



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

**DISEÑO DE UN BIORREACTOR DE 5000L PARA LA REPRODUCCIÓN DE LA MICROALGA
ISOCHRYSIS GALBANA, COMO GENERADORAS DE ACEITE UTILIZABLE PARA LA PRODUCCIÓN
DE BIODIESEL.**

ALUMNO: FRANCISCO COLLADO POVEDA

TUTOR: BORJA VELÁZQUEZ MARTÍ

Curso académico: 2015-2016

VALENCIA, JULIO 2016

DISEÑO DE UN BIORREACTOR DE 5000L PARA LA REPRODUCCIÓN DE LA MICROALGA *ISOCHRYSIS GALBANA*, COMO GENERADORAS DE ACEITE UTILIZABLE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.

El presente proyecto tiene como objeto el diseño de un biorreactor de 5000 litros de capacidad para la reproducción de la microalga *Isochrysis Galbana* como generadora de aceite posteriormente utilizable como biodiesel, en dicho proyecto se expondrá todos los cálculos realizados y los dimensionamientos de las instalaciones necesarios para el correcto desarrollo de las microalgas, dicha instalación está compuesta por un sistema de aireación necesario ya que se tratan seres aerobios, un sistema de calentamiento para mantener las algas a la temperatura de crecimiento idóneo, un sistema de esterilización compuesto por una caldera y un chiller, un sistema de iluminación necesario para el fotoperiodo de las algas y un sistema de control de Ph.

PALABRAS CLAVE: biorreactor, microalgas, biodiesel, energías renovables, biomasa

DESIGN OF BIOREACTOR WITH 5000 L FOR REPRODUCTION OF *ISOCHRYSIS GALBANA* MICROALGAE AS OIL GENERATOR USABLE FOR BIODIESEL PRODUCTION

This Project have the objective of designing a bioreactor with 5000 L for reproduction of *isochrysis galbana* microalgae as oil generator usable for biodiesel production. In this Project we expose all the calculations and the design of all the necessary installations for the correct development of microalge. These installations consist of a aeration system (aerobe); a heating system to preserve the correct temperatura for the growness of microalge; a sterilization system compound by a boiler and a chiller; a lighting system necessary to control microalgue photoperiod and a control system of PH.

KEY WORDS: bioreactor, microalgae, biodiesel, biomass, renewable energy.

ÍNDICE MEMORIA.

ÍNDICE FIGURAS.	5
ÍNDICE DE TABLAS.	5
1.-INTRODUCCIÓN.	7
1.1.-OBJETIVO	7
1.2.-CARACTERISTICAS DE LAS MICROALGAS.....	8
1.3.-CONDICIONES DE CULTIVO Y PARÁMETROS CINÉTICOS.	9
1.4.-TIPO DE BIORREACTOR.....	10
2.-CONDICIONES QUIMIOSTATO	11
2.2-DISEÑO DEL BIORREACTOR.....	15
2.3.-CÁLCULO DE BOMBAS Y TUBERIAS.....	16
2.3.1.-BOMBAS.....	16
2.3.2.-SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	17
2.3.3.-PURGADOR.....	17
3. - DISEÑO SISTEMA DE AIREACIÓN.	18
3.1.-CÁLCULO DE PARAMETROS.	18
3.2.- SELECCIÓN DEL COMPRESOR.	19
3.3.-FILTROS Y SPARGER.....	21
3.3.1.-FILTROS.	21
3.3.2.-SPARGER Y SENSOR DE OXIGENO.	23
3.3.3.-CONTROL DE LA ESPUMA.....	23
4. -CONTROL TERMICO EN EL BIORREACTOR	24
4.1.-SISTEMA DE CALENTAMIENTO.....	24
5.- DISEÑO DE LIMPIEZA Y ESTERILIZACIÓN	27
5.1.3.-DESINFECCIÓN DEL BIORREACTOR.	37
6. – DISEÑO SISTEMA DE AGITACIÓN.	39
6.1.-SISTEMA DE AGITACIÓN ESCOGIDO	40
6.1.2.-CÁLCULO DEL EJE.....	41
6.2.-SELLO MECÁNICO.....	42
7.- DISEÑO DEL SISTEMA CONTROL DE Ph.	42
8.- DISEÑO SISTEMA DE ILUMINACIÓN.	43
8.1.- CARACTERISTICAS SISTEMA DE ILUMINACIÓN	44
9.- CÁLCULO MECÁNICO DEL RECIPIENTE.	44
9.1.-DIMENSIONADO DE LA TAPA.....	44
9.2.-CÁLCULO MECÁNICO DEL DEPÓSITO.....	45
10.- EVALUACIÓN ECONÓMICA.	46

10.1-CÁLCULO VALOR ACTUAL NETO.....	46
Referencias.....	48
ANEJO 1: DETALLES EVALUACIÓN ECONOMICA	49

ÍNDICE FIGURAS.

Figura 1. Variación del contenido de aceite respecto a la concentración salina.....	10
Figura 2. Variación del producto respecto la tasa de crecimiento máxima.....	13
Figura 3. Variación de la concentración celular respecto la tasa de crecimiento.....	13
Figura 4. Variación del producto respecto la tasa de crecimiento.....	14
Figura 5. Variación de la productividad respecto la tasa de crecimiento máxima.....	14
Figura 6. Relación entre presión y entalpía del compresor.....	35
Figura 7. Rango de viscosidades para agitadores.....	39
Figura 8. Recomendaciones para la ubicación de impulsor.....	40
Figura 9. Esquema sello mecánico.....	41

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Condiciones estacionario para distintas tasas de crecimiento celular en el biorreactor.....	11
Tabla 2. Características bombas.....	17
Tabla 3. Características compresor.....	21
Tabla 4. Características secador.....	21
Tabla 5. Características calderín.....	21
Tabla 6. Características separador de condensados.....	22
Tabla 7. Características filtro partículas sólidas.....	22
Tabla 8. Características filtro de partículas de 0,1 micras.....	22
Tabla 9. Características filtro de aceite.....	22
Tabla 10. Características filtro de carbón.....	22
Tabla 11. Parámetros físicos del medio de cultivo y del fluido caloportador a 21°C.....	25
Tabla 12. Parámetros físicos del medio de cultivo f/2 y del fluido caloportador (vapor).....	27
Tabla 13. Propiedades vapor sobrecalentado a 10 bares de presión.....	29
Tabla 14. Propiedades del agua saturada a 8 bares.....	30

Tabla 15. Características caldera eléctrica.....	31
Tabla 16. Propiedades del agua saturada: tabla de temperaturas.....	31
Tabla 16.1. Propiedades del agua saturada: tabla de presiones.....	31
Tabla 17. Propiedades del agua saturada de 20 a 30 °C.....	32
Tabla 18. Propiedades del agua saturada de 39 a 40 °C.....	33
Tabla 19. Propiedades del agua saturada de 36 a 50 °C.....	34
Tabla 20. Características del Chiller.....	36
Tabla 21. Medidas sello mecánico.....	42
Tabla 22. Características sistema de iluminación.....	43
Tabla 23. Flujo de caja con una tasa de descuento del 12% para 20 años.....	46
Tabla 23.1. Flujo de caja con una tasa de descuento del 12% para 20 años.....	46

1.-INTRODUCCIÓN.

1.1. – OBJETIVO.

El presente proyecto tiene como objeto el diseño de un birreactor con capacidad de 5000 Litros para la reproducción de la microalga *Isochrysis Galbana*, como generadoras de aceite utilizable posteriormente para la producción de biodiesel. Dicho diseño constara de las siguientes partes:

- I. CALCULO DE FLUJOS
 - Análisis de la cinética de procesos químicos y microbiológicos.
 - Dimensionado de bombas y conexiones

- II. DISEÑO SISTEMA DE AIREACIÓN EN PROCESOS AEROBIOS
 - Caudal de aire a aportar
 - Control de la aireación
 - Dimensionado del compresor
 - Filtros y Sparger

- III. DISEÑO DEL CONTROL TERMICO EN EL BIORREACTOR
 - Sistema de calentamiento

- IV. DISEÑO DE LIMPIEZA Y ESTERILIZACIÓN
 - Instalaciones para desinfección de tanque con vapor

- V. DISEÑO SISTEMA DE AGITACIÓN
 - Dimensionado de turbinas y potencia de agitación
 - Diseño del sello mecanico

- VI. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Ph

VII. DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION

- Tipo de lámpara.
- Montaje de lámparas en el biorreactor.

VIII. CÁLCULO MECÁNICO DEL RECIPIENTE

- Determinación de la resistencia de los materiales para soportar los esfuerzos en el biorreactor.
- Acabado superficial de los materiales.

1.2. - CARACTERISTICAS DE LAS MICROALGAS.

Se va a utilizar como materia prima para la obtención de aceite, la microalga que a igualdad de condiciones comparadas con otras especies obtiene el mayor porcentaje de biomasa y aceite producido (Ra et al., 2015), La especie *Isochrysis Galbana*, se trata de una especie marina oceánica distribuida por todo el océano Atlántico y que crece rápidamente debido a su simple estructura, presenta las siguientes características (López Alonso., 1995)

i. Características morfológicas:

- Se trata de un alga unicelular con forma elipsoidal.
- Tiene un tamaño medio de entre 4 y 6 μm .
- No presenta pared celular y en algunos casos se observa una envoltura exterior de naturaleza polisacárida.
- Presenta entre 1 y 3 cloroplastos periféricos con laminillas estromáticas que forman grana.
- Presenta 2-3 mitocondrias de crestas tubulares.
- Contiene un núcleo con nucléolo fuertemente patente y aparato de Golgi en las cercanías del núcleo.
- Retículo endoplasmático rugoso distribuido por todo el citoplasma.

- Vacuolas más o menos abundantes según el estado fisiológico de la célula.
- ii. Características fisiológicas:
- Tiene una velocidad específica de crecimiento en cultivos continuos de 0.038 h⁻¹.
 - Crece adecuadamente en un intervalo de temperatura comprendido entre 18ª C Y 25ª C, pero su óptimo de crecimiento es a una temperatura de 20ª C. A 30ªC se detiene su desarrollo, pero este se reanuda de nuevo cuando se logra volver a sus temperaturas óptimas de crecimiento.
 - Es capaz de soportar un intervalo de pH amplio, de 7 a 9,5, aunque el intervalo óptimo para su crecimiento se establece entre 7,65 y 8.
 - Para un desarrollo adecuado del cultivo, requiere la adición de vitaminas, tales como biotina, tiamina y cianocobalamina en bajas proporciones.

1.3. - CONDICIONES DE CULTIVO Y PARÁMETROS CINÉTICOS.

El análisis cinético de las algas de *Isochrysis galbana* empleada en este proyecto fue estudiada por Ra et al., (2015). Estas las cultivaron en:

Un recipiente de 3L de capacidad sometiendo a una temperatura de 20±1 °C con una intensidad de luz de 108,9 μmol photon/ m²/ s mediante luces fluorescentes con un fotoperiodo de 12h de luz/ 12 horas de oscuridad en un fotobiorreactor cilíndrico de 5L con un volumen de trabajo de 3L mediante el medio de cultivo f/2(Piñera, 2002) con una concentración de nitrógeno de 24 g L⁻¹.

Tras someter *Isochrysis Galbana* a las condiciones establecidas anteriormente se obtienen los siguientes datos sobre los rendimientos:

En cuanto al rendimiento biomasa/sustrato se obtuvo la mayor cifra cuando se aplicó 24 g de nitrógeno, siendo:

$$Y_{X/S} = \frac{80 \text{ g/L/d}}{24 \text{ g/L}} = 3.33$$

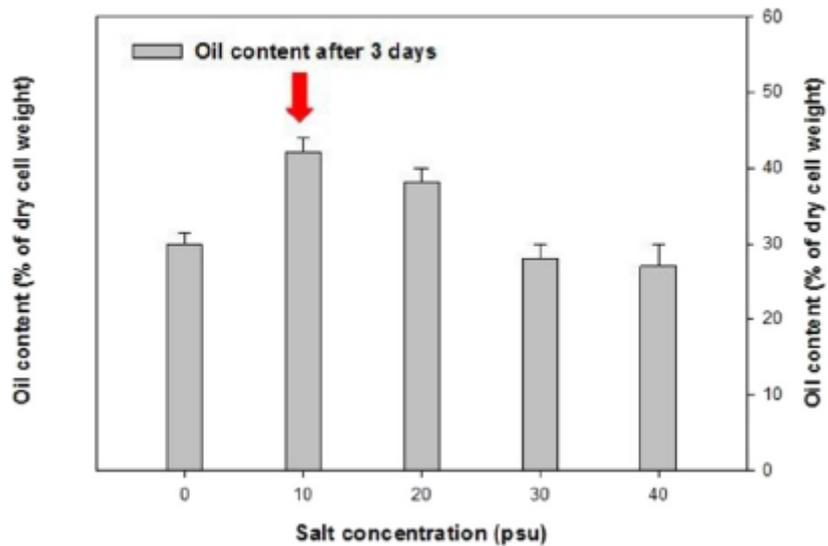


Figura 1. Variación del contenido de aceite respecto a la concentración salina.

En cuanto a la relación entre biomasa/producto $Y_{X/P}$ se establece que cuando hay una reducción de concentración de NaCl (baja de 30 psu a 10 psu) se obtiene la mayor cantidad de aceite producido, $Y_{X/P} = 0.47\%$, como puede observarse en el Figura 1.

Para obtener el máximo rendimiento se ha de controlar el nivel de NaCl mediante la inyección de H_2O cuando la concentración sea elevada, dicho control se efectuará mediante la incorporación al sistema de un sensor que mida las concentraciones de NaCl.

La tasa de crecimiento máxima para dichas algas es de, $\mu_{max} = 0.23 \text{ h}^{-1}$ y la constante de saturación es, $K_s = 0.00116 \text{ g/L}$.

1.4. -TIPO DE BIORREACTOR.

El biorreactor escogido para la producción de aceite será de tipo continuo, *quimiostato*, cuya principal característica es que el dispositivo permanece continuamente alimentado con sustrato a la vez que se está extrayendo fluyente, de manera que el flujo de entrada y de salida son iguales.

El volumen de caldo en el interior del recipiente V es constante, así como las concentraciones de sustrato S , de producto P y celular X .

El flujo de entrada está compuesto por sustrato a concentración $S_0=24$ g/l de NaNO_3 y el flujo de salida está compuesto por sustrato, producto y células a la concentración de equilibrio del interior del reactor, siendo X, S y P respectivamente.

Para buscar el mayor rendimiento del biorreactor se busca trabajar siempre en la zona de crecimiento exponencial donde la tasa de mortalidad r^c_x se puede considerar despreciable. .

2.-CONDICIONES QUIMIOSTATO

El cálculo de flujos y concentraciones de sustrato [S], producto [P] y celular [X] se realiza a partir de la relación entre la tasa de crecimiento celular μ y la tasa de crecimiento máxima μ_{\max} , bajo las condiciones quimiostato:

$$\mu_{\max} = 0.23 \text{ h}^{-1} \quad K_s = 0.00116 \text{ g/L} \quad Y_{X/P} = 0.47 \% \quad Y_{X/S} = 3.33 \quad S_0 = 24 \text{ g/l de } \text{NaNO}_3.$$

La tasa de crecimiento óptima μ , escogida para los cálculos es la correspondiente a la cifra de mayor productividad, para ello se elabora el análisis mostrado en la Tabla 1, donde queda reflejado que es el 95% de la tasa de crecimiento máxima donde se consigue mayor productividad, por lo tanto, queda, $\mu > 0.95\mu_{\max}$, $\mu = 0.218 \text{ h}^{-1}$.

Tabla 1. Condiciones estacionario para distintas tasas de crecimiento celular en el biorreactor.

% μ	μ	F	S	X	P	FP
1	0,002	11,5	0,000012	79,92	169,43	1948,45
10	0,023	115	0,000129	79,92	169,43	19484,39
20	0,046	230	0,000290	79,92	169,43	38968,52
30	0,069	345	0,000497	79,92	169,43	58452,28
40	0,092	460	0,000773	79,92	169,42	77935,47
50	0,115	575	0,001160	79,92	169,42	97417,77
60	0,138	690	0,001740	79,91	169,42	116898,50
70	0,161	805	0,002707	79,91	169,41	136376,09
80	0,184	920	0,004640	79,90	169,40	155845,83
90	0,207	1035	0,010440	79,89	169,36	175284,18
95	0,219	1092,5	0,022040	79,85	169,27	184932,73

Según el balance de masas de las células, sustrato y producto, la condición de quimiostato exige que la tasa de crecimiento celular sea igual a la relación entre flujo de alimentación y el volumen de la reacción según la ecuación 1 (Velázquez-Martí, 2016). Dado que se ha fijado la tasa de crecimiento en

un 95% de la máxima y el volumen de reactor es de 5000L, se obtiene el caudal de alimentación de sustrato necesario, que será igual al de evacuación

$$\mu = \frac{F}{V} \quad (1)$$

$$F = \mu \cdot V = 0.2185 \text{ h}^{-1} \cdot 5000 \text{ L} = 1092 \text{ L/h.}$$

A partir del modelo de Monod (Ecuación 2) y de las ecuaciones derivadas de los balances de masa se obtiene la concentración de células X, sustrato S y producto P

[S]:

$$S = \frac{\mu \cdot k_s}{\mu_{max} - \mu} \quad (2)$$

$$S = \frac{0.2185 \text{ h}^{-1} \cdot 0.00116 \frac{\text{g}}{\text{l}}}{0.23 \text{ h}^{-1} - 0.2185 \text{ h}^{-1}} = 0.0221 \text{ g/l}$$

[X]:

$$(S_e - S) - \frac{1}{Y_{X/S}} \cdot X = 0 \quad (3)$$

$$X = \frac{Y_{X/S} \cdot F}{\mu \cdot V} \cdot (S_e - S) = \frac{3.33 \frac{\text{g}}{\text{l}} \cdot 1092.5 \frac{\text{l}}{\text{h}}}{0.2185 \text{ h}^{-1} \cdot 5000 \text{ l}} \cdot (24 - 0.0221) = 79.8 \text{ g/l}$$

[P]:

$$\frac{F}{V} \cdot P - \frac{1}{Y_{X/P}} \cdot \mu X = 0 \quad (4)$$

$$P = \frac{5000 \text{ l}}{1092.5 \frac{\text{l}}{\text{h}}} \cdot 0.47 \frac{\text{g}}{\text{l}} * 0.2185 \text{ h}^{-1} \cdot 79.5 \frac{\text{g}}{\text{l}} = 169.274 \text{ g/l}$$

La productividad viene dada por el producto del caudal y la concentración del producto en el equilibrio

$$Pr = F \cdot P \quad (5)$$

$$Pr = 1092.5 \text{ l/h} \cdot 169.274 \text{ g/l} = 184932.73 \text{ g}$$

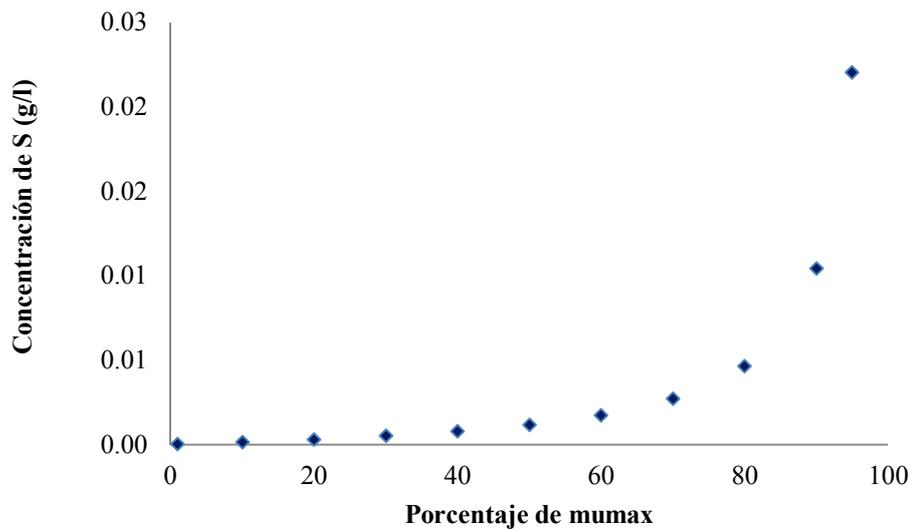


Figura 2. Variación del producto respecto la tasa de crecimiento máxima.

En la Figura 2 se observa como la concentración de sustrato se reduce cuando el porcentaje de la tasa de crecimiento máximo es menor.

