riesgos derivados de este tipo de trabajos.

### TRABAJOS CON RIESGOS ESPECIALES MEDIDAS ESPECIFICAS PREVISTAS

TRABAJOS CON RIESGOS ESPECIALES	MEDIDAS ESPECÍFICAS
Especialmente graves de caídas de altura	Utilización de arneses de seguridad

## 24 PREVISIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

### 24.1 ELEMENTOS PREVISTOS PARA TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

En el Proyecto de Ejecución a que se refiere el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se han especificado una serie de elementos que han sido previstos para facilitar las futuras labores de mantenimiento y reparación del edificio en condiciones de seguridad y salud, y que una vez colocados, también servirán para la seguridad durante el desarrollo de las obras. Estos elementos son los que se relacionan en la tabla siguiente:

UBICACION	ELEMENTOS	PREVISION
Cubiertas	Ganchos de servicio	NO
	Elementos de acceso a cubierta	NO
	Barandillas en cubiertas	NO
	Grúas desplazables para limpieza	NO
Fachadas	Ganchos en ménsula (pescantes)	NO
	Pasarelas de limpieza	NO

## 25 CONSIDERACIONES FINALES

El presente Estudio Básico de Seguridad precisa las normas genéricas de seguridad y salud aplicables a la obra de qué trata el presente Proyecto, identifica los riesgos inherentes a la ejecución de las mismas y contempla previsiones básicas e informaciones útiles para efectuar en condiciones de seguridad las citadas obras.

Toda obra que se realice bajo la cobertura de este Proyecto, deberá ser estudiada detenidamente para adaptar estos riesgos y normas generales a la especificidad de la obra, tanto por sus características propias como por las particularidades del terreno donde se realice, climatología, etc., y que deberán especificarse en el Plan de Seguridad concreto a aplicar a la obra, incluso proponiendo alternativas más seguras para la ejecución de los trabajos.

Igualmente, las directrices anteriores deberán ser complementadas por aspectos tales como:

- La propia experiencia de los operarios.
- Las instrucciones y recomendaciones que el responsable de la obra pueda dictar con el buen uso de la lógica, la razón y sobre todo de su experiencia, con el fin de evitar situaciones de riesgo o peligro para la salud de las personas que llevan a cabo la ejecución de la obra.
- Las propias instrucciones de manipulación y montaje que los fabricantes de herramientas, componentes y equipos puedan facilitar para el correcto funcionamiento de las mismas.

A Coruña, Agosto 2021

Fdo. Jorge Rodríguez Calo