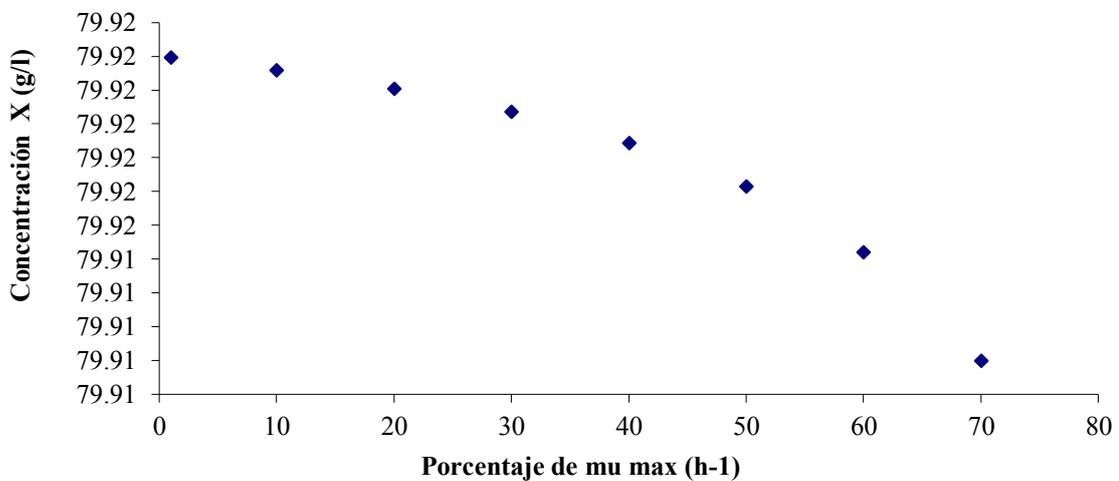


Figura 3. Variación de la concentración celular respecto la tasa de crecimiento.

La concentración celular, como muestra la Figura 3, al contrario que el sustrato aumenta conforme la tasa de crecimiento máximo se reduce.

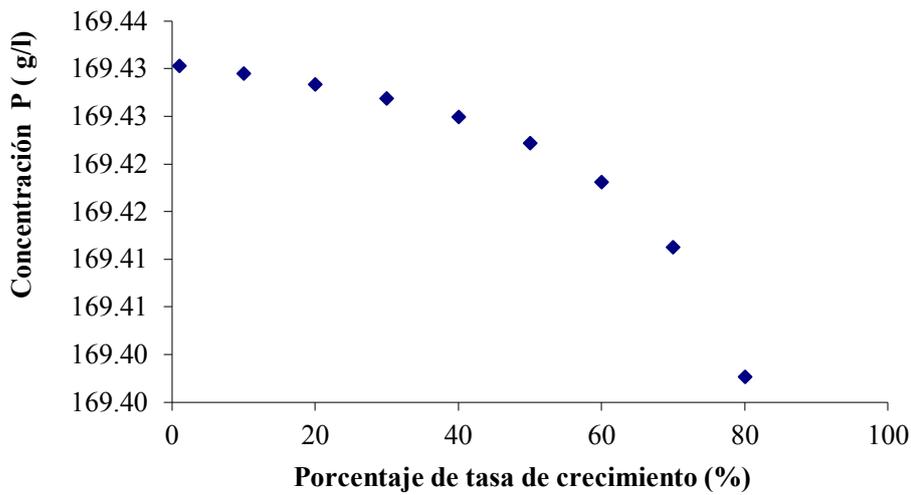


Figura 4. Variación del producto respecto la tasa de crecimiento.

La Figura 4 muestra como la mayor cantidad de producto obtenido, se produce cuando la tasa de crecimiento es menor, es decir cuando más tiempo pasa la microalga dentro del birreactor.

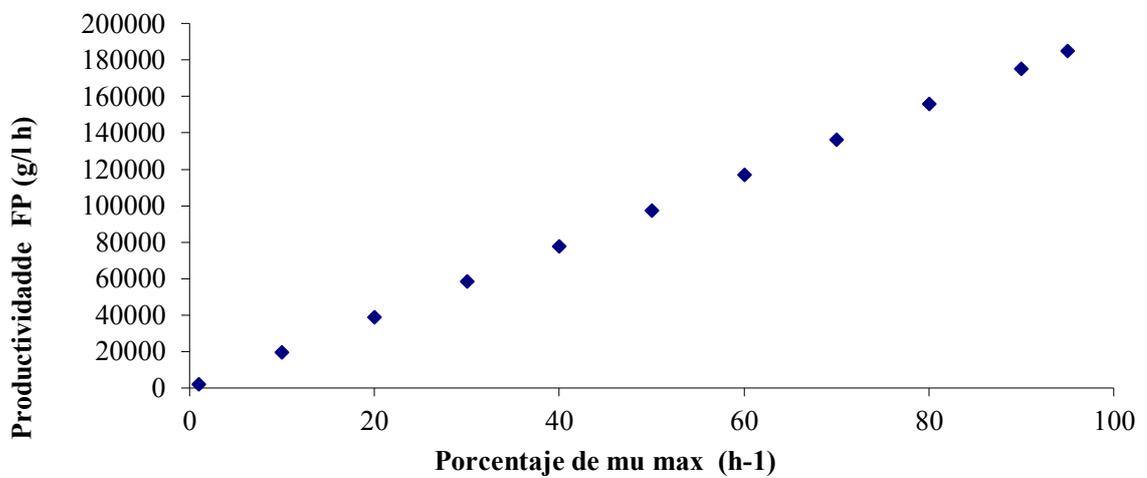


Figura 5. Variación de la productividad respecto la tasa de crecimiento máxima.

La mayor productividad se obtiene cuando se trabaja con un porcentaje del 95 % de la tasa de crecimiento máxima, como muestra la Figura 5.

2.2 -DISEÑO DEL BIORREACTOR.

El biorreactor se compone de un cilindro vertical, donde se introducen todos los componentes para la producción de aceite y de un sistema de agitación, el cual se encarga de remover la mezcla continuamente. El sistema está compuesto por una turbina de hélice cuyo mecanismo de accionamiento se dispone en la parte superior del depósito.

Para conseguir un sistema sin gradientes térmicos ni de concentración las dimensiones del cilindro y de la turbina de hélice deben guardar las siguientes relaciones, basadas en estudios previos de distintos autores (Velázquez-Martí, 2016):

Teniendo en cuenta las condiciones citadas con anterioridad, se calcula el diámetro total del depósito, pues de dicha medida dependen las restantes.

El dimensionado del depósito es el siguiente:

DIAMETRO TOTAL:

$$V = \frac{\pi \cdot D_T \cdot H}{4}; \quad H = 1,4 D_T; \quad V = 5000 \text{ L} = 5 \text{ m}^3;$$

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 5}{\pi \cdot 1,4}} = 1.66 \text{ m.}$$

ALTURA:

$$H = 1,4 \cdot D_T = 1,4 \cdot 1.66 \text{ m} = 2.324 \text{ m (altura del caldo)} \quad H_{\text{deposito}} = 2.5 \text{ m.}$$

DIAMETRO DE LA HÉLICE:

$$D_H = \frac{2 \cdot D_T}{3} = \frac{2 \cdot 1.66 \text{ m}}{3} = 1.106 \text{ m} \quad D_H = 1.016 \text{ m.}$$

ALTO DE LA HÉLICE:

$$W = \frac{D_T}{5} = \frac{1.66 \text{ m}}{5} = 0.332 \text{ m.}$$

ALTURA FONDO DEPÓSITO AL EJE DE LA HÉLICE:

$$C = \frac{D_T}{3} = \frac{1.66 \text{ m}}{3} = 0.553 \text{ m} \quad C = 0.553 \text{ m.}$$

2.3. -CÁLCULO DE BOMBAS Y TUBERIAS.

El depósito del biorreactor ha de estar alimentado continuamente con sustrato para el correcto desarrollo de las algas, para ello se ha de instalar el diseño de una tubería encargada de trasladar el sustrato de los depósitos de alimentación al reactor principal, también se debe disponer de una tubería de salida del producto obtenido en dicho tanque.

La tubería de alimentación se instalará en la parte inferior del depósito, dicha disposición es la más adecuada para evitar la entrada de aire al depósito, pues puede ser perjudicial para el sistema ya que puede contaminar la mezcla mediante la competencia de bacterias indeseadas

La salida de producto se llevará a cabo mediante una tubería instalada en la parte superior del tanque, debido a que en esta parte la mezcla es homogénea y el producto tiene las condiciones óptimas para ser extraído.

Las tuberías incorporan un sistema de impulsión tanto para la inyección de sustrato como para la extracción de producto. Se instalarán un sistema de bombeo para dicha operación en cada tubería, dicho sistema contará con dos bombas colocadas en paralelo, para que, en caso de rotura de una, la otra pueda cumplir su función y no interrumpir el proceso, además se dispondrá de un sistema de válvulas antirretorno, que se encargaran de parar la instalación en caso de avería.

2.3.1. -BOMBAS.

Para la elección de la bomba adecuada para el correcto funcionamiento de la instalación ha de tenerse en cuenta el caudal que va a trabajar dicha bomba y la presión que es capaz de soportar.

Teniendo en cuenta el flujo calculado en el Apartado 2, la bomba ha de ser capaz de trabajar con un caudal de 1.092m³ /h, además se supondrán unas pérdidas de carga totales de 2 bares

La presión que debe de soportar será calculada de la manera siguiente:

$$\frac{P_{\text{bomba}}}{\gamma} + z_0 + \frac{P_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_{\text{perdidas}}}{\gamma}$$

$$\frac{P_{\text{perdidas}}}{\gamma} = 2 \text{ bares} \approx 20 \text{ mca.}$$

Por características del birreactor, tanto las diferencias de cotas, las diferencias de presión y de velocidad se desprecian debido a que son cifras muy similares y no condicionan la instalación.

$$\frac{P_{bomba}}{\gamma} = (z_1 - z_0) + \left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_0}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g} \right) + \frac{P_{perdidas}}{\gamma}$$

$$\frac{P_{bomba}}{\gamma} = \frac{P_{perdidas}}{\gamma}; \quad \frac{P_{bomba}}{\gamma} = 20 \text{ mca}; \quad P_{bomba} = 2 \text{ bares.}$$

La bomba escogida es una de tipo peristáltica de la marca ALBIN ALH con las siguientes características:

$$POTENCIA \text{ (kW)} = \frac{CAUDAL \left(\frac{l}{min} \right) \cdot PRESIÓN \text{ (bares)}}{600 \cdot \eta} = \frac{18.2 \cdot 2}{600 \cdot 0.85} = \frac{30.66}{600 \cdot 0.85} = 0.075 \text{ kW.}$$

Tabla 2. Características bombas

MODELO	CAUDAL (m ³ /h)	VELOCIDAD (rpm)	DN(mm)	PN(bar)	PT(bar)	POTENCIA(kW)
ALH 25	1.09	50	25	16	5	0.1

2.3.2. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

Se instalarán dos tuberías en la posición citada anteriormente con un diámetro nominal cada una de 25 mm

La tubería de alimentación está unida a tres depósitos de alimentación mediante una válvula de cuatro vías tipo T.

Los depósitos de alimentación tienen una capacidad de 5500 L cada uno.

La tubería de salida está unida a un depósito de 25000 L de capacidad que se encarga de la recepción del producto obtenido.

2.3.3 PURGADOR.

Como medida preventiva se instala en la parte superior del biorreactor un sistema encargado de liberar aire dentro del depósito en caso de que haya una sobrepresión para evitar un riesgo de explosión.

Dicho sistema es un purgador que se encargara de aliviar aire del depósito cuando se superen los 22 bares de presión.

El purgador dispondrá de un filtro biológico de membrana de 0.02μ que tendrá como objetivo evitar la entrada al depósito de indeseadas partículas suspendidas en el aire

3. - DISEÑO SISTEMA DE AIREACIÓN.

Al tratarse de organismos aerobios, se ha de suministrar a las microalgas oxígeno para la respiración, con el fin de una óptima reproducción celular, para ello se calcula el flujo de aire a suministrar, el cual depende de las necesidades de oxígeno de las algas y de su rendimiento biomasa/oxígeno.

3.1 - CÁLCULO DE PARAMETROS.

El rendimiento biomasa/oxígeno $Y_{x/o}$ de *Isochysis galbana* se calcula en base a los parámetros obtenidos en su cultivo (Ra et al, 2015):

Producción diaria celular:

150 gramos/día.

Caudal de aire diario:

0.25 l/h · 24 h = 6 l/ día

Relación entre aire y biomasa:

$$\frac{150 \text{ g/día}}{6 \text{ L/día}} = 25 \frac{\text{mg biomasa}}{\text{L aire}}$$

Conocida la cantidad de aire a aportar, se calcula la cantidad de oxígeno que debe contener dicho aire, por tanto, es necesario calcula los moles de oxígeno, que es el 21% del total, así pues:

$$V \cdot P \cdot 0.21 = n_{O_2} \cdot R \cdot T(6)$$

En condiciones ideales:

$$V = 1 \text{ l}; \quad P = 1 \text{ atm}; \quad T = 25^\circ \text{ C} = 298 \text{ K}; \quad R = 0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$n_{O_2} = \frac{0.21}{298 \cdot 0.082} = 0.0085 \text{ moles.}$$

Gramos de O₂:

$$0.0085 \text{ moles} \cdot 32 \text{ g} = 0.275 \text{ g.}$$

Relación biomasa/oxígeno:

$$Y_{x/o} = \frac{25 \frac{\text{mg biomasa}}{\text{L aire}}}{275 \text{ mg}} = 90.90$$

3.2 – SELECCIÓN DEL COMPRESOR.

La selección del compresor está condicionada por el caudal de aire a aportar en nuestro sistema, por lo tanto, se procede a calcular las necesidades de oxígeno en el biorreactor y el aire que debemos suministrar. (Velázquez, 2016)

Necesidades de oxígeno:

$$\frac{\text{moles de } O_2}{s \cdot 1} = \frac{1}{Y_{x/o}} \mu X \quad (7)$$

$$\frac{1}{90.90} \cdot 0.218 \text{ h}^{-1} \cdot 79.8 \text{ g} = 0.1913 \frac{\text{moles de } O_2}{h \cdot 1}$$

Flujo de aire:

$$F_{\text{aire}} \cdot 0.21 \cdot P_{\text{aire}} = V \cdot \frac{1}{Y_{x/o}} \mu X \cdot RT \quad (8)$$

Donde;

$P_{\text{aire}} = 3 \text{ bares (teórico)}$.

$V = 5000 \text{ L}$.

$T = 20^\circ \text{ C} = 293 \text{ K}$.

$$R = 0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$F_{\text{aire}} = \frac{V \cdot \frac{1}{Y_{x/o}} \mu X \cdot RT}{0.21 \cdot P_{\text{aire}}} = \frac{5000 \text{ L} \cdot 0.1913 \frac{\text{moles de } O_2}{s \cdot 1} \cdot 0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 293 \text{ K}}{0.21 \cdot 3 \text{ bares}} = 36489.08 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

$$F_{\text{aire}} = 36489.08 \frac{L}{h} \cdot \frac{h}{60 \text{ min}} = 608.15 \frac{L}{\text{min}}$$

$$F_{\text{aire}} = 608.15 \frac{L}{\text{min}}$$

Es necesario conocer la presión a la que se va a suministrar el caudal de aire, dicha presión se calcula mediante la siguiente expresión

$$Kla \cdot \left(\frac{1000}{18} \cdot \frac{1}{K_h} \cdot P_{O_2} - C_{O_2} \right) = \frac{1}{Y_{x/o}} \mu X \quad (9)$$

Donde;

$$Kla = 0.0023 \text{ s}^{-1} \text{ (Reboloso y García, 1999)}$$

$$Kla = 0.0023 \text{ s}^{-1} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 8.28 \text{ h}^{-1}$$

$$K_h = 2.95 \cdot 10^7 \text{ mmHg (para } 20^\circ\text{C)}$$

$$C_{O_2} = n_{O_2} = 0.0085 \text{ moles.}$$

Por lo tanto;

$$8.28 \text{ h}^{-1} \cdot (1.88 \cdot 10^{-6} \cdot P_{O_2} - 0.0085 \text{ moles}) = 0.1913 \frac{\text{moles de } O_2}{\text{h} \cdot 1}$$

$$1.88 \cdot 10^{-6} \cdot P_{O_2} - 0.0085 \text{ moles} = \frac{0.1913 \frac{\text{moles de } O_2}{\text{h} \cdot 1}}{8.28 \text{ h}^{-1}}$$

$$1.88 \cdot 10^{-6} P_{O_2} = 0.0231 + 0.0085 \text{ moles}$$

$$P_{O_2} = \frac{0.0316}{1.88 \cdot 10^{-6}} = 16810.56 \text{ mmHg} = 22 \text{ bares.}$$

$$P_{O_2} = 22 \text{ bares.}$$

El compresor debe aportar un caudal de $608.15 \frac{L}{\text{min}}$ a una presión de 22 bares.

El sistema de producción de aire comprimido está compuesto por un compresor de tornillo helicoidal de las siguientes características:

Tabla 3. Características compresor.

Marca	Modelo	Caudal(l/min)	Presión(bar)	Potencia(Kw)	db(A)	Medida(mm)	Peso(kg)
Josval	Prct 10	620	22	7.5	81	1000x540x820	230

Tras el compresor es necesario el secado del aire a suministrar que tendrá como objetivo la eliminación del agua para así evitar su contaminación con partículas indeseables, para ello se instala un secador de adsorción de las siguientes características:

Tabla 4. Características secador.

Modelo	Potencia(W)	Tensión(V)	Medida(mm)	Peso(kg)
SAD-1400	50 W	230	405x470x1280	58

Posteriormente al secado del aire, este será almacenado en un depósito, el cual quedará disponible para cuando sea necesario aportar aire a la instalación, dicho calderín presenta las siguientes características

Tabla 5. Características calderín.

Modelo	Presión(bar)	Capacidad(L)	Medida(mm)	Peso(kg)
DV2000	22	2000	1000x1000x2810	375

3.3 –FILTROS Y SPARGER.

3.3.1 –FILTROS.

El aire que el compresor absorbe presenta partículas contaminantes indeseables para el sistema, para ello es necesario la incorporación de filtros al sistema de compresión para que el aire aportado al biorreactor esté libre de bacterias. El sistema de filtración consta de los siguientes filtros.

Se instala en el sistema un separador de condensados de las siguientes características

Tabla 6. Características separador de condensados

Modelo	Caudal (l/min)	Capacidad(l)	Medida(mm)
SC-1	2000	2	255·230·239

Antes del almacenado del aire en el calderín se instala un filtro de eficacia de filtración del 99,99%, utilizado para la separación de partículas sólidas de 3 μ con las siguientes características:

Tabla 7. Características filtro partículas sólidas.

Modelo	Capacidad(l)	Presión(bar)
FEP-560	1170	22

Posterior al deshidratador se instalan tres filtros en serie, el primero un filtro de eliminación de partículas sólidas de 1 μ de las siguientes características:

Tabla 8. Características filtro de partículas de 0,1 micras.

Modelo	Capacidad(l)	Presión(bar)
FES-560	1170	22

A continuación, un filtro de eliminación de aceite de 0.01 μ :

Tabla 9. Características filtro de aceite.

Modelo	Capacidad(l)	Presión(bar)
FEX-560	1170	22

Por último, se instala un filtro de carbón activo:

Tabla 10. Características filtro de carbón

Modelo	Capacidad(l)	Presión(bar)
FEZ-560	1170	22

3.3.2 –SPARGER Y SENSOR DE OXIGENO.

Para la introducción del aire desde el sistema de aireación hasta el biorreactor se precisa de un difusor de aire.

El difusor utilizado es un Sparger cerámico poroso de forma circular con pequeños agujeros en la parte inferior, con un diámetro de 0.10 mm.

Es necesario conocer cuando el Sparger ha de aportar el oxígeno al sistema, es por ello que se instala un sensor tipo galvánico que mide la cantidad de oxígeno, dicho sensor está compuesto de un ánodo de plata y un cátodo de platino entre los cuales se genera un voltaje constante de 0.8 V.

3.3.3.- CONTROL DE LA ESPUMA.

Como consecuencia de la adición de oxígeno al sistema y de la producción de desechos celulares, surge la espuma, que se trata de un subproducto no deseado, ya que altera el flujo del líquido y la transferencia de bloques de oxígeno del aire, provocando procesos de fermentación aeróbica y problemas en la transferencia de masa.

Como método de eliminación del subproducto se instalará un subsistema antiespuma formado por (Velázquez-Martí, 2016)

- Controlador de antiespuma que regula la bomba peristáltica que suministra el antiespumante según la información del sensor.
- Sensor antiespuma el cual se encarga de medir el nivel de espuma en el biorreactor
- Dispensador de antiespumante el cual tiene un sistema propio de filtración y equiparación de presión.

4. -CONTROL TERMICO EN EL BIORREACTOR.

4.1. -SISTEMA DE CALENTAMIENTO.

Las microalgas de la especie escogida crecen de forma idónea en un rango de temperatura de entre 20 y 21 °C, si la temperatura es diferente al intervalo citado la velocidad de crecimiento disminuirá, por lo tanto es necesario tener un control de la temperatura en nuestro sistema, para ello se considera un sistema de control de temperatura basado en un serpentín semicircular formado por una tubería a media caña soldado a la parte externa del biorreactor, superficie de transmisión del sistema de calentamiento ocupa el 100% del área del depósito.

Para ello necesitamos saber el calor a transmitir al biorreactor que se calcula de la forma siguiente (Velázquez-Martí, 2016):

$$Y\Delta = \frac{Y_{X/S}}{\Delta H_S - Y_{X/S} \cdot \Delta H_C} \quad (10)$$

Donde:

$$Y_{X/S} = 3.33. \text{ g de biomasa/g de N y día l}$$

$$\Delta H_S = -466.7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot \frac{1 \text{mol}}{85 \text{ g}} = -5.49 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$$

$$\Delta H_S = 547.8 \frac{\text{kJ}}{\text{Cmol}} \quad (\text{https://bioreactorcrc.wordpress.com, 2016})$$

$$\Delta H_C = 547.8 \frac{\text{kJ}}{\text{Cmol}} \cdot \frac{1 \text{Cmol}}{21.25 \text{g}} = 25.77 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$$

Por lo tanto el calor a trasmsitir es:

$$Y\Delta = \frac{3.33}{-5.46 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} - 3.33 \cdot (25.77 \frac{\text{kJ}}{\text{g}})} = -0.036 \frac{\text{g}}{\text{kJ}}; Y\Delta = 0.036 \frac{\text{g}}{\text{kJ}}$$

La relación ha resultado negativa, por lo que estamos ante un sistema endotérmico, es decir, habrá que aportar calor.

El calor a aportar por unidad de tiempo viene dado por:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{Y\Delta} \cdot X\mu$$

Asi pues:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{0.036} \cdot 79.5 \text{ g} \cdot 0.2185 \frac{1}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} = 0.135 \frac{\text{kJ}}{s} = 0.135 \text{ kW}.$$

El calor que se debe aportar a las algas es de 0.135 kW.

A continuación, se determina el coeficiente de transmisión de calor, considerando que el mecanismo de agitación, en este caso un sistema helicoidal, gira a una velocidad $n = 100$ revoluciones/ min.

Mediante la expresión:

$$U' = \frac{1}{D_r \cdot \left(\frac{1}{h_e \cdot d_{ext}} + \frac{1}{2k} \cdot \ln \frac{d_{int}}{d_{ext}} + \frac{1}{h_i \cdot d_{int}} \right)} \quad (11)$$

Tabla 11. Parámetros físicos del medio de cultivo y del fluido caloportador a 21°C.

	Caldo de cultivo	Caloportador (agua)
C_p : calor específico a presión constante ($\text{kJ kg}^{-1} \text{°C}^{-1}$)	4,18	4,18
k : conductividad térmica del fluido ($\text{kJ s}^{-1} \text{m}^{-1} \text{°C}^{-1}$)	0,000596	0,000596
ρ : densidad del fluido (kg m^{-3})	998,2	998.2
μ : viscosidad dinámica ($\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1}$)	0,00083	0,00083
Diámetro tubería (m)	-	0,1
Velocidad del fluido caloportador w (m/s)	-	1,5

Se procede a calcular el coeficiente de transmisión de calor con los parámetros citados en la Tabla 11.

El coeficiente de película h viene dado por la siguiente ecuación:

$$h = \frac{k}{D} \cdot 0.023 \cdot [\text{Pr}]^{0.4} \cdot [\text{Re}]^{0.8} \quad (12)$$

DONDE:

$$[\text{Pr}] = \frac{\mu \cdot C_p}{k} \quad [\text{Pr}] = \frac{0.00083 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}} \cdot 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}}{0.000596 \frac{\text{kJ}}{\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{°C}}} = 5.821$$

$$[\text{Re}] = \frac{\rho \cdot D \cdot \frac{n}{60}}{\mu} \quad [\text{Re}] = \frac{998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (1.106 \text{m})^2 \cdot \frac{100 \text{rev}/\text{min}}{60 \text{min}}}{0.00083 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}}} = 2.451 \cdot 10^6 \text{ (caldo de cultivo)}$$

$$[\text{Re}] = \frac{\omega \cdot \rho \cdot D}{\mu} \quad [\text{Re}] = \frac{1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.1 \text{m}}{0.00083 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}}} = 1.8 \cdot 10^5 \text{ (fluido caloportador)}$$

Así pues, los coeficientes de película del caldo de cultivo $f/2$ y del fluido caloportador son los siguientes:

$$h_i = \frac{0.000596 \text{ kJ}/(\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{°C})}{1.66 \text{m}} \cdot [2.451 \cdot 10^6]^{0.8} \cdot [5.821]^{0.4} \cdot 0.023 = 2.16 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{°C}}$$

$$h_e = \frac{0.000596 \text{ kJ}/(\text{s}\cdot\text{m}\cdot^\circ\text{C})}{0.1\text{m}} \cdot [1.8 \cdot 10^5]^{0.8} \cdot [5.821]^{0.4} \cdot 0.023 = 4.45 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}}$$

Una vez conocidos los coeficientes de película se calcula el coeficiente global de transmisión de calor mediante la ecuación (11), por lo tanto, queda:

$$D_r = 1.66\text{m}.$$

$$h_i = 2.16 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$h_e = 4.45 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$d_{\text{ext}} = 1.66306 \text{ m}.$$

$$d_{\text{int}} = 1.66 \text{ m}.$$

Dado que el espesor de la virola es bajo (0.014m) se deduce que el $d_{\text{int}} \approx d_{\text{ext}}$, por lo que $\ln \frac{d_{\text{int}}}{d_{\text{ext}}} \approx 0$, por tanto:

$$U' = \frac{1}{D_r \cdot \left(\frac{1}{h_e \cdot d_{\text{ext}}} + \frac{1}{h_i \cdot d_{\text{int}}} \right)} \quad (11.1)$$

$$U' = \frac{1}{1.66 \text{ m} \cdot \left(\frac{1}{4.45 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 1.674 \text{ m}} + \frac{1}{2.16 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 1.66 \text{ m}} \right)} = 1.457 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}}$$

Por tanto el coeficiente de transmisión de calor U, de $1.457 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}}$.

A continuación, es necesario calcular el flujo de agua que circula por el interior del serpentín, el cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F = A \cdot \omega \quad (13)$$

Donde:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{2 \cdot 4} \quad (\text{El área es calculada teniendo en cuenta que se utiliza la tubería de media caña})$$

$$F = \frac{\pi \cdot (0.1\text{m})^2 \cdot 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 4} = 0.00589 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{3600\text{s}}{\text{h}} = 21.2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Finalmente se calcula la diferencia de temperatura que debe de existir entre el caloportador (agua) y el caldo de cultivo.

$$\frac{dQ}{dt} = \pi \cdot D_r \cdot U' \cdot H \cdot (T_{int} - T_{ext}) \quad (14)$$

$$T_{int} - T_{ext} = \frac{dQ/dt}{\pi \cdot D_r \cdot U' \cdot H} = \frac{0.135 \text{ kw}}{\pi \cdot 1.66 \text{ m} \cdot 1.455 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{°C}} \cdot 2.5 \text{ m}} = 0.007 \text{ °C}$$

La diferencia de temperatura entre el caldo de cultivo y el agua es prácticamente la misma, es decir las dos deben estar a la misma temperatura, por lo que no será necesario calentar el agua, ya que el agua utilizada en el sistema de control térmico, se supone a 20 °C

5.- DISEÑO DE LIMPIEZA Y ESTERILIZACIÓN

Para la desinfección de los tanques de preparación del sustrato para su alimentación, disponen de un serpentín por el cual circula vapor sobrecalentado a 125°C durante 30 minutos. Mientras uno está en proceso de esterilización, los otros dos han de estar preparados para suministrar sustrato al biorreactor.

Al tratarse de tanques de 5500 litros de capacidad, no va haber problemas de alimentación durante la desinfección, ya que dicha operación se realiza en torno a 5 horas por depósito y con un solo tanque de sustrato el biorreactor puede estar alimentado durante más de 5 horas.

El proceso de desinfección conlleva tres etapas (Velázquez-Martí, 2016):

1. Fase de calentamiento del medio de cultivo de temperatura ambiente a 125°C.
2. Mantenimiento de la temperatura de 125°C durante 30 minutos.
3. Fase de enfriamiento. Instalación de un sistema de refrigeración complementario.

Tabla 12. Parámetros físicos del medio de cultivo f/2 y del fluido caloportador (vapor).

	Caldo de cultivo	Caloportador (vapor)
C_p : calor específico a presión constante ($\text{kJ kg}^{-1} \text{°C}^{-1}$)	4,18	2
k : conductividad térmica del fluido ($\text{kJ s}^{-1} \text{m}^{-1} \text{°C}^{-1}$)	0,000596	0,00002
ρ : densidad del fluido (kg m^{-3})	998,2	3,35
μ : viscosidad dinámica ($\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1}$)	0,00083	0,000012
Diámetro tubería (m)	-	0,1
Velocidad del fluido caloportador w (m/s)	-	5

FASE 1. Calentamiento hasta 125°C.

El calor a aportar viene determinado por:

$$Q_{aportar} = m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (15)$$

Donde:

$$m = 5.5 m^3 \cdot 998.2 \frac{kg}{m^3} = 5490.1 \text{ kg}$$

$$Q_{aportar} = 5490.1 \text{ kg} \cdot 4.18 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (125 - 20) ^\circ C = 2409604.89 \text{ kJ.}$$

Por lo tanto, habrá que aportar una cantidad de calor de 2409608.89 kJ

La potencia de la caldera, suponiendo un rendimiento del 80% para un tiempo de 2.5 horas es:

$$Q_c = \frac{Q_{aportar}}{\eta \cdot t} \quad (16)$$

$$Q_c = \frac{2409604.89 \text{ kJ}}{0.8 \cdot 9000s} = 335 \text{ kW.}$$

El caudal del vapor vendrá dado por la ecuación (13), donde:

$$F = \frac{\pi \cdot (0.1m)^2 \cdot 5 \frac{m}{s}}{2 \cdot 4} = 0.019635 \frac{m^3}{s}$$

$$m_{vapor} = 0.019635 \frac{m^3}{s} \cdot \frac{3600s}{h} = 70.68 \frac{m^3}{h}.$$

A continuación, se calcula el coeficiente de transmisión global por la ecuación (11.1), donde:

Los coeficientes de película son:

$$h_i = 2.16 \frac{kJ}{m^2 \cdot s \cdot ^\circ C} \text{ (Apartado 4.1).}$$

Coficiente de película, h_e :

$$[Pr] = \frac{0.000012 \frac{kg}{s \cdot m} \cdot 2 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}}{0.00002 \frac{kJ}{s \cdot m \cdot ^\circ C}} = 1.2 \text{ (vapor)}$$

$$[Re] = \frac{5 \frac{m}{s} \cdot 3.35 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.1m}{0.000012 \frac{kg}{s \cdot m}} = 1.39 \cdot 10^5 \text{ (vapor)}$$

$$h_e = \frac{0.00002 \frac{kJ}{(s \cdot m \cdot ^\circ C)}}{0.1m} \cdot [1.39 \cdot 10^5]^{0.8} \cdot [1.20]^{0.4} \cdot 0.023 = 0.0646 \frac{kJ}{m^2 \cdot s \cdot ^\circ C}.$$

Por tanto:

$$U' = \frac{1}{1.71 \text{ m} \cdot \left(\frac{1}{0.0646 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1.7146 \text{ m}} + \frac{1}{2.16 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1.71 \text{ m}} \right)} = 0.0628 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}$$

El coeficiente de transmisión de calor es $0.0628 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Por otro lado, considerando un incremento lineal de la temperatura se calcula la temperatura a la que debe estar el vapor que circula por el serpentín para alcanzar un incremento de temperatura de 20 a 125 °C en el tiempo de 2.5 horas, por consiguiente:

Si para $t=0$ $T = 20$ °C , $b = 20$

Si para $t_1 = 9000\text{s}$ $T = 125$ °C, $a = \frac{125-20}{9000} = 0.0116$

La temperatura viene dada por:

$$T_{\text{vapor}} = \frac{Q_{\text{aportar}}}{S \cdot U \cdot t_1} + \frac{a \cdot t_1}{2} + b \quad (17)$$

$$T_{\text{vapor}} = \frac{2409604.89 \text{ kJ}}{1.71 \text{ m} \cdot \pi \cdot 2.5 \text{ m} \cdot 0.0628 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 9000 \text{ s}} + \frac{0.0116 \cdot 9000 \text{ s}}{2} + 20 = 389^\circ\text{C}.$$

Por último, es necesario calcular la presión a la que circulará el vapor, que viene dado por:

$$P_{\text{vapor}} = \frac{\rho_{\text{vapor}}}{\rho_m} \cdot RT. \quad (18)$$

$$P_{\text{vapor}} = \frac{3.35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{18} \cdot 0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (389+273) \text{ K} = 10 \text{ bares}.$$

Para alcanzar los 389 °C necesarios, la caldera ha de trabajar en la zona de vapor sobrecalentado:

Tabla 13. Propiedades vapor sobrecalentado a 10 bares de presión. (Martí, 2016)

	$p = 10,0 \text{ bar} = 1,0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 179,91 \text{ }^\circ\text{C}$)			
Sat	0,1944	2583,6	2778,1	6,5865
200	0,2060	2621,9	2827,9	6,6940
240	0,2275	2692,9	2920,4	6,8817
280	0,2480	2760,2	3008,2	7,0465
320	0,2678	2826,1	3093,9	7,1962
360	0,2873	2891,6	3178,9	7,3349
400	0,3066	2957,3	3263,9	7,4651
440	0,3257	3023,6	3349,3	7,5883
500	0,3541	3124,4	3478,5	7,7622
540	0,3729	3192,6	3565,6	7,8720
600	0,4011	3296,8	3697,9	8,0290
640	0,4198	3367,4	3787,2	8,1290

Trabajando a 10 bares y con una temperatura de entrada de 400 °C, siendo:

$$Q_{aportar} = m_{vapor} \cdot (h_e - h_s) \quad (19)$$

Donde:

$$V_{vapor} = 0.3066 \frac{m^3}{kg}$$

$$h_e = 3263.9 \frac{kJ}{kg}$$

El volumen de vapor es $0.3066 \frac{m^3}{kg}$ y la entalpia de entrada es $3263.9 \frac{kJ}{kg}$, por tanto, el caudal de vapor es:

$$m_{vapor} = \frac{F}{V_{vapor}} = \frac{0.0196 \frac{m^3}{s}}{0.3066 \frac{m^3}{kg}} = 0.064 \frac{kg}{s}$$

Y la diferencia de entalpias es:

$$(h_e - h_s) = \frac{2409604.89 \text{ kJ}/9000s}{0.068 \frac{kg}{s}} = 4183.34 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_s = 4183.34 - 3263.4 = 919.44 \frac{kJ}{kg}$$

Por tanto la entalpia de salida del serpentín es $919.44 \frac{kJ}{kg}$.

Para recuperar el máximo de condesando se instala un tanque condensador para realimentar la caldera, con un flujo de:

$$F = 70.686 \frac{m^3}{h}$$

Donde el caudal es:

$$m_{condensador} = m_{vapor} = \frac{F}{V_{vapor}} = \frac{0.0196 \frac{m^3}{s}}{0.2404 \frac{m^3}{kg}} = 0.081 \frac{kg}{s} \quad (\text{Tabla 14})$$

Por lo tanto, el calor a disipar considerando unas pérdidas de carga en la tubería de 2 bares de presión a la entrada del condensador es:

$$Q_{condensador} = m(h_e - h_s) \quad (20)$$

Tabla 14. Propiedades del agua saturada a 8 bares

Presión	Temp.	Volumen específico		Energía interna		Entalpía			Entropía	
		m ³ / kg		kJ / kg		kJ / kg			kJ / kg , K	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor
bar	°C	sat,	sat,	sat,	sat,	sat,	vaporiz,	sat,	sat,	sat,
8,00	170,4	v _f x 10 ³	v _g	u _f	u _g	h _f	h _{fg}	h _g	s _f	s _g
		1,1148	0,2404	720,22	2576,8	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	6,6628

Por tanto:

$$m_{\text{vapor}} = 0.081 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{condensador}} = 0.081 \cdot (919.44 - 721.11) = 16 \text{ kW.}$$

Posterior al condensador, es necesario instalar una bomba encargada de aumentar la presión hasta los 10 bares de presión necesarios para que funcione la caldera, por tanto:

$$\text{Caudal: } 70.686 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{h}}{60 \text{ min}} = 1178.1 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$\text{POTENCIA (kW)} = \frac{\text{CAUDAL} \left(\frac{\text{l}}{\text{min}} \right) \cdot \text{PRESIÓN (bares)}}{600 \cdot \eta} = \frac{1178.1 \cdot 10}{600 \cdot 0.85} = 23.1 \text{ kW.}$$

La caldera a instalar en el sistema posee las siguientes características:

Tabla 15. Características caldera eléctrica

Modelo	Potencia(Kw)	Medidas(mm)	Tomas	Peso(kg)
GP 387/9	350	1500X1500X2324	4"	904

FASE 2. Mantenimiento de temperatura a 125°C.

En la fase 2 se mantendrá la temperatura a 125°C durante 30 minutos con el fin de desinfectar los depósitos de alimentación, para ello se trabaja con las tablas de propiedades de agua saturada a una presión de 2.5 bares, así pues:

Tabla 16. Propiedades del agua saturada: tabla de temperaturas. (Moran y Shapiro, 2004)

Temp. °C	Presión bar	Volumen específico m ³ / kg		Energía interna kJ / kg		Entalpía kJ / kg			Entropía kJ / kg K	
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor vaporiz.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.
		$v_f \times 10^3$	v_g	u_f	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
80	0,4739	1,0291	3,407	334,86	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	7,6122
85	0,5783	1,0325	2,828	355,84	2488,4	355,90	2296,0	2651,9	1,1343	7,5445
90	0,7014	1,0360	2,361	376,85	2494,5	376,92	2283,2	2660,1	1,1925	7,4791
95	0,8455	1,0397	1,982	397,88	2500,6	397,96	2270,2	2668,1	1,2500	7,4159
100	1,014	1,0435	1,673	418,94	2506,5	419,04	2257,0	2676,1	1,3069	7,3549
110	1,433	1,0516	1,210	461,14	2518,1	461,30	2230,2	2691,5	1,4185	7,2387
120	1,985	1,0603	0,8919	503,50	2529,3	503,71	2202,6	2706,3	1,5276	7,1296
130	2,701	1,0697	0,6685	546,02	2539,9	546,31	2174,2	2720,5	1,6344	7,0269

Tabla 16.1. Propiedades del agua saturada: tabla de presiones. (Moran y Shapiro, 2004)

Presión bar	Temp. °C	Volumen específico m ³ / kg		Energía interna kJ / kg		Entalpía kJ / kg			Entropía kJ / kg K	
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor vaporiz.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.
		$v_f \times 10^3$	v_g	u_f	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527

Trabajando a 2,5 bares de presión y a una temperatura de 125 °C, los datos son los siguientes:

$$h_s = 535.37 \frac{kJ}{kg}.$$

$$h_g = 2716.9 \frac{kJ}{kg}.$$

$$V_{vapor} = 0.75 \frac{m^3}{kg}.$$

El calor a aportar por la caldera es (19):

$$m_{vapor} = \frac{F}{V_{vapor}} = \frac{0.0196 \frac{m^3}{s}}{0.75 \frac{m^3}{kg}} = 0.0261 \frac{kg}{s}$$

$$Q_{aportar} = 0.0261 \cdot (2716.9 - 535.37) = 57 \text{ Kw.}$$

FASE 3. Fase de enfriamiento.

Tras la desinfección a 125 °C, para que el enfriamiento del depósito hasta la temperatura óptima se realice en un tiempo adecuado, el depósito debe ser enfriado con líquido refrigerante que circula por el serpentín. Esta agua procederá de un Chiller que consiste en un depósito constantemente enfriado por un evaporador.

Lo primero a calcular será el calor que debe disipar la camisa, que viene dado por:

$$Q_{disipar} = \frac{m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)}{t} \quad (21)$$

Donde:

Temperatura del agua de refrigeración: 20°C

Tiempo de enfriamiento: 2 h

$$Q_{disipar} = \frac{2409604.89 \text{ kJ}}{7200 \text{ s}} = 334.66 \text{ kW.}$$

Tabla 17. Propiedades del agua saturada de 20 a 30 °C. (Moran y Shapiro, 2004)

Temp, °C	Presión bar	Volumen específico m ³ / kg		Energía interna kJ / kg		Entalpía kJ / kg			Entropía kJ / kg K	
		Líquido sat,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor vaporiz, h _g	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor sat,
		<i>v_f</i> x 10 ²	<i>v_g</i>	<i>u_f</i>	<i>u_g</i>	<i>h_f</i>	<i>h_g</i>	<i>h_g</i>	<i>s_f</i>	<i>s_g</i>
20	0,02339	1,0018	57,791	83,96	2402,9	83,96	2454,1	2538,1	0,2966	8,6672
21	0,02487	1,0020	54,514	88,14	2404,3	88,14	2451,8	2539,9	0,3109	8,6450
22	0,02645	1,0022	51,447	92,32	2405,7	92,33	2449,4	2541,7	0,3251	8,6229
23	0,02810	1,0024	48,574	96,51	2407,0	96,52	2447,0	2543,5	0,3393	8,6011
24	0,02985	1,0027	45,883	100,70	2408,4	100,70	2444,7	2545,4	0,3534	8,5794
25	0,03169	1,0029	43,360	104,88	2409,8	104,89	2442,3	2547,2	0,3674	8,5580
26	0,03363	1,0032	40,994	109,06	2411,1	109,07	2439,9	2549,0	0,3814	8,5367
27	0,03567	1,0035	38,774	113,25	2412,5	113,25	2437,6	2550,8	0,3954	8,5156
28	0,03782	1,0037	36,690	117,42	2413,9	117,43	2435,2	2552,6	0,4093	8,4946
29	0,04008	1,0040	34,733	121,60	2415,2	121,61	2432,8	2554,5	0,4231	8,4739
30	0,04246	1,0043	32,894	125,78	2416,6	125,79	2430,5	2556,3	0,4369	8,4533

Considerando que la temperatura del agua de refrigeración es de 20 °C con una entalpía de salida $h_s = 83.96 \frac{kJ}{kg}$, se procede a calcular la temperatura y entalpía de entrada al Chiller de la siguiente manera:

$$Q_{disipar} = m_{agua} \cdot (h_g - h_s) \quad (22)$$

$$334.66 = m_{agua} \cdot (h_g - 83.96)$$

m_{agua} y h_g se calculan de la siguiente manera:

Se establece como velocidad de circulación del agua 1 m/s, así pues, el flujo calculado por la ecuación (13):

$$F = \frac{\pi \cdot (0.1\text{m})^2 \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 4} = 0.00392 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$m_{\text{agua}} = 0.00392 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{1000\text{kg}}{\text{m}^3} = 4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Por tanto (22):

$$h_g = \frac{334.66}{4} + 83.96 = 167.625 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

La entalpia de entrada al chiller h_g es de $167.625 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.

Tabla 18. Propiedades del agua saturada de 39 a 40 °C. (Moran y Shapiro, 2004)

Temp, °C	Presión bar	Volumen específico m ³ / kg		Energía interna kJ / kg		Entalpia kJ / kg			Entropía kJ / kg K	
		Líquido sat,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor vaporiz,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor sat,
		$v_f \times 10^{-3}$	v_g	u_f	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
38	0,06632	1,0071	21,602	159,20	2427,4	159,21	2411,5	2570,7	0,5458	8,2950
40	0,07384	1,0078	19,523	167,56	2430,1	167,57	2406,7	2574,3	0,5725	8,2570

Como se observa en la Tabla 18 el valor de la entalpia calculada se atribuye a una temperatura de 40°C, por lo tanto, son conocidas las condiciones tanto del Chiller como de la camisa, siendo estas:

$$m_{\text{salida}} = 4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \text{ a una temperatura, } T : 20^\circ\text{C}, \text{ con una entalpia de salida, } H_{\text{salida}} = 83.96 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

$$m_{\text{e-camisa}} = 4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \text{ a una temperatura, } T : 40^\circ\text{C}, \text{ con } H_{\text{e-camisa}} = 167.62 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

$$m_{\text{e-chiller}} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \text{ (teórica)}$$

A continuación, se realiza un balance de masa, con el fin de conocer las variaciones de temperatura y entalpia dentro del proceso de enfriamiento.

$$m_{\text{salida}} = m_{\text{e-camisa}} + m_{\text{chiller}} \quad (23)$$

Donde;

$$0 = m_{\text{e-camisa}} \cdot H_{\text{e-camisa}} + m_{\text{chiller}} (h_{\text{e-chiller}} - h_{\text{s-chiller}}) - m_{\text{salida}} \cdot h_{\text{salida}}$$

$$0 = 4 \cdot 167.62 + 2(h_{\text{e-chiller}} - h_{\text{s-chiller}}) - 4 \cdot 83.96$$

$$(h_{\text{e-chiller}} - h_{\text{s-chiller}}) = \frac{670.48 - 335.846}{2} = 167.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Siendo la temperatura a la que trabaja el chiller de 5 °C, donde $h_{\text{e-chiller}} = 20.98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

La entalpia de entrada al evaporador del chiller es $h_{s\text{-chiller}} = 167.1 + 20.98 = 188.3 \frac{kJ}{kg}$.

Tabla 19. Propiedades del agua saturada de 36 a 50 °C. (Moran y Shapiro, 2004)

Temp.	Presión	Volumen específico		Energía interna		Entalpia			Entropia	
		m ³ / kg		kJ / kg		kJ / kg			kJ / kg , K	
		Liquido sat.	Vapor sat.	Liquido sat.	Vapor sat.	Liquido sat.	Vapor vaporiz., sat.	Vapor sat.	Liquido sat.	Vapor sat.
°C	bar	$v_f \times 10^3$	v_g	u_f	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
36	0.05947	1.0063	23.940	150.85	2424.7	150.86	2416.2	2567.1	0.5188	8.3336
38	0.06632	1.0071	21.602	159.20	2427.4	159.21	2411.5	2570.7	0.5458	8.2950
40	0.07384	1.0078	19.523	167.56	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	0.5725	8.2570
45	0.09593	1.0099	15.258	188.44	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	8.1648
50	0.1235	1.0121	12.032	209.32	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	.7038	8.0763

Según refleja la Tabla 19 la temperatura de entrada al evaporador es de 44°C.

Las características del evaporador son:

- Presión de trabajo: 3.5 Bares.
- Temperatura de entrada al evaporador: 44°C.
- Temperatura de salida al evaporador: 5°C.
- Flujo : $0.5 \frac{kg}{s}$.

En dicho evaporador se disipa una cantidad de calor tal que:

$$Q_{disipar} = m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (24)$$

$$Q_{disipar} = 2 \frac{ks}{s} \cdot 4.18 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} \cdot (44 - 25) \text{ } ^\circ C = 326.04 \text{ kW.}$$

Como fluido refrigerante para reducir los grados de diferencia entre entrada y salida del evaporador, se utilizará Freón, cuyas entalpias son:

$$h_{liquido} = 205 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_{vapor} = 370 \frac{kJ}{kg}$$

La cantidad de flujo de Freón a aplicar es:

$$m_{fluido} = \frac{Q_{disipar}}{H_{vapor} - H_{liquido}} \quad (25)$$

$$m_{\text{fluido}} = \frac{326.04}{370 - 205} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

El compresor seleccionado tiene las siguientes características:

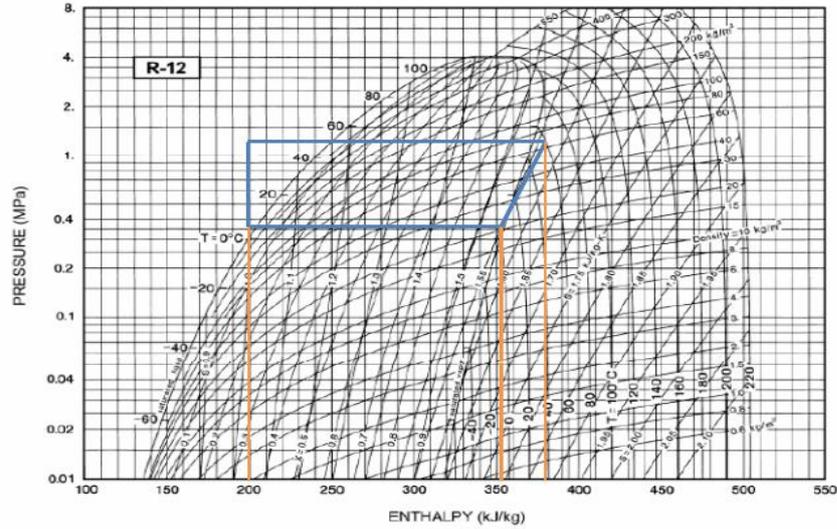


Figura 6. Relación entre presión y entalpia del compresor. (Velázquez-Martí, 2016)

- Presión de alta: 11.5 Bares (Que será reducida a 3.5 Bares por la válvula de expansión)
- $H_1 = 360 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.
- $H_2 = 380 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.
- Potencia: $W_{\text{Compresor}} = m \cdot (H_2 - H_1) = 2 \cdot (380 - 360) = 40 \text{ kW}$.

Las características del Chiller a instalar son las siguientes:

Tabla 20. Características del Chiller.

MARCA	Modelo	Medidas(mm)	Potencia (kW)	Peso(kg)
MTA	NE-/ME 100	2751X802X1867	338	1359

5.1.3. – DESINFECCIÓN DEL BIORREACTOR.

Los procesos desarrollados en el biorreactor son muy sensibles a la contaminación, las microalgas que se encuentran en el interior del depósito crecen a temperaturas de aproximadamente 20°C. En estas condiciones cualquier célula que se introduzca en el interior del biorreactor crecerá con las células deseadas provocando una enorme competencia, provocando procesos inhibidores dentro del sistema.

Esto nos obliga a tener cuidado en el diseño con el fin de lograr condiciones de asepsia, e introducir un sistema de esterilización dentro del sistema.

La desinfección se realizará con el tanque en vacío de la manera siguiente:

FASE 1. Calentamiento hasta 125°C.

El calor a aportar viene determinado por:

$$Q_{aportar} = m \cdot C_e \cdot (T_{120} - T_{20}) + m \cdot (h_g - h_s) + m \cdot (h_{125} - h_{120}) \quad (26)$$

Donde:

$$m = \frac{\pi \cdot (0.1m)^2 \cdot 5 \frac{m}{s}}{2 \cdot 4} = 0.019635 \frac{m^3}{s} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} = 19.635 \frac{kg}{s}$$

$$C_e = 4.182 \frac{Kj}{K \cdot kg}$$

$$h_g = 2706.7 \frac{Kj}{kg} \quad (\text{Tabla 16 a 2 bares})$$

$$h_s = 504.70 \frac{Kj}{kg}$$

$$h_{125} = 2720 \frac{Kj}{kg}$$

$$h_s = 2706.7 \frac{Kj}{kg}$$

Por tanto:

$$Q_{aportar} = 19.635 \frac{kg}{s} \cdot 4.182 \frac{Kj}{^\circ C \cdot kg} \cdot (120^\circ C - 20^\circ C) + 19.635 \frac{kg}{s} \cdot (2706.7 \frac{Kj}{kg} - 504.70 \frac{Kj}{kg}) + 19.635 \frac{kg}{s} (2720 \frac{Kj}{kg} - 2706.7 \frac{Kj}{kg})$$

$$Q_{aportar} = 8211.35 + 43236.27 + 261.15 = 51708.76 \frac{Kj}{s}$$

La potencia de la caldera, suponiendo un rendimiento del 80% para un tiempo de 2 horas es, por la ecuación (16):

$$Q_c = \frac{51708.76 \text{ kJ}}{0.8 \cdot 7200 \text{ s}} = 8.98 \text{ kW}.$$

Por lo tanto la caldera deberá aportar calor con una potencia de 8.98 Kw a una presión de 2 bares.

FASE 2. Mantenimiento de temperatura a 125°C.

En la Fase 2 se mantiene la temperatura a 125°C durante 30 minutos con las condiciones citadas anteriormente en la Fase 1.

FASE 3. Fase de enfriamiento.

Tras la desinfección a 125 °C, se debe reducir la temperatura a 20°C mediante el mismo mecanismo de refrigeración citado en el Apartado 5.1.2, por lo tanto:

Lo primero a calcular será el calor que debe disipar la camisa, que viene dado por la ecuación (21):

Donde:

Temperatura del agua de refrigeración: 20°C

Tiempo de enfriamiento: 2 h

Así pues:

$$Q_{\text{disipar}} = \frac{51708.76 \text{ kJ}}{7200 \text{ s}} = 7.181 \text{ kW}.$$

Considerando la temperatura del refrigerante de 20 °C, según Tabla 17 la entalpia de salida $h_s = 83.96$

$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, se procede a calcular la temperatura y entalpia de entrada al Chiller, según la ecuación (22):

Donde:

$$Q_{\text{disipar}} = 7.181 \text{ kW}.$$

$$H_s = 83.96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$7.181 = m_{\text{agua}} \cdot (h_g - 83.96)$$

Se establece como velocidad de circulación del agua 1 m/s, por la ecuación (13) donde:

$$F = \frac{\pi \cdot (0.1 \text{ m})^2 \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 4} = 0.00392 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

$$m_{\text{agua}} = 4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$h_g = \frac{7.181}{4} + 83.96 = 85.75 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}}$$

El valor de la entalpia calculada se atribuye a una temperatura de 21 °C(Tabla17), por lo tanto, son conocidas las condiciones tanto del chiller como de la camisa:

$$m_{\text{salida}} = 4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad \text{a una temperatura, } T : 20^\circ\text{C, con una entalpia de salida, } H_{\text{salida}} = 83.96 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}}$$

$$m_{\text{e-camisa}} = 4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad \text{a una temperatura, } T : 21^\circ\text{C, con } H_{\text{e-camisa}} = 85.75 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}}$$

$$m_{\text{e-chiller}} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

A continuación, se realiza un balance de masa, ecuación (23).

Donde:

$$0 = m_{\text{e-camisa}} \cdot H_{\text{e-camisa}} + m_{\text{chiller}} (h_{\text{e-chiller}} - h_{\text{s-chiller}}) - m_{\text{salida}} \cdot h_{\text{salida}}$$

$$0 = 4 \cdot 85.75 + 2(h_{\text{e-chiller}} - h_{\text{s-chiller}}) - 4 \cdot 83.96$$

$$(h_{\text{e-chiller}} - h_{\text{s-chiller}}) = \frac{343 - 335.84}{2} = 3.58 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}}$$

Siendo la temperatura de entrada del chiller de 5 °C, donde $h_{\text{e-chiller}} = 20.98 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}}$ y la de salida:

$$h_{\text{s-chiller}} = 3.58 + 20.98 = 24.56 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}} \quad (5^\circ\text{C}).$$

Al ser la diferencia de temperaturas de entrada y salida despreciables, el agua no necesita almacenarse en un calentador abierto, por lo una vez realizada la refrigeración entra directamente al chiller.

6. – DISEÑO SISTEMA DE AGITACIÓN.

El caldo de cultivo que se encuentra dentro del biorreactor ha de ser homogéneo, es por ello que dicho depósito ha de contener un sistema de agitación, el cual tiene como función generar la potencia necesaria para producir una mezcla perfecta para el sistema de cultivo.

6.1.- SISTEMA DE AGITACIÓN ESCOGIDO

El sistema por el cual se opta en el depósito a diseñar es una turbina helicoidal con las siguientes características:

$$D_H = \frac{2DT}{3} = \frac{2 \cdot 1.66 \text{ m}}{3} = 1.106 \quad D_H = 1.106 \text{ m.}$$

$$W = \frac{DT}{5} = \frac{1.66 \text{ m}}{5} = 0.332 \text{ m.}$$

Numero de impulsores:

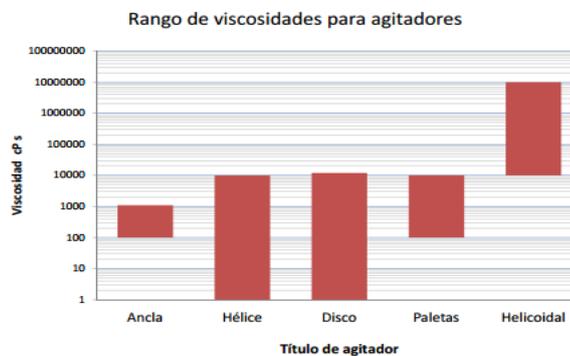


Figura 7. Rango de viscosidades para agitadores. (www.DocSlide.com, 2016)

Viscosidad [cP]	Nivel Max. H/D _t	Nº de impulsores	Ubicación desde el fondo	Ubicación desde nivel superior
< 25·10 ⁻³	1.4	1	H/3	--
< 25·10 ⁻³	2.1	2	D _t /3	(2/3)·H
> 25·10 ⁻³	0.8	1	H/3	--
> 25·10 ⁻³	1.6	2	D _t /3	(2/3)·H

Figura 8. Recomendaciones para la ubicación de impulsor.

Al tratarse de una turbina helicoidal la Viscosidad [cP] es mayor a $10 \cdot 10^4$ como queda reflejado en la figura 7

La relación entre la altura y el diámetro ($\frac{h}{D_t}$), es de 1.506 m, por lo que se instalan dos impulsores, como indica la recomendación de la Figura 8, a una distancia de 0.553 m desde el fondo del depósito.

Para conocer la potencia del agitador es necesario conocer el número de Reynolds:

$$[\text{Re}] = \frac{998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1.106^2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 100}{60 \cdot 0.00083 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}}} = 2.45 \cdot 10^6 \text{ (vapor)}$$

La potencia viene determinada por:

$$N_p = \frac{P}{\rho \cdot \left(\frac{n}{60}\right)^3 \cdot D_a^5} \quad (27)$$

N_p es un número adimensional el cual se haya relacionado con el número de Reynolds y que para el caso de sistemas de agitación helicoidales resulta ser 0.35 (www.DocSlide.com)

$$P = \frac{\rho \cdot \left(\frac{n}{60}\right)^3 \cdot D_a^5}{N_p}$$

$$P = 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(\frac{100}{60}\right)^3 \cdot 1.106^5 \cdot 0.35 = 2676.7 \text{ W.}$$

Por lo tanto, se debe instalar un motor eléctrico que impulse la hélice de 3.63 Caballos de potencia.

6.1.2.- CALCULO DEL EJE.

El eje de la hélice solamente estará sometido a torsión, en este caso el esfuerzo cortante por torsión será uniforme.

El cálculo del diámetro del eje viene determinado por la siguiente ecuación (bibdigital.epn.edu, 2016):

$$D_{eje} = \left[\frac{32n}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M}{S_n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (28)$$

En este caso no existen fuerzas transversales que provoquen flexión, por lo tanto:

$$D_{eje} = \left[\frac{32n}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (28.1)$$

Donde:

$n=2$ (hay una confianza promedio en los datos de las cargas y resistencia del material)

$S_y = 176 \text{ Mpa}$ (acero AISI 316L)

$$T = \frac{P}{w} \quad \text{Siendo } w = \frac{2 \cdot \pi \cdot 100}{60} = 10.47 \quad T = \frac{2676.7}{10.47} = 255.6 \text{ Nm}$$

$$D_{\text{eje}} = \left[\frac{32 \cdot 2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{3}{4} \left[\frac{255.6}{176 \cdot 10^6} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} D_{\text{eje}} = 0.029 \approx 0.3$$

$D_{\text{eje}} = 30 \text{ mm.}$

6.2.- SELLO MECÁNICO.

Como aislante del eje, se instala un sello mecánico el cual tiene como función:

- Evitar la infección del sistema.
- Mantener hermético el sistema.
- Amortiguar la fricción.

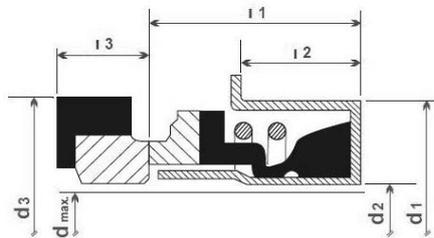


Figura 9. Esquema sello mecánico. (<http://www.tecniempaques.com>, 2016)

DIAMETRO NOMINAL	ESTACIONARIA					ROTATORIA	
	d1	d2	d max	L1	L2	d3	L3
30mm	52	31	30	19	11	48	8

Tabla 21. Medidas sello mecánico. (<http://www.tecniempaques.com>, 2016)

7.- DISEÑO DEL SISTEMA CONTROL DE Ph.

El rango de Ph al cual las algas de *Isochrysis Galbana* crecen de manera óptima se sitúa entre 7.5 y 8.

Dicho rango puede verse alterado en el medio de cultivo por los productos de desecho producido por el metabolismo celular de las algas, que pueden ser de naturaleza acida o básica y afectan a la cinética microbiana, es por ello que se instala un sistema de control del Ph el cual consta de (Velazquez-Martí, 2016):

- Sistema dispensador de ácido formado por:

- Dispensador de ácido (HCL)
- Filtro microporo en línea
- Manguera flexible resistente (HCL)
- Bomba peristáltica para el suministro

- Sistema dispensador de base formado por:

- Dispensador aséptico de base (NaOH)
- Filtro microporo en línea
- Manguera flexible resistente (NaOH)
- Bomba peristáltica para el suministro

- Sistema de control formado por:

- Controlador de Ph que regula el motor y controla a las bombas peristálticas que suministran el ácido y la base.

- Sistema de medición formado por:

- Un electrodo de Ph que mide la acidez e información al controlador.

8.- DISEÑO SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

Las microalgas cultivadas necesitan un fotoperiodo de 12-12 horas de luz y oscuridad. En el periodo de luz es necesaria una intensidad de $108 \frac{\mu\text{moles} \cdot \text{photon} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2}$.

Para ello es necesario incorporar al tanque un sistema de iluminación con las siguientes características:

Radiación solar:

Según (cavadevices, 2016) , $1800 \frac{\mu\text{moles} \cdot \text{photon} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2}$ es equivalente a $427 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$, por lo tanto, para este caso se necesita una radiación de $25.62 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.

A continuación, se calcula la superficie del reactor que será iluminada:

$$S_{\text{tapa}} = 2(\pi \cdot r^2)$$

$$S_{\text{tapas}} = 2(\pi \cdot 0.83^2) = 4.22 \text{ m}^2.$$

$$S_{\text{cilindro}} = 2\pi R \cdot H$$

$$S_{\text{cilindro}} = 2 \pi \cdot 0.83 \cdot 2.5 = 13.03 \text{ m}^2$$

Superficie total a iluminar:

$$S_{\text{tapas}} + S_{\text{cilindro}} = 4.22 \text{ m}^2 + 13.03 \text{ m}^2 = 17.25 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, se necesita una potencia de iluminación para el correcto crecimiento de las algas de:

$$P: 25.62 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 17.25 \text{ m}^2 = 442 \text{ W.}$$

8.1.- CARACTERÍSTICAS SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

Se instalará un sistema de iluminación formado por cuatro lámparas instaladas en paralelo, dos atornilladas en la tapa superior y otras dos atornilladas en la tapa inferior del reactor, las lámparas tienen las siguientes características:

Tabla 22. Características sistema de iluminación

Marca	Modelo	Tº COLOR(K)	FLUJO(lm)	V.útil	Medidas(mm)	Potencia (W)
Secret jardin	Tneon	6500	5040	10000	65x125	125

9.- CÁLCULO MECÁNICO DEL RECIPIENTE.

9.1.- DIMENSIONADO DE LA TAPA.

La estructura cilíndrica del biorreactor ha de estar cerrada con dos tapas, una superior y otra inferior.

En este diseño se opta por una tapa toriesferica ya que es la más adecuada para las condiciones dadas.

Las dimensiones son:

$$D_{\text{tapa}} = 1.66 \text{ m}$$

$$r_{\text{tapa}} = 0.06 \cdot D_{\text{tapa}} = 0.06 \cdot 1.66 \text{ m} = 0.0996 \text{ m} = 9.96 \text{ cm}$$

t_{tapa}:

$$\frac{P \cdot L \cdot 0.885}{\sigma_{adm} \cdot \Psi} + e \quad (29)$$

Se escoge dicha ecuación para el cálculo del espesor de la tapa por qué se debe considerar que el depósito estará expuesto a corrosión.

Donde:

$$P = 0.22 \frac{kg}{mm^2}$$

$$L = 1.66 \text{ m}$$

$$\sigma_{adm} = 50 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\Psi = 0.85$$

$$t_{tapa} = \frac{0.22 \cdot 1660 \cdot 0.885}{50 \cdot 0.85} + 1.6 = 9.20 \text{ mm.}$$

Por tanto la tapa ha de tener como mínimo 9.20 mm de espesor.

La tensión longitudinal en la tapa toriesférica viene dada por:

$$\sigma_l = \frac{P \cdot h}{4 \cdot t} \quad (30)$$

$$\sigma_l = \frac{22 \frac{kg}{cm^2} \cdot 166 \text{ cm}}{4 \cdot 0.920} = 992,39 \frac{kg}{cm^2}$$

9.2.- CÁLCULO MECÁNICO DEL DEPÓSITO.

El espesor de la virola cilíndrica viene dado por:

$$t = \frac{P \cdot \pi \cdot R}{\sigma_{adm} \cdot \Psi} \quad (30)$$

$$t = \frac{0.22 \frac{kg}{cm^2} \cdot \pi \cdot 830}{50 \cdot 0.85} = 13.49 \text{ mm}$$

La tensión tangencial en el lateral del depósito viene dada por:

$$\sigma_t = \frac{P \cdot \pi D}{2 \cdot t} \quad (31)$$

$$\sigma_t = \frac{22 \cdot \pi \cdot 166}{2 \cdot 13.49} = 4252.44 \frac{kg}{cm^2}$$

La tensión tangencial en las paredes del biorreactor viene dada por:

$$\tau = \frac{3 \cdot P \cdot H}{2 \cdot t} \quad (32)$$

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{22 \frac{kg}{cm^2} \cdot 250 \text{ cm}}{2 \cdot 1.349 \text{ cm}} = 2038.54 \frac{kg}{cm^2}$$

10.- EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Para evaluar el proyecto se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- El proyecto presentara una vida útil de 20 años
- Se le aplicara una tasa de descuento del 12%
- Los componentes de la instalación se sustituirán cada 5 años
- La tonelada de aceite aprovechable para biodiesel se vende a 600 €.
- El biorreactor trabajara 340 días al año, siendo los restantes días empleados en mantenimiento.

Los costos del proyecto se dividen en (Anejo 1):

- Costos de la inversión: 310853,95 €
- Costos materia prima: 324700 €
- Costos energéticos: 391989 €
- Costos fijos: 102000 €.

Por otra parte, se tiene como fuente de ingresos la venta de aceite producido por las microalgas, que será vendido a un precio de 600 € la tonelada.

10.1- CÁLCULO VALOR ACTUAL NETO

El valor actual neto VAN corresponde al sumatorio de los flujos de cajas, y se calcula de la siguiente manera (www.repositorio.com, 2016):

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_t - C_t}{(1 + r)^t} \quad (34)$$

Donde:

I_t = Ingresos totales año t

C_t = Coste total año t

r = tasa de descuento

n= vida del proyecto

Tabla 23. Flujo de caja con un tasa de descuento del 12% para 20 años.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS	0	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07
COSTOS VARIABLES	0	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01
COSTOS FIJOS	0	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000
DEPRECIACIÓN	0	0,40%	0,90%	1,40%	1,90%	2,30%	2,80%	3,33%	3,80%	4,20%	4,70%
INVERSION FIJA	-310853,96	0	0	0	0	39151,436	0	0	0	0	148051,44
FLUJO DE CAJA	-310853,96	77525,95	69241,678	61844,063	55199,659	27058,813	44008,649	39289,169	35153,467	31346,232	-19717,35

Tabla 23.1. Flujo de caja con una tasa de descuento del 12% para 20 años.

AÑO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
INGRESOS	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07
COSTOS VARIABLES	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01
COSTOS FIJOS	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000
DEPRECIACIÓN	5,23%	5,71%	6,19%	6,66%	7,14%	7,61%	8,09%	8,57%	9,04%	9,52%
INVERSION FIJA	0	0	0	0	39151,436	0	0	0	0	0
FLUJO DE CAJA	25022,785	22321,096	19901,229	17767,355	8711,4248	14164,611	12646,237	11305,868	10082,334	9001,5617

Tras el cálculo de los flujos de caja expuestos en las Tablas 7 y 7.1, se calcula el VAN, el cual da una cifra de 261020,88 €, dicha cifra es superior a 0 por lo que estamos ante un proyecto que aporta ganancias.

Por otro lado es necesario calcular la tasa de retorno de la inversión TIR la cual da un valor de 25.21 %, dicho porcentaje es un valor elevado por lo que el proyecto realizado es rentable.

Referencias

Velázquez-Martí, B. 2016. Apuntes de asignatura Aprovechamiento energético de la biomasa. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Valencia.

López Alonso, D; Sánchez Pérez, J; García Sánchez, J. 1995. Microalga marina y su empleo en acuicultura y en la obtención de ácidos grasos poliinsaturados.

Piñera, Abril Karim. 2002. Manual para el cultivo de microalgas.

Ra et al. 2015. Cultivation of four microalgae for biomass and oil production using a two-stage culture with salt stress.

Reboloso Fuentes, M; García Sánchez. JL; Fernández Sevilla; J. 1999. Outdoor continuous culture of *Porphyridium cruentum* in a tubular photobioreactor.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2754/1/CD-3418.pdf>.

<https://bioreactorcrc.wordpress.com>.

<https://docslide.com>.

<https://cavadevices.com>.

http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2008/cf-osorio_pc.com

ANEJO 1: DETALLES EVALUACIÓN ECONOMICA

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para evaluar el proyecto se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- El proyecto presentara una vida útil de 20 años
- Se le aplicara una tasa de descuento del 12%
- Los componentes de la instalación se sustituirán cada 5 años
- La tonelada de aceite aprovechable para biodiesel se vende a 600 €.

1.1.- INVERSIÓN.

1.1.1.- COSTO EQUIPOS

En el documento 4, presupuesto, se muestra los costes desglosados de la instalación general del biorreactor, que asciende a un total de:

Tabla 17. Coste biorreactor

COSTE TOTAL BIORREACTOR (€)	189026,4254
-----------------------------	-------------

1.1.2.- COSTO TOTAL INVERSIÓN

Para la estimación de ciertos valores de la inversión, se utiliza como base de datos porcentajes sobre los valores económicos de la instalación, así pues, el total de la inversión queda reflejado a continuación en la Tabla 2:

Tabla 18. Coste total de la inversión

ÍTEM	COSTOS €	BASE DE CALULO
Equipo	189026,425	
Instalación	56707,9275	30% equipos
Equipos instalados	245734,3525	
Total	245734,3525	
Imprevistos	24573,43525	10% total
TOTAL INVERSION FIJA	270307,7878	
CAPITAL DE TRABAJO	40546,16816	15% total inversión fija
TOTAL INVERSIÓN	310853,9559	

1.2.- COSTOS VARIABLES

1.2.1.- COSTO MATERIA PRIMAS

Para el costo de materias primas se consideró el consumo de sustrato, el cual es muy elevado y el costo del medio de cultivo Guillard, por tanto, el costo de materia prima asciende a un total de:

Tabla 19. Coste materia prima

COSTOS MATERIA PRIMA	Toneladas Anuales	Costo tonelada (€)	Costo anual (€)
NaNO ₃	224,4	500	112200
Medio de cultivo Guillard	8,5	25000	212500
TOTAL M.PRIMA			324700

1.2.2.- COSTO ENERGÉTICO

El consumo energético es una variable importante en los costes variables, ya que es muy elevado debido a la gran cantidad de aparatos electricos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, el consumo energético anual queda reflejado en la Tabla 4:

Tabla 20. Coste consumo energético

Actividad	POTENCIA kW	HORAS DIARIAS	HORAS ANUALES	PRECIO Kw/h	COSTE €
CALDERA	350	13	4420	0,134	207298
CHILLER	338	10	3400	0,134	153992.8
MOTOR AGITADOR	4	24	8160	0,134	4373.76
COMPRESOR	10	24	8160	0,134	10934.4
ILUMINACION	0,5	12	4080	0,134	273.36
BOMBA ALIMENTACIÓN	0,1	24	8160	0,134	109,344
BOMBA ALIMENTACIÓN	0,1	24	8160	0,134	109,344
BOMBA CALDERA	25	13	4420	0,134	14807
TOTAL					391898.008

1.3.- COSTOS FIJOS

Como costos fijos en la instalación se considera el salario de los empleados:

Tabla 21. Coste salarios anuales

PLANTILLA	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL (€)
GERENTE PLANTA	2500	30000
OPERADOR 1	1200	14400
OPERADOR 2	1200	14400
OPERADOR 3	1200	14400
OPERADOR 4	1200	14400
OPERADOR 5	1200	14400
TOTAL		102000

1.4.- INGRESOS

La fuente de ingresos del proyecto es la venta del aceite producido por las microalgas aprovechable para la obtención de biodiesel. La tonelada será vendida a 600 euros, por lo que se obtendrán unos ingresos anuales de:

Tabla 22. Ingresos anuales biorreactor.

	HORARIAS KG	TONELADAS DIARIAS	TONELADAS ANUALES
PRODUCCION	184,932	4,438368	1509,04512
		INGRESOS	905427,072 €

1.5.- COSTO PRODUCCIÓN Y VAN

El valor actual neto VAN corresponde al sumatorio de los flujos de cajas, y se calcula de la siguiente manera:

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

I_t = Ingresos totales año t

C_t = Coste total año t

r = tasa de descuento

n= vida del proyecto

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS	0	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07
COSTOS VARIABLES	0	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01
COSTOS FIJOS	0	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000
DEPRECIACIÓN	0	0,40%	0,90%	1,40%	1,90%	2,30%	2,80%	3,33%	3,80%	4,20%	4,70%
INVERSION FIJA	-310853,96	0	0	0	0	39151,436	0	0	0	0	148051,44
FLUJO DE CAJA	-310853,96	77525,95	69241,678	61844,063	55199,659	27058,813	44008,649	39289,169	35153,467	31346,232	-19717,35

Tabla 23. Flujo de caja con un tasa de descuento del 12% para 20 años

Tabla 7.1. Flujo de caja con una tasa de descuento del 12% para 20 años

AÑO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
INGRESOS	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07	905427,07
COSTOS VARIABLES	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01	716598,01
COSTOS FIJOS	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000	102000
DEPRECIACIÓN	5,23%	5,71%	6,19%	6,66%	7,14%	7,61%	8,09%	8,57%	9,04%	9,52%
INVERSION FIJA	0	0	0	0	39151,436	0	0	0	0	0
FLUJO DE CAJA	25022,785	22321,096	19901,229	17767,355	8711,4248	14164,611	12646,237	11305,868	10082,334	9001,5617

Tras el cálculo de los flujos de caja expuestos en las Tablas 7 y 7.1, se calcula el VAN, el cual da una cifra de 261020,88 €, dicha cifra es superior a 0 por lo que estamos ante un proyecto que aporta ganancias.

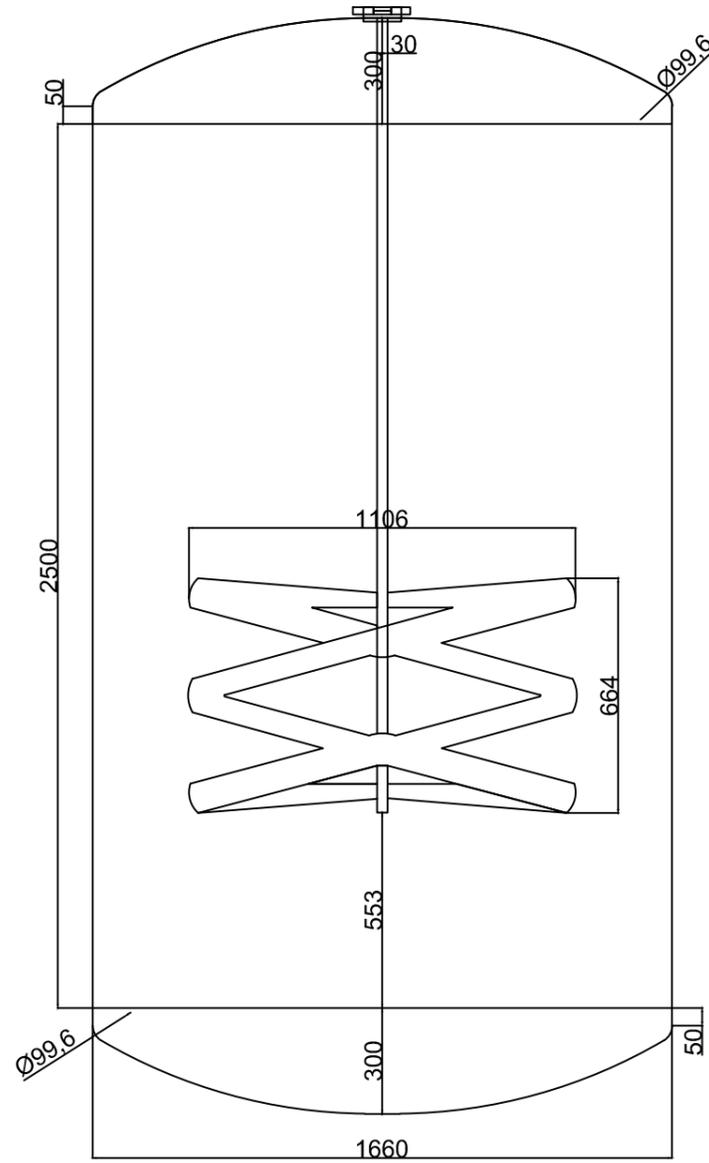
Por otro lado, se calcula la tasa de retorno de la inversión TIR la cual da un valor de 25.21 %, dicho porcentaje es un valor elevado por lo que el proyecto realizado es rentable.

DOCUMENTO N°2: PLANOS

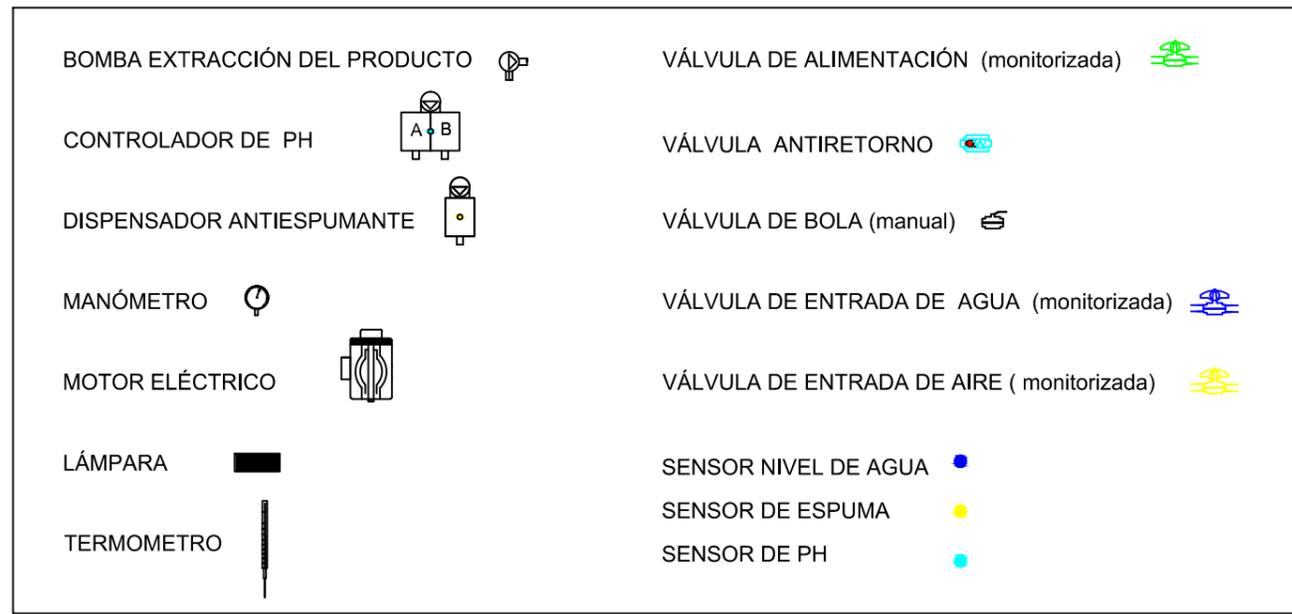
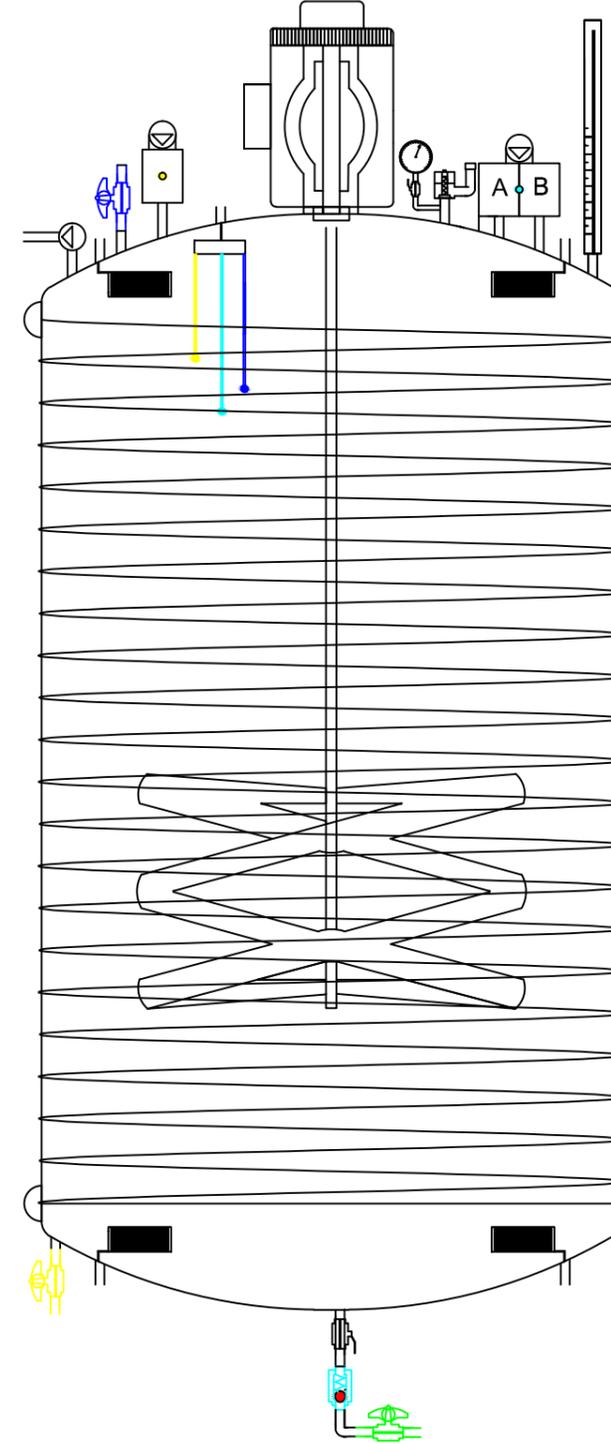
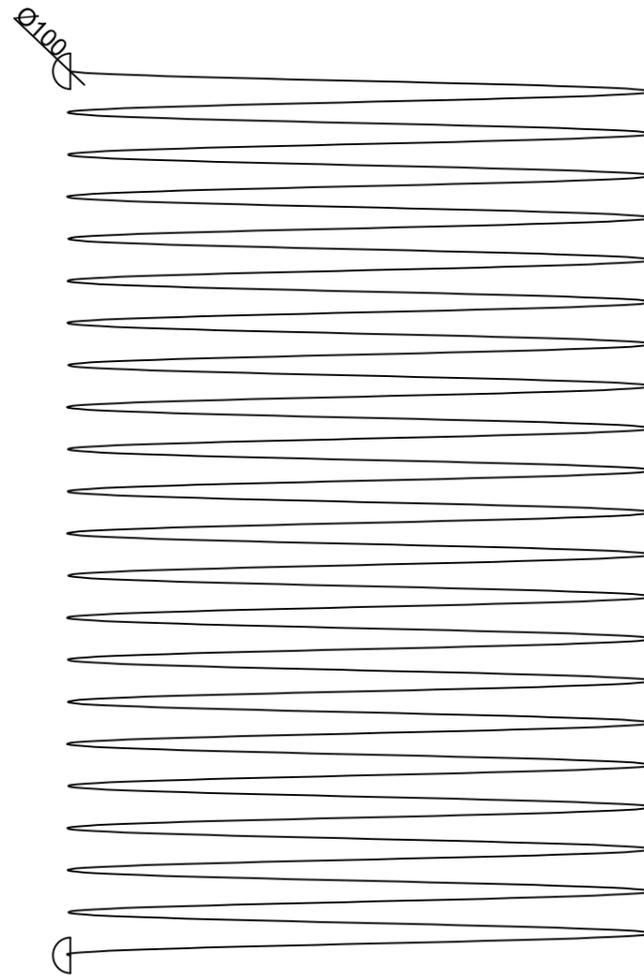
ÍNDICE

PLANO N°1: BIORREACTOR.....	1
PLANO N°2: TRATAMIENTO DE AIRE.....	2
PLANON°3: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	3
PLANO N°4: SISTEMAS DE DESINFECCIÓN.....	4

DEPÓSITO Y HÉLICE



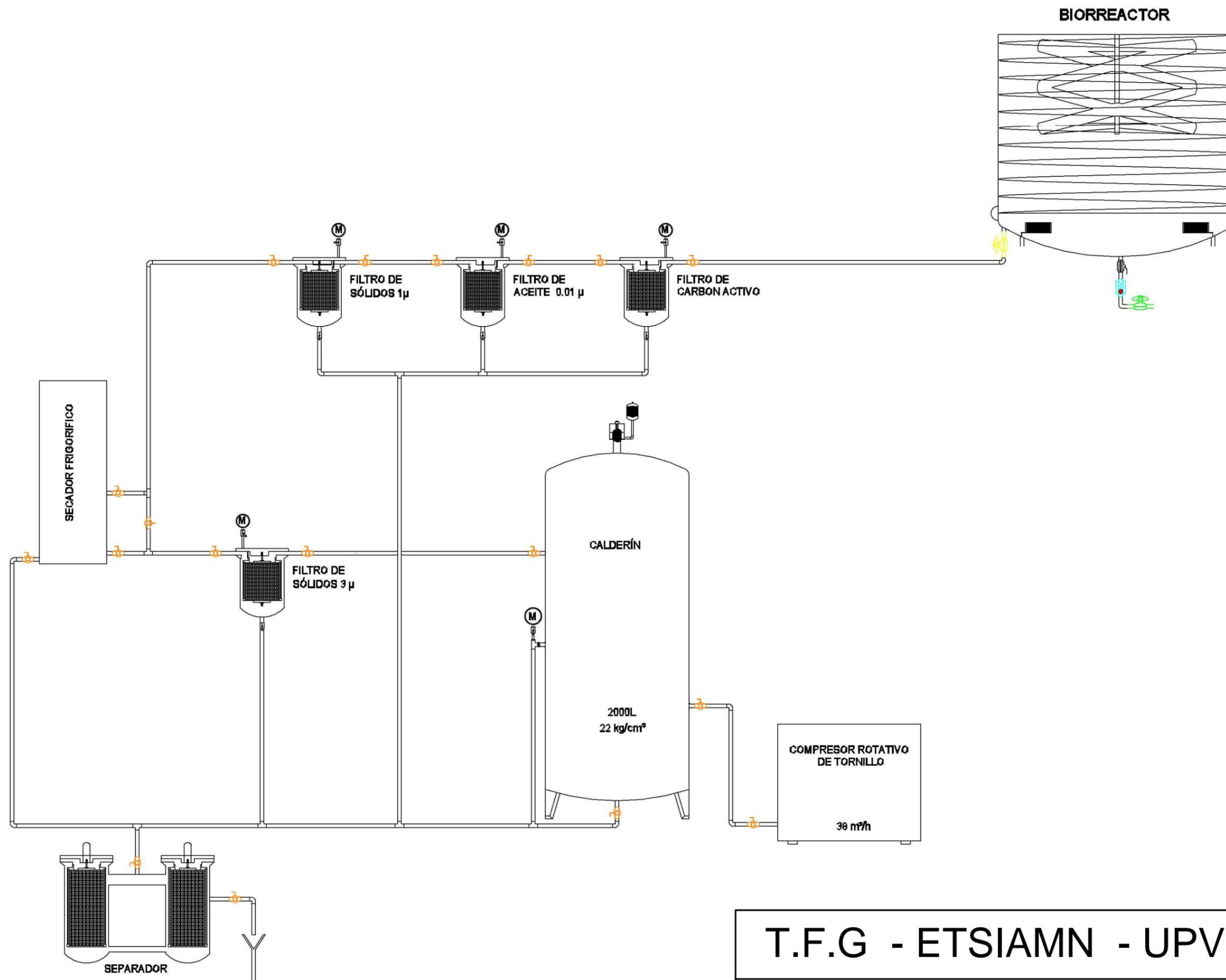
SERPENTIN



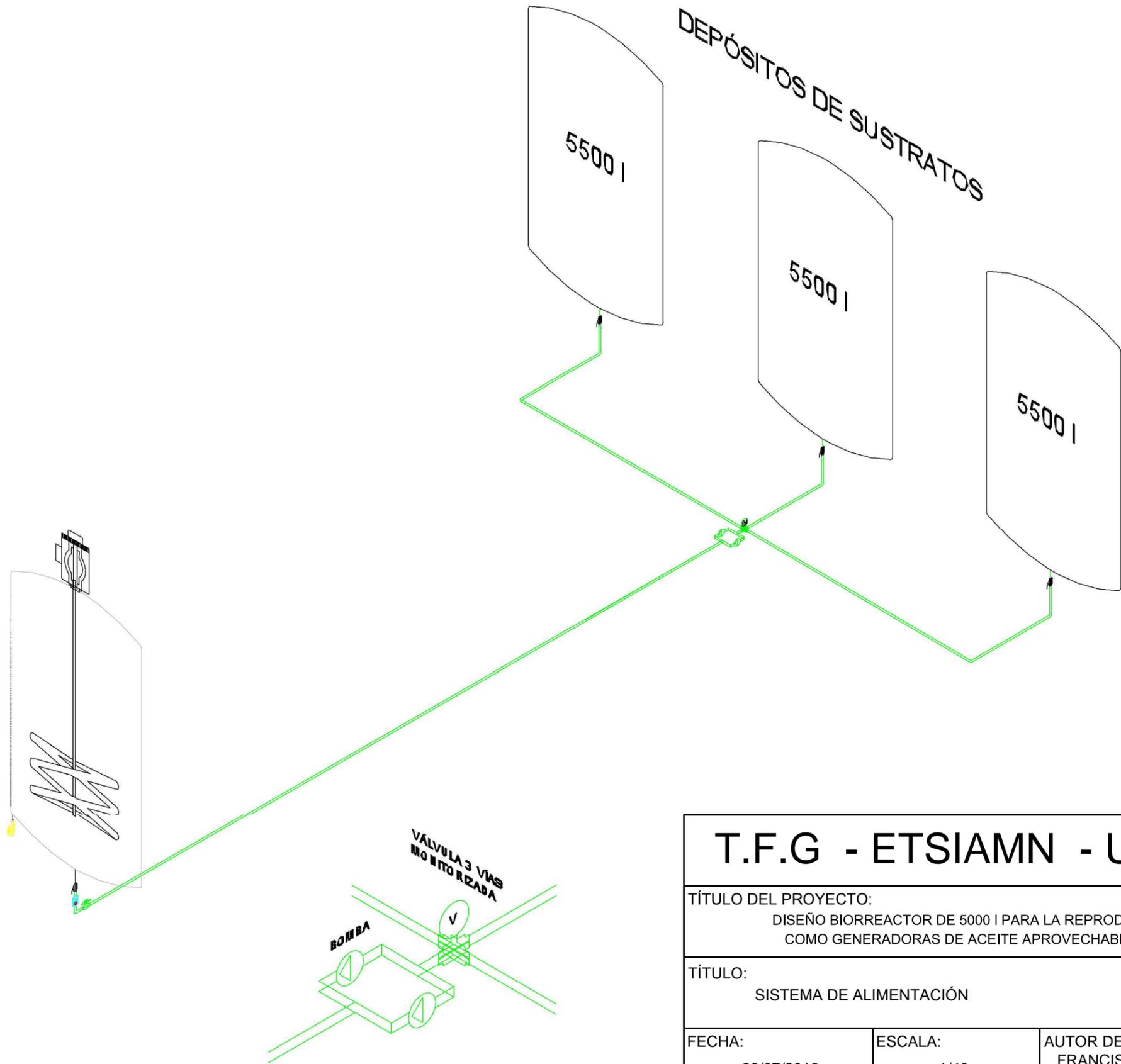
T.F.G - ETSIAMN - UPV		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
TÍTULO DEL PROYECTO: DISEÑO BIORREACTOR DE 5000 l PARA LA REPRODUCCIÓN DEL ALGA ISOCHRYSIS GALBANA COMO GENERADORAS DE ACEITE APROVECHABLE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL		
TÍTULO: BIORREACTOR		PLANO N°: 1
FECHA: 29/07/2016	ESCALA: 1/20	AUTOR DEL PROYECTO : FRANCISCO COLLADO POVEDA FIRMA:

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



T.F.G - ETSIAMN - UPV		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
TÍTULO DEL PROYECTO: DISEÑO BIORREACTOR DE 5000 l PARA LA REPRODUCCIÓN DEL ALGA ISOCHRYSIS GALBANA COMO GENERADORAS DE ACEITE APROVECHABLE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL		
TÍTULO: TRATAMIENTO DE AIRE: COMPRESIÓN, SECADO Y FILTRADO		PLANO N°: 2
FECHA: 29/07/2016	ESCALA: 1/30	AUTOR DEL PROYECTO : FRANCISCO COLLADO POVEDA FIRMA:



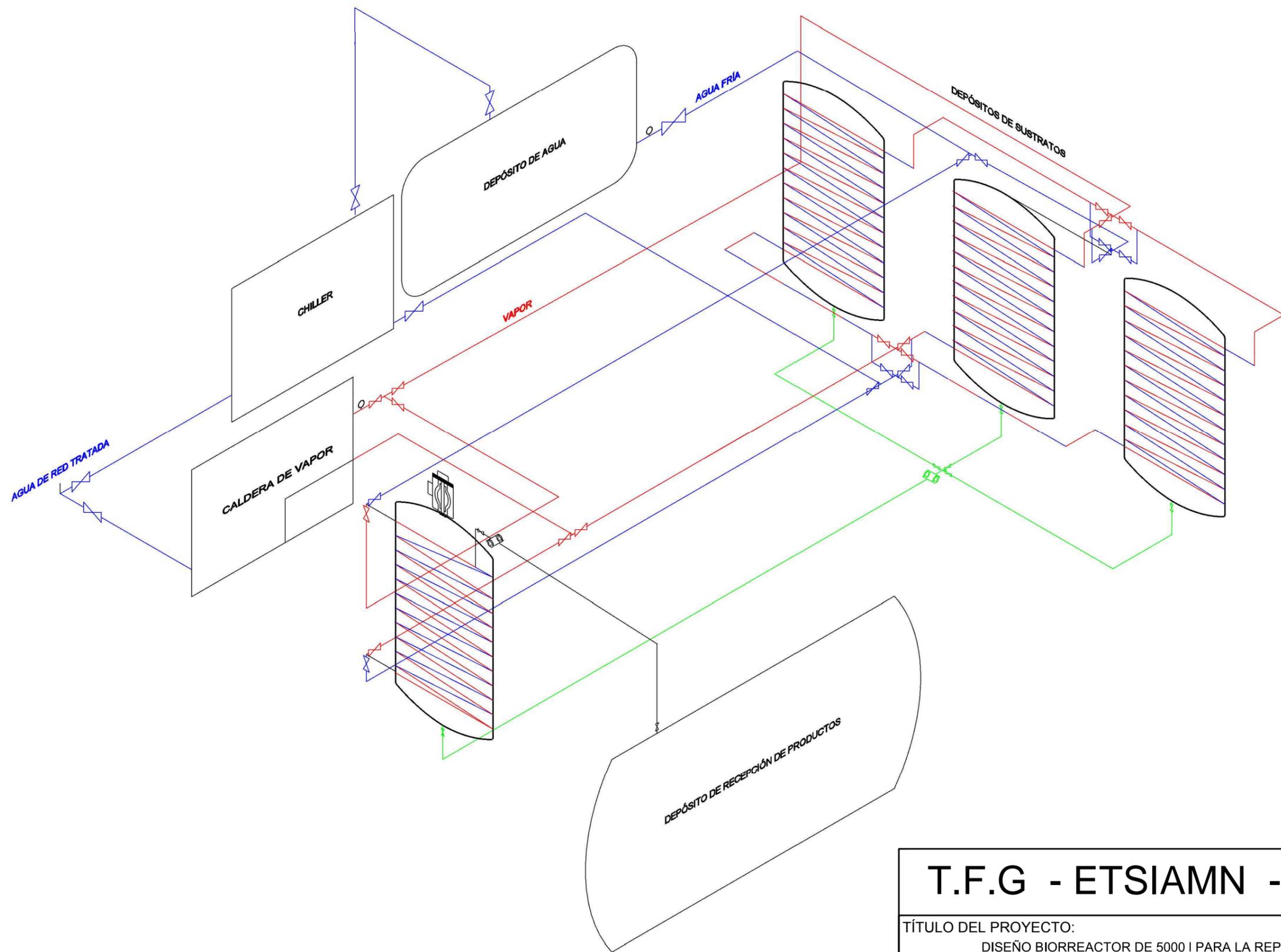
T.F.G - ETSIAMN - UPV



TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO BIORREACTOR DE 5000 l PARA LA REPRODUCCIÓN DEL ALGA ISOCHRYSIS GALBANA
COMO GENERADORAS DE ACEITE APROVECHABLE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

TÍTULO: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PLANO N°: 3
------------------------------------	----------------

FECHA: 29/07/2016	ESCALA: 1/40	AUTOR DEL PROYECTO : FRANCISCO COLLADO POVEDA FIRMA:
----------------------	-----------------	---



T.F.G - ETSIAMN - UPV		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
TÍTULO DEL PROYECTO: DISEÑO BIORREACTOR DE 5000 l PARA LA REPRODUCCIÓN DEL ALGA ISOCHRYSIS GALBANA COMO GENERADORAS DE ACEITE APROVECHABLE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL		
TÍTULO: SISTEMA DE DESINFECCIÓN		PLANO N°: 4
FECHA: 29/07/2016	ESCALA: 1/50	AUTOR DEL PROYECTO : FRANCISCO COLLADO POVEDA FIRMA:

DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE CONDICIONES

**DISEÑO DE UN BIORREACTOR DE 5000L PARA LA REPRODUCCIÓN DE LA
MICROALGA**

***ISOCHRYSIS GALBANA*, COMO GENERADORAS DE ACEITE UTILIZABLE PARA LA
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.**

ALUMNO: FRANCISCO COLLADO POVEDA

VALENCIA, JULIO 2016

ÍNDICE

1. OBJETO Y ALCANCE DEL PLIEGO	1
2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	2
3. FASE DE FABRICACIÓN	3
3.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	3
3.1.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....	3
3.1.2 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.....	5
3.1.3 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.....	8
3.1.4 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL.....	9
3.2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.....	10
3.2.1 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....	10
3.2.2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.....	21
3.2.3 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.....	21
3.2.4 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES DE ÍNDOLE LEGAL.....	27

1. OBJETO Y ALCANCE DEL PLIEGO

El pliego de condiciones tiene como objetivo definir las obras a realizar en la instalación del biorreactor, además es el encargado de fijar las condiciones económicas y técnicas que han de regir en la realización de las obras del proyecto.

Dicho pliego establece las condiciones que cumplirán los equipos, materiales e instalaciones eléctricas para alimentación, protección y control de los circuitos eléctricos y receptores asociados, conectados a tensiones definidas como bajas en los Artículos 3 y 4 del “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, vigente, con destino a instalaciones.

Se considerará para la realización de las obras la memoria y planos establecidos en cada caso en el proyecto.

Si alguna cosa hubiera sido olvidada se regirá por los reglamentos y normas oficialmente vigentes.

En todo caso, el contratista encargado de la instalación del sistema del biorreactor debe ejecutar todo aquello que, sin separarse del espíritu general del proyecto y de las prescripciones de este pliego de condiciones, ordene el ingeniero director de las obras para la buena marcha de la construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se hallen taxativamente descrito y detallado en el presente pliego.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Para la descripción de las obras, este pliego se remite al conjunto del proyecto, es decir, la memoria, presupuesto y planos.

Serán objeto de las normas y condiciones facultativas que se dan en este pliego de condiciones todas las obras incluidas en el documento presupuesto, abarcando a todos los oficios y materiales que en ellas se emplean.

Las obras se ajustarán a los planos y presupuesto, resolviéndose cualquier discrepancia que pudiera existir por el ingeniero director.

No se considerarán como mejoras ni modificaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido expresamente, y por escrito, ordenadas por la dirección de las obras, y cuyo precio haya sido convenido antes de proceder a su ejecución.

El contratista cuidará de la perfecta conservación y reparación de las obras, subsanando cuantos menoscabos, ya sean accidentales, intencionados o producidos por el uso natural, aparezcan en la obra, de modo que al hacer su recepción definitiva se encuentren en estado de conservación y funcionamiento completamente aceptables a juicio de la dirección de la obra, sin que pueda alegarse que las instalaciones hayan estado o no en servicio.

Deberá proceder al arreglo, reparación o reposición de cualquier elemento constitutivo de la instalación, sea de la clase que fuese, que haya sufrido menoscabo en su aspecto, funcionamiento, fijación o estructura resistente.

La Dirección decidirá si el elemento afectado puede ser arreglado o reparado o bien totalmente sustituido por otro nuevo, teniendo que ser aceptada plenamente su decisión.

Estarán a cargo de la contrata todos los trabajos de vigilancia, revisión y limpieza del biorreactor y las instalaciones eléctricas.

3. FASE DE FABRICACIÓN

3.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

3.1.1 Pliego de condiciones generales de índole técnica

Disposiciones generales de aplicación en el proyecto:

- Ley de Contratos del Estado de 8 de abril de 1965 y su modificación de 17 de marzo de 1973, con su Reglamento de 25 de noviembre de 1975.
- Todos los artículos e instrucciones técnicas complementarias contenidos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RE de BT), vigente, que le sean aplicables.
- Los equipos y materiales cumplirán en cuanto a su fabricación y ensayos, con la última edición de UNE (Una Norma Española) publicada por la Asociación Española de Normalización (AENOR), referente al equipo o material especificado. A falta de norma UNE para un equipo concreto se aplicará la norma europea más exigente.
- Directiva de “seguridad en las máquinas”, 89/392/CEE. Modificaciones y adiciones. Directivas 91/368/CEE, 94/44/CEE, 93/68/CEE y 97/37/CEE.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/95).
- Reglamento de los servicios de prevención (RSP)(R.D. 39/97).
- Orden de desarrollo del RSP (27/6/97)
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (R.D.485/97 DE 14/4/97).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (R.D. 486/97 DE 14/4/97).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores (R.D. 487/97).

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual (R.D. 773/97).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (R.D. 1215/97).
- Ordenanza general de higiene y seguridad en el trabajo (O.M. DE 9/3/71). Exclusivamente su capítulo VI, y art. 24 y 75 del capítulo VII.
- Reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo (OM de 31/1/40). Exclusivamente su capítulo VII.
- R.D. 1316/89 sobre el ruido.
- Norma UNE 81 002 85 Protectores auditivos. Tipos y definiciones.
- Norma UNE 81 101 85 Equipos de protección de la visión. Terminología. Clasificación y uso.
- Norma UNE 81 200 77 Equipos de protección personal de las vías respiratorias. Definición y clasificación.
- Norma UNE 81 208 77 Filtros mecánicos. Clasificación. Características y requisitos.
- Norma UNE 81 250 80 Guantes de protección. Definiciones y clasificación.
- Norma UNE 81 304 83 Calzado de seguridad. Ensayos de resistencia a la perforación de la suela.
- Convenio n° 119 de la OIT de 25/6/63 sobre protección de maquinaria. Ratificado por instrucción de 26/11/71.(BOE de 30/11/72).
- Convenio n° 155 de la OIT de 22/6/81 sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo. Ratificado por instrumento publicado en el BOE de 11/11/85.
- Convenio n° 127 de la OIT de 29/6/67 sobre peso máximo de carga transportada por un trabajador. (BOE de 15/10/70).

Cualquier instrucción, pliego o norma de toda índole que haya sido promulgada por la administración, ya sea central, autonómica o local, con anterioridad a la fecha de licitación, y que sea de aplicación en los trabajos a realizar, serán de obligado cumplimiento por el contratista, tanto si están como si no están en la relación anterior.

Si se produjera alguna diferencia de grado entre lo indicado en una prescripción de este pliego y lo de otra prescripción análoga contenida en las disposiciones generales mencionadas, será de aplicación la más exigente de ellas.

3.1.2 Pliego de condiciones generales de índole facultativa

Artículo 1: Relaciones legales y responsabilidades frente a terceros

El contratista deberá obtener todos los permisos y licencias que se precisen para la ejecución de las obras, excepto aquellos que por su naturaleza o rango (autorizaciones para disponer de los terrenos precisos para las obras del proyecto, servidumbres permanentes, etc.) sean competencia de la administración.

La señalización de las obras durante su ejecución será de cuenta del contratista que, así mismo, estará obligado a balizar, estableciendo incluso vigilancia permanente en aquellos lugares o zonas que, por su peligrosidad, puedan ser motivo de accidentes, en especial las zanjas abiertas y los obstáculos en carreteras o calles. Asimismo, será de cuenta del contratista las indemnizaciones y responsabilidades a que hubiera lugar, por los perjuicios ocasionados a terceros como consecuencia de accidentes debidos a la insuficiente o defectuosa señalización.

El contratista, bajo su responsabilidad y a su cargo, asegurará el tráfico en todo momento durante la ejecución de las obras, bien por las calles o carreteras existentes o por las desviaciones que sean necesarias realizar, atendiendo en todo caso a la conservación de las vías utilizadas en tales condiciones, que el tráfico se pueda asegurar dentro de unas exigencias mínimas de seguridad.

Asimismo, correrán a cargo del contratista todos aquellos gastos que se deriven de daños o perjuicios a terceros, con motivo de las operaciones que requieran la ejecución de las obras, (interrupciones de servicios, quebranto en bienes, establecimiento de almacenes, explotación de préstamos, talleres, depósitos de materiales y maquinarias y, en general, cuantas operaciones que, no hallándose comprendidas en el precio de la unidad de obra correspondiente, sea necesario para la realización del trabajo) o que se deriven de una actuación culpable o negligente del mismo.

Artículo 2: Subcontrato y destajo de obras

Con independencia de lo que establece el vigente reglamento general de contratación, el presente pliego limita al veinticinco por ciento (25%) del valor total del contrato, la obra que el contratista pueda subcontratar o destajar sin autorización de la dirección de las obras, pudiendo ésta decidir en cualquier momento la exclusión de un subcontratista o destajista por incompetencia o por no reunir las condiciones necesarias para el trabajo propuesto, teniendo el contratista, en ese caso, que rescindir el subcontrato o destajo y reanudar inmediatamente los trabajos afectados.

Artículo 3: Legislación social

El contratista está obligado al cumplimiento de toda la legislación vigente que regulan las relaciones laborales, entre trabajadores y empresas, seguridad e higiene en el trabajo.

Artículo 4: Protección de la industria nacional

El contratista está obligado al cumplimiento de toda la legislación vigente sobre protección a la industria nacional y fomento del consumo de artículos nacionales.

Artículo 5

El contratista responde como patrono del cumplimiento de todas las leyes y disposiciones laborales vigentes, y de cuanto figura en el reglamento de seguridad e higiene en el trabajo.

Artículo 6

El incumplimiento en el plazo de ejecución de la obra por parte del contratista, obligará a éste a abonar la dirección facultativa los gastos que por éste motivo de incumplimiento le ocasione.

Artículo 7

Una vez aceptado y pactado un plazo de ejecución para la obra por parte del contratista, no será en ningún modo causa justificada de retraso e incumplimiento del mencionado plazo una deficiente información, localización o acopio de los materiales necesarios para la construcción, así como la correspondiente previsión de personal para la ejecución de los trabajos a los que se ha comprometido.

Artículo 8

El contratista aceptará las modificaciones en el orden de los trabajos que le imponga la dirección facultativa, sin modificar los precios y los plazos de las unidades afectadas.

Si el contratista se considera gravemente perjudicado por el orden establecido, deberá hacer constar por escrito a la dirección facultativa en un plazo máximo de tres días hábiles contados a partir de la fecha de la orden.

La dirección facultativa considerará la propuesta del contratista en el conjunto de las obras, pasando a tomar decisión.

Artículo 9

El contratista efectuará los trabajos objeto de este proyecto ajustándose a las instrucciones que en cada momento reciba de la dirección facultativa, obligándose a cumplir sus órdenes e indicaciones y a ejecutar cuanto sea necesario para la inmejorable construcción y aspecto de las obras.

Artículo 10

A estos efectos, existirá en las oficinas de las obras un libro de órdenes, en el cual quedarán escritas, por parte de la dirección facultativa, todas las órdenes que se precisen para la buena ejecución de los trabajos.

El cumplimiento de estas órdenes, expresadas en el citado libro, es tan obligatorio para la contrata como las órdenes que figuran en el proyecto, por lo que deberán llevar el enterado con la firma del jefe de obra.

Artículo 11

Durante el transcurso de la obra se realizarán análisis y ensayos de materiales de las distintas partes construidas, cuyo gasto correrá a cargo del contratista. Estos ensayos serán ordenados en aquellas partes y fechas que se estimen convenientes por la dirección facultativa.

Siendo rechazados todos los materiales que a juicio de la dirección facultativa no presenten las debidas garantías y calidades convenientes, aun cuando se compruebe una vez colocados.

Artículo 12

Los gastos que se produzcan por cambio, rechazo, etc., de dichos materiales serán por cuenta del contratista, así como los retrasos que se produzcan por tal causa no serán excusa ni justificación para el incumplimiento del plazo convenido.

Artículo 13

El consumo de agua y energía eléctrica, así como los gastos que originan las gestiones de organismos, acometidas, instalaciones, etc. para la ejecución de la obra serán por cuenta del contratista, y no producirán repercusión alguna en los precios del presupuesto aceptado.

3.1.3 Pliego de condiciones generales de índole económica

Artículo 1

Todas las obras e instalaciones se ejecutarán con entera sujeción a los planos del proyecto, a cuanto se determina en este pliego, a los estados de medición y cuadro de precios del presupuesto, que la dirección pueda dictaminar en cada caso particular.

Artículo 2

El plazo de garantía será de un año, siendo en este periodo por cuenta del contratista las obras de conservación y reparación de las obras en contrata.

Artículo 3

Junto con el presupuesto de las obras a realizar, el contratista viene obligado a adjuntar una lista de los precios de materiales comunes, de medio auxiliares ordinarios y de mano de obra que le puedan ser solicitados para posibles trabajos por administración, así como para ayudas de montaje.

Artículo 4

Caso de aumentar durante la ejecución de las obras el volumen de las mismas, seguirán vigentes los precios ofertados en el presupuesto inicial para las unidades de obra iguales. Para unidades de obra nuevas, no ofertadas inicialmente, se confeccionará el correspondiente precio contradictorio,

que se someterá a la dirección facultativa y no se ejecutará la unidad sin su aprobación previa. Los precios contradictorios tendrán como base los precios unitarios que sirvieron de base para la adjudicación de la obra.

Artículo 5

La dirección facultativa podrá suprimir o modificar las unidades de obra que crea convenientes, en ambos casos el contratista no tendrá derecho a reclamación alguna, salvo que tratándose de modificación podrá pasar el correspondiente precio contradictorio para su aprobación.

Artículo 6

Una vez recibida y aceptada la oferta del contratista, no serán motivo de precio contradictorio los precios ya aceptados de la misma que pretendan por parte del contratista ser modificados por causas imputables a deficiencia en la información, localización, calidad u otros datos que se supone deba el contratista tener en cuenta cuando confeccionó su oferta.

Artículo 7

La empresa fabricadora se obliga a tener un técnico presente permanentemente, que pueda recibir y cumplir en todo momento todo aquello que la dirección facultativa estime conveniente, siendo la empresa la única responsable de la ejecución de las obras, no teniendo derecho a indemnización alguna por erradas maniobras que cometiese durante la fabricación.

3.1.4 Pliego de condiciones generales de índole legal

Artículo 1

Los siguientes documentos contractuales quedan incorporados al contrato:

- Planos
- Pliego de condiciones
- Presupuesto
- Memoria
- Anejos a la memoria

Lo mencionado en el pliego de condiciones y omitido en los planos o viceversa habrá de ser ejecutado como si estuviera en ambos. En caso de contradicción entre ambos documentos, prevalecerá lo previsto en el pliego de condiciones.

Las omisiones en los planos y pliego, o las descripciones erróneas de los detalles de instalaciones que sean indispensables para llevar a cabo la intención expuesta en planos y pliego, o que por su uso y costumbre deban ser realizados, no exime al contratista de la obligación de ejecutar esos detalles de instalaciones erróneamente descritos en los planos y omitidos, sino que deberán ejecutarse.

Artículo 2

La dirección, control y vigilancia de las obras e instalaciones estarán encargadas a uno o más ingenieros.

3.2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

3.2.1 Pliego de condiciones particulares de índole técnica

CALIDAD DE LOS MATERIALES

Para el suministro de los materiales necesarios para la ejecución del proyecto, deberá atenerse a las especificaciones técnicas existentes en la memoria.

A continuación se exponen las especificaciones que debe cumplir la instalación eléctrica del proyecto.

CONDUCTORES PARA BAJA TENSION: CABLES PARA INSTALACION EN INTERIOR DE EDIFICIOS 250 V, 300/500 V, 450/750 V, 0.6/7 KV

A. Tipos, normas de fabricación y aplicaciones

Los tipos y normas de fabricación del cable en instalaciones bajo tubo, en el interior de edificios, se seleccionan de acuerdo a lo indicado en el Apartado 1. ITC-MIBT 017 Instalaciones Interiores o Receptoras. Prescripciones de carácter general, en función de su aplicación.

Los conductos cumplirán la norma UNE 21022.

B. Dimensionamiento

Las intensidades máximas admisibles para los cables con aislamiento en seco, 250 V, 500 V y 750 V, para instalaciones interiores en edificios, se indican, para las mismas secciones, en la Tablas I y II de la ITC- MIBT 017 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, según sea el tipo de aislamiento y sistema de instalación. Cables: Tres fases. Tres fases más neutro (unipolares). Tres fases más neutro más protección (unipolares). Conductores de cobre, temperatura ambiente cuarenta grados centígrados (40°C), servicio permanente.

Estos conductores o cables se utilizarán en instalaciones bajo tubo protector y los coeficientes de corrección por agrupamiento y/o temperatura serán los indicados en el párrafo siguientes:

Factores de corrección para cables de 300,500,750 V:

- Cuando por un tubo o conducto hayan de pasar más de tres conductores unipolares, los valores de la intensidad máxima admisible, se reducirán aplicando los factores siguientes:

*De 4 a 7 conductores = 0.9

*Más de 7 conductores = 0.7

- Para el cómputo del número de conductores no se tendrá en cuenta el conductor de protección. En una instalación para suministro trifásico con neutro, el neutro tampoco se tomará en cuenta.
- Para temperatura ambiente diferente de cuarenta grados centígrados (40°C), se aplicarán los factores de la Tabla III, ITC-MIBT 017 Instalaciones interiores o receptoras y sus coeficiente sólo son aplicables en agrupamientos de cables de hasta 750 V de tensión nominal, instalados bajo tubo protector.

CABLES DE CONTROL

Los cables de control, para tensiones de 500 y 1000 V, están destinados a instalaciones fijas de control, aislados con policloruro de vinilo, goma etileno - propileno y/o polietileno reticulado, con o sin armadura metálica.

Cumplirán con la norma UNE-EN 61138, en su construcción y ensayos en fábrica. - Los conductos cumplirán con la norma UNE 21022. - Los aislamientos y cubiertas cumplirán con la norma UNE-EN 61032, según el tipo de aislamiento y cubierta utilizados en la ejecución del cable.

Todos los conductores serán de cobre norma UNE 20003. La sección mínima a utilizar será de uno y medio milímetros cuadrados (1.5 mm^2).

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

En toda instalación los circuitos incorporarán, en el propio cable o en el conducto, un conductor aislado, de color amarillo - verde, que en el sistema de puesta a neutro, se unirá a l neutro - tierra, antes del diferencial (en ningún caso después de éste).

La sección mínima del conductor de protección (C_p), será la indicada en la Tabla V, ITC-MIBT 017 Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones de carácter general.

MOTORES ELÉCTRICOS

La forma constructiva estará de acuerdo con DIN 42950 y se indicará en la hoja de datos del motor.

Serán construidos con protección mínima IP 54 y aislamiento clase B. En exteriores serán de ejecución intemperie.

En ambientes peligrosos los motores serán de diseño apto para la clasificación de la zona, lo cual se indicará en la hoja de datos del motor.

Cuando la compañía eléctrica alimenta en baja tensión, el arranque será directo para potencias menores de 10 CV (7.5 kW), previo acuerdo con ésta, y estrella - triángulo en potencias superiores.

En instalaciones de tipo industrial con centro de transformación propio, el arranque de todos los motores será en directo.

La intensidad de arranque en directo será menor que 6 In.

Su placa de características será de acero inoxidable, atornillada a la carcasa. Cuando tengan pesos de veinticinco kilos o mayores llevarán cáncamos de elevación.

En potencias mayores de 75 CV (55kW) llevarán resistencias anticondensación.

Salvo necesidades de montaje, su caja de conexión se situará a la derecha y la de conexión a resistencias a la izquierda, mirando al motor desde el acoplamiento.

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS EN CAJA MOLDEADA

Su construcción y ensayo responderán a la norma UNE 20103.

Se emplearán en la protección de líneas y en la protección de motores, colocados delante del contactor.

ARRANCADORES ESTRELLA-TRIANGULO

Su construcción y ensayos responderán a la norma UNE-EN 60947-4.

Se emplearán en el arranque de motores a tensión reducida (cuando no es admisible el arranque directo a plena tensión de red).

En general los contactores serán de categoría AC3.

Se aceptará el empleo de arrancadores electrónicos.

RELES TERMICOS

Su construcción y ensayos responderán a la norma UNE-EN 60255-8 y prescripciones de la norma UNE-EN 60947-4.

Se emplearán asociados a contactor para la protección térmica de motores.

Se emplearán relés térmicos de tipo diferencial para detectar cualquier desequilibrio (falta de fase). Cumplirán las normas UNE, CEI y/o NEMA.

PEQUEÑOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS (PIA) E ICPM

En su construcción y ensayos se cumplirán la norma UNE, los PIA y la recomendación UNESA 6101A y norma DIN 43880.

Abreviadamente son conocidos como PIA e ICPM y se emplearán para proteger a los conductores de una instalación contra sobrecargas y cortocircuitos. Su corte será omnipolar.

- En la línea monofásica se empleará bipolar, con un polo protegido y neutro seccionable.
- En línea bifásica o de corriente continua, se empleará bipolar, con dos polos protegidos.
- En línea trifásica sin neutro se empleará tripolar.
- En línea trifásica con neutro se empleará tetrapolar, con tres polos protegidos y neutro seccionable.

CORTACIRCUITOS FUSIBLES

En su diseño, construcción y ensayo, cumplirán la norma UNE-EN 60269-2/A1: 1998 (usos industriales) o la norma UNE-EN 60269-3:1996 (usos domésticos y análogos).

Se emplearán las clases siguientes:

- Clase g para protección de líneas contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Clase aM de acompañamiento para uso exclusivo de protección contra cortocircuitos asociados a aparatos de protección contra sobrecargas, tales como interruptores, contactores con relé térmico diferencial, etc. Se emplean en la protección de motores.

Los tipos de fusibles a emplear serán de cartucho cilíndrico y de cuchillas (NH).

Se emplearán colocados en interruptores - seccionadores bajo carga (UNE-EN 60947-3/A2: 1998), en cajas seccionadoras y sobre bloques unipolares, bipolares o tripolares.

TOMAS DE CORRIENTE PARA FUERZA DE USO INDUSTRIAL

En su diseño, construcción y ensayos cumplirán con las normas siguientes:

- UNE-EN 60309-1:1993 Tomas para usos industriales y análogos.

-UNE 20324 Grado de protección de su envolvente.

La caja será IP55, según UNE 20324

Se utilizarán tomas combinadas 380-220 V, que dispondrán de:

- 1 toma III 32A-380 V con p. a. t.
- 1 toma II 16A-220 V con p. a. t.
- o bien de 4 tomas II, 16A-220 V c. a. t

TOMAS DE ALUMBRADO.

Su construcción y pruebas responderán a la norma VDE 0717 o UNE 2031:1994

INTERRUPTORES Y CONMUTADORES DE ALUMBRADO

Su construcción y pruebas responderán a la norma UNE 20353.

CAJAS DE EMPALME O DERIVACIÓN

Serán de acero galvanizado, aleación ligera o PVC, según que el tubo empleado en la instalación sea metálico o de PVC.

El grado de protección será IP54, según UNE 20324.

Las roscas serán de tipo Pg DIN 40430 o UNE 19040.

En áreas clasificadas las cajas serán de fundición de aluminio, con el grado de protección IP54 para interior y IPW54 para intemperie, estando además de acuerdo con la clasificación de la zona, según la norma UNE 009 o según el NEC.

SISTEMA TN DE DOBLE PROTECCION: PUESTA A NEUTRO RAPIDA

En los circuitos de alimentación a cuadros, paneles, motores, considerados como circuitos de fuerza, se empleará el sistema de puesta a neutro, con conductor especial de protección (Cp) aislado, empleando simultáneamente interruptores diferenciales, como protección adicional. La

sensibilidad del diferencial será para una intensidad nominal de fallo $I_{NF} = 0.3 \text{ A}$ (300 mA). En casos excepcionales $I_{NF} = 0.5 \text{ A}$ (500 mA). Estos diferenciales actuarán en los siguientes puntos:

- Corte de línea de alimentación a cuadros
- Corte de las líneas de alimentación a motores

En el sistema de puesta a neutro rápida, se cumplirán los siguientes puntos:

- La red de alimentación cumplirá la ITC-MIBT008.
- Todas las masas de la instalación estarán unidas al neutro a través de un conductor de protección C_p (Párrafo 2.10, Apartado 2, ITC-MIBT021).
- La sección del conductor de protección será igual a la sección del neutro y como mínimo igual a las de la Tabla V de la ITC-MIBT017.
- Las secciones de las fases y el neutro, serán suficientes para que pueda circular por el circuito, como mínimo, la intensidad de reacción de los dispositivos contra sobrecorrientes, conectados inmediatamente antes del punto de fallo
- El neutro será aislado y se instalará en la misma canalización que las fases.
- Cuando el C_p se instale en la misma canalización, su montaje y características de aislamiento serán las mismas que las del neutro (Párrafo 2.10, Apartado 2, ITC-MIBT021).
- No está permitida la utilización de un neutro, puesto a tierra, común a varios circuitos, excepto en las barras distribuidoras.
- El C_p de las líneas y cables aislados, será de color amarillo con franja verde.
- Los conductores de fase se identificarán, en el cable o conducto, por los colores siguientes: Fase R, negro; Fase S, marrón; Fase T, gris (Párrafo 6.3, Apartado 6, ITC-MIBT023).
- Los neutros puestos a tierra no se podrán desconectar por separado. Cuando se desconecten, conjuntamente con las fases, la pieza de contacto deberá adelantarse a las otras al conectar y retrasarse al desconectar (VDE 100).

- La división del neutro puesto a tierra en neutro y conductor de protección, se realizará en la caja o cuadro general de distribución (CGD), donde también se encontrará la conexión a la toma de tierra de servicio. Queda terminantemente prohibido unir ambos conductores (neutro y Cp), después de la división y volver a poner a tierra el neutro posteriormente a dicha división (VDE 0100).

- Toda unión de neutro y Cp se realizará antes del primer diferencial (VDE 0100).
Este sistema de protección hace que los defectos francos de aislamiento (defectos a masa), se transformen en cortocircuitos entre fase y neutro (puesto que neutro y Cp están unidos), provocando el funcionamiento de los dispositivos de corte (fusibles y disyuntores) y en consecuencia la puesta en fuera de servicio de la instalación (Párrafo 2.10, Apartado 2, MIBT021).

- Los relés diferenciales serán de media sensibilidad y se utilizarán según convenga en cada caso, para dar únicamente señal de alarma o para provocar un disparo, si la corriente de defecto alcanza el umbral de sensibilidad del aparato (Párrafo 2.8, Apartado 2, MIBT021).

- El sistema de puesta a neutro rápida (el diferencial da orden de disparo) se empleará, siempre que sea necesaria una reducción del tiempo de desconexión, respecto a la puesta a neutro habitual (el diferencial da sólo señal de alarma).

- Los criterios particulares de empleo de sistema de puesta a neutro normal o rápida serán fijados en el proyecto de diseño de la instalación, de común acuerdo con la compañía distribuidora de energía y con el delegado de industria de la zona (Párrafo 2.10, Apartado 2, MIBT021; Párrafo 1.2, Apartado 1, MIBT012; Párrafo 4.2, Apartado 4, MIBT023).

PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN

De la barra general de distribución de puesta a tierra (p. a. t.), situada en la caja general de distribución o cuadro general de distribución, partirán los Cp para dar tierra de protección a los cuadros eléctricos.

Se dará tierra de protección a envolventes, puertas y demás elementos metálicos no activos.

Desde los cuadros se distribuirá hacia los receptores (motores, luminarias, tomas de corriente, tomas de fuerza y otros equipos), para dar tierra de protección a sus envolventes y partes metálicas no activas.

Se llevarán líneas para dar tierra de protección a estructuras metálicas accesibles, armaduras de muros, columnas y soportes de hormigón armado, tuberías, depósitos metálicos, calderas, radiadores, etc.

Se dará tierra a carcasas de motores.

Se llevarán líneas desnudas para dar tierra a pararrayos y antenas.

En ningún caso se usará la continuidad metálica de una estructura o canalización, como línea de tierra, por lo que el Cp deberá ser continuo a lo largo de su recorrido, realizándose las oportunas conexiones en cada tramo de la canalización.

Se llevará tierra de protección independiente a los servicios informáticos.

NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Los materiales cumplirán con las especificaciones de la norma UNE que les correspondan y que sean señaladas como de obligado cumplimiento en la Instrucción MI BT 044. La ejecución de las instalaciones se hará de acuerdo con lo indicado en la siguiente Instrucción Técnica Complementaria contenida en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión :

INSTRUCCIÓN MIE BT 018. INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. Sistemas de instalación.

La instalación se repartirá en circuitos separados según el tipo de servicio (fuerza, alumbrado, calefacción, aire acondicionado, control, etc.).

Las líneas se podrán revisar con facilidad.

Se evitará que por accidente, pueda tocarse una superficie metálica simultáneamente con un elemento no aislado conductor de corriente (barras, cables desnudos, partes metálicas de interruptores, enchufes, etc.).

Se evitará el cruce de conductores con tuberías así como con distribuciones eléctricas a las que no pertenecen.

Se prohíbe colgar armaduras de alumbrado y otros materiales o equipos utilizando, para ello, conductores que lleven o puedan llevar corriente en su uso normal de operación.

Se prohíbe el uso de pinzas como elementos de toma de corriente.

En instalaciones empotradas, las cajas de derivación se colocarán de forma que sus tapas queden al nivel del enlucido con una tolerancia de ± 1 mm.

Los tubos llegarán, justamente, a la entrada de la caja, abrazándose a su pared mediante tuerca y contratuerca.

No se admitirán empalmes en el interior de los tubos; éstos se realizarán en el interior de las cajas, empleando para ello, regletas de bornas o conectores apropiados, no admitiéndose los empalmes por torsión de los cables con envoltura de cinta aislante.

El radio de los codos será tal que permita introducir y retirar, fácilmente los conductores después de colocados los tubos. Para introducir los conductores en los tubos, han de ser previamente entalcados.

Si la corriente es alterna y el tubo empleado es de material magnético, será necesario que los hilos de un mismo circuito utilicen un solo tubo.

En toda instalación se preverá un conductor de protección (Cp) (independiente del neutro), aislado con PVC amarillo – verde, para conectar la masa metálica de todos los aparatos cuyo uso se deba proteger.

Queda prohibido utilizar, como toma de tierra, las tuberías de agua.

En enlaces de características especiales, se tendrán en cuenta las normas establecidas para el tipo de local de que se trate.

3.2.2 Pliego de condiciones particulares de índole facultativa

Artículo 1

La dirección facultativa se reservará el derecho de exigir el orden de ejecución de los distintos trabajos, a fin de conseguir una mejor coordinación entre las diversas actividades que pueden concurrir en un punto o zona de la obra.

Asimismo, también se reservará el derecho de exigir al contratista el despido de cualquier trabajador por faltas de respeto, mal comportamiento en el trabajo, imprudencia temeraria capaz de producir accidentes o por incompetencia.

Artículo 2

Si a juicio de la dirección facultativa tuviera que volver a realizarse una instalación defectuosa ejecutada, el tiempo empleado en estos trabajos no se computará a efectos de plazo de ejecución de la obra, tanto en planning parcial como total.

Artículo 3

Para la ejecución de la instalación del sistema de biorreactor se atenderá a lo indicado en el presente proyecto y a las órdenes dictadas por la dirección facultativa.

3.2.3 Pliego de condiciones particulares de índole económica

CONDICIONES DE EJECUCION Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA METALICA

RECONOCIMIENTOS, ENSAYOS Y PRUEBAS

Todos los materiales serán de marcas de calidad, y sus características se ajustarán a lo especificado por la reglamentación vigente, a lo especificado en los documentos del proyecto, en el presente Pliego de Condiciones Particulares y a las indicaciones que en su caso exprese la Dirección Facultativa. Los reconocimientos, ensayos y pruebas de los materiales que se consideren oportunos para comprobar si reúnen las condiciones de calidad fijadas en el presente Pliego tendrán que determinarlos el Ingeniero-Director quién podrá rechazar los materiales defectuosos y ordenar su sustitución. La empresa que realice el suministro y montaje de la estructura metálica deberá presentar, para su examen y aprobación por el Ingeniero-Director, modelos de los diferentes elementos y accesorios a emplear en la instalación, que deberán

ajustarse a las condiciones y a las especificaciones del presente proyecto y a las calidades exigidas. Los modelos quedarán almacenados como muestras y durante la ejecución de las obras no se emplearán bajo ningún concepto materiales de distinta calidad a las muestras sin la aprobación del Ingeniero-Director. Cuando los datos anteriores no ofrecieran garantía suficiente, se intensificará el control de calidad del acero mediante:

- Ensayo de tracción con el límite elástico, tensión de rotura, alargamiento de rotura, módulo de elasticidad, y registro diagrama de cargas deformación.

- Ensayo de plegado simple -Determinación del valor de resiliencia.

CONTROLES DE RECEPCIÓN DE LOS MATERIALES Y CONDICIONES DE SUMINISTRO.

Se comprobará mediante los documentos suministrados con los materiales y productos fabricados, que éstos coinciden con los pedidos. Si no se incluye una declaración del suministrador de que los productos o materiales cumplen con el presente Pliego de Condiciones, se tratarán como productos o materiales no conformes. La recepción de los materiales tiene, en todo caso, carácter provisional hasta que se compruebe su comportamiento en la obra y no excluye al Contratista de sus responsabilidades por encima de la calidad de los mismos, que subsistirá hasta que sean definitivamente recibidas las obras en las que hayan sido utilizados. Los materiales no especificados en el presente Pliego y que deban ser utilizados en la obra, serán de probada calidad, teniendo que presentar el Contratista, para recaudar la aprobación del Ingeniero Director, cuantos catálogos, muestras, informes y certificados de los correspondientes fabricantes se estimen necesarios. Si la información no se considera suficiente, se podrán exigir los ensayos oportunos de los materiales a utilizar. El Ingeniero-Director podrá rechazar aquellos materiales que no reúnan, a su juicio, la calidad y condiciones necesarias para la finalidad a la que deban ser destinados, de acuerdo con lo anteriormente estipulado.

ACERO LAMINADO

Con el certificado de garantía de la factoría siderúrgica podrá prescindirse, en general, de los ensayos de recepción, a no ser que el Pliego de Condiciones Técnicas Particulares los imponga. En caso de no estar previsto en el Pliego de Condiciones Particulares, el Director de las obras podrá, a la vista del material suministrado, ordenar la toma de muestras y la ejecución de los ensayos que considere oportunos, con la finalidad de comprobar alguna de las características exigidas al material.

OPERACIONES PREVIAS

Corte: se realizará por medio de herramientas adecuadas como sierra, cizalla, oxicorte automático y, solamente si este no es posible, oxicorte manual; Se aceptarán cortes obtenidos directamente por oxicorte siempre que no tengan irregularidades significativas y se hayan eliminado los restos de escoria, especificándose las zonas donde no es admisible material endurecido tras procesos de corte, como por ejemplo: Cuando el cálculo se base en métodos plásticos. A ambos lados de cada rótula plástica en una distancia igual al canto de la pieza. Cuando predomine la fatiga, en chapas y llantas, perfiles laminados, y tubos sin costura. Cuando el diseño para esfuerzos sísmicos o accidentales se base en la ductilidad de la estructura.

Conformado del material: el acero se doblará, prensará o forjará hasta que adopte la forma requerida, utilizando para ello procesos de conformado (en caliente o en frío) y siempre que las características del material no queden por debajo de los valores especificados; siendo los radios de acuerdo mínimos, para el conformado en frío, los especificados en el apartado 10.2.2 del documento CTE-DB-SE-A. Para el conformado en caliente se seguirán las recomendaciones del productor siderúrgico. El conformado se realizará con el material en estado rojo cereza, manejando de forma adecuada la temperatura, el tiempo y la velocidad de enfriamiento. No se permitirá el doblado o conformado en el intervalo de calor azul (250°C a 380°C), ni para aceros termomecánicos o templados y revenidos, salvo que se realicen ensayos que demuestren que, tras el proceso, siguen cumpliendo los requisitos especificados en el presente Pliego de Condiciones. Se podrá emplear la conformación mediante la aplicación controlada de calor siguiendo los criterios del párrafo anterior. Se permite el conformado en frío, pero no la utilización de martillazos.

Perforación: los agujeros se realizarán por taladrado u otro proceso que proporcione un acabado equivalente. Queda prohibida su ejecución mediante soplete o arco eléctrico. Se admite el punzonado en materiales de hasta 25 mm de espesor, siempre que su espesor nominal no sea mayor que el diámetro nominal del agujero (o su dimensión mínima si no es circular). Cuando la estructura deba estar sometida a cargas predominantemente estáticas, el diámetro del agujero será por lo menos igual a vez y media (1,5) el espesor, y se adopten las medidas oportunas para la coincidencia de los agujeros que deban corresponderse, se podrá efectuar el punzonado al tamaño definitivo, con tal de utilizar un punzón que ofrezca garantías de lograr un agujero de borde cilíndrico, sin grietas ni fisuras. En caso contrario, se punzonarán los agujeros con un diámetro máximo inferior en tres milímetros (3 mm) al definitivo, rectificándolos mediante escariado mecánico posterior; es preferible el realizar esta segunda operación después de unidas las piezas que han de roblarse juntas y fijadas, mediante tornillos provisionales, en su posición relativa definitiva. Análogamente, se procederá con los agujeros taladrados cuando haya de rectificarse su coincidencia. Queda terminantemente prohibido el uso de la broca

pasante para agrandar o rectificar los agujeros. Los agujeros destinados a alojar tornillos calibrados se ejecutarán siempre con taladro, cualesquiera que sean su diámetro y los espesores de las piezas a unir. Siempre que sea posible, se taladrarán de una sola vez los agujeros que atraviesen dos o más piezas, después de armadas, engrapándolas o atornillándolas fuertemente. Después de taladradas las piezas y antes del ensamblaje, se separarán para eliminar las rebabas, no siendo necesario separar las diferentes partes cuando los agujeros están taladrados en una sola operación a través de dichas partes unidas firmemente entre sí.

UNIONES Y EMPALMES

No se permitirán otros empalmes que los indicados en los Planos y en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares o, en casos especiales, los señalados en los planos de taller aprobados por el Ingeniero-Director. Se procurará reducir al mínimo el número de uniones en obra, a tal efecto, el Contratista estudiará, de acuerdo con el Ingeniero-Director, la conveniente resolución de los problemas de transporte y montaje que aquella reducción de uniones pudiera acarrear. Tanto en las estructuras roblonadas como en las soldadas, se aconseja realizar atornilladas las uniones definitivas de montaje. Los tornillos serán de alta resistencia cuando se trate de estructuras sometidas a cargas dinámicas.

SOLDADURA

El proceso de soldadura a aplicar a las uniones deberá estar incluido entre la siguiente relación y ser acorde con la definición indicada en UNE-EN 24063.

111. Soldeo por arco eléctrico manual con electrodo revestido. 114. Soldeo pro arco con hilo tubular si protección gaseosa.

121. Soldeo pro arco sumergido con hilo.

122. Soldeo pro arco sumergido con electrodo desnudo.

131. Soldeo pro arco con gas inerte. MIG.

135. Soldeo por arco con gas activo. MAG.

136.Soldeo por arco con hilo tubular, protección con gas activo.

137. Soldeo con arco con hilo tubular, protección con gas inerte.

141. Soldeo con electrodo de wolframio y gas inerte.

TIG. 781. Soldeo pro arco de conectadores.

Cuando así lo estime necesario el Ingeniero-Director de la obra, el Contratista presentará y proporcionará al personal encargado, un “Plan o memoria de soldeo” que figurará en los planos

de taller, con todos los detalles de la unión, las dimensiones y tipo de soldadura, la secuencia de soldeo, las especificaciones sobre el proceso y las medidas necesarias para evitar el desgarro laminar, detallando las técnicas operatorias a utilizar dentro del procedimiento o procedimientos elegidos. Si no se utiliza un proceso de soldeo cualificado por ensayo durante más de tres años, se inspeccionará una probeta de una prueba de producción para que sea aceptado. Se realizarán ensayos para procesos totalmente automáticos, soldeo de chapas con imprimación en taller ó con penetración profunda. En el último caso señalado, así como si se emplea el soldeo con doble pasada por ambos lados sin toma de raíz, se ensayará una probeta cada seis meses

CONDICIONES DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS. PRUEBAS REGLAMENTARIAS

CONDICIONES GENERALES

Todos los equipos y materiales tienen que cumplir las normas especificadas, para cada uno de ellos, en este pliego de condiciones técnicas generales (PCTG), así como superar las pruebas y/o ensayos que en este apartado se determinan. Las tolerancias admisibles, en las características de funcionamiento de cada uno de los elementos de instalación, serán las previstas en las normas UNE correspondientes, y en su defecto en las normas VDE.

El incumplimiento de las normas indicadas y/o el resultado negativo en los ensayos de equipos y materiales será motivo suficiente para la descalificación del equipo, material o instalación. El adjudicatario estará obligado a sustituir aquellos elementos, cuya fabricación presente defectos estructurales, o cuyas características de funcionamiento queden fuera de las tolerancias expresadas en las normas correspondientes, sin cargo adicional alguno.

Finalizadas las obras, y como requisito previo a la recepción provisional de las mismas, se someterá a las instalaciones a las pruebas correspondientes, con objeto de verificar las características de funcionamiento de cada uno de los elementos, y de la instalación en su conjunto. Las verificaciones previas a la recepción de la obra tendrán por objeto:

- La comprobación de que la instalación cumple, como mínimo, las prescripciones de la reglamentación vigente, y las especificaciones de las instrucciones técnicas complementarias correspondientes.

- La verificación de la puesta en marcha correcta y la comprobación de las prestaciones de las instalaciones.
- La verificación del uso racional de la energía.
- La comprobación de ausencia de contaminación ambiental.
- La verificación del cumplimiento de las normas de seguridad.

Todas las pruebas reseñadas anteriormente se realizarán en presencia del director de la obra, el cual dará fe de los resultados por escrito.

PRUEBAS PARCIALES

Durante la ejecución de la obra, se realizarán pruebas parciales de control de recepción de todos los elementos que indique el director de la obra.

COMPROBACIONES EN CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Los espesores de pared no serán inferiores a dos milímetros (2 mm) en bandejas y a un milímetro (1 mm) en tubo eléctrico. Se comprobará el espesor y uniformidad del galvanizado en caliente de la bandeja que no tendrá, en ningún punto, valores inferiores a setenta micras (70μ), siendo su valor normal noventa micras (90μ). Para ensayar el galvanizado por inmersión en caliente, se practicarán cuatro inmersiones sucesivas en una disolución de sulfato de cobre (SO_4Cu), al veinte por ciento (20%). Transcurrido un tiempo no aparecerán manchas rojizas en la superficie galvanizada. Se ensayarán tres muestras elegidas al azar. Se comprobará que el espesor del galvanizado electrolítico o cadmiado no es inferior a veinte micras (20μ).

Se comprobará que los tubos de PVC, de pared gruesa, colocados al exterior (sin empotrar), tienen un espesor adecuado, para lo cual un procedimiento a emplear, que se considera válido, será el de comprobación de su peso por metro lineal y su espesor de pared, para los diferentes tamaños comerciales.

Los tubos deberán estar sujetos a intervalos no superiores a setenta y cinco centímetros (75 cm), en los tramos rectos, en tres puntos en las curvas y a no menos de treinta centímetros (0.30 m) de su entrada a cajas de PVC o equipos.

Las uniones deberán estar roscadas o cementadas mediante productos disolventes de PVC.

Se comprobará que los tubos de PVC, colocados en instalación superficial, son como mínimo de clase 5.

Por cada tubo sólo pasarán conductores de un mismo circuito.

Los tubos de PVC de pared fina, solamente son utilizados en instalación enterrada, con un recubrimiento de hormigón de lo menos cinco centímetros (5 cm) y en instalaciones de BT, no serán enterrados a menos de cincuenta centímetros (50 cm) de profundidad.

PRUEBAS DE CABLES

Protocolos de ensayo en fábrica de los cables

Una vez realizada la instalación y terminadas la pruebas de funcionamiento, el contratista entregará al director de obra los protocolos de ensayo en fábrica de los cables, de las bobinas utilizadas en la obra. Dichos ensayos comprenderán:

- Verificación del nivel de aislamiento.
- Resistencia de aislamiento a 20°C.
- Resistencia óhmica de los conductores.
- Ensayos mecánicos.
- Verificación de características físicas de los cables.

Medida de la resistencia eléctrica en cables en baja tensión, después de tendidos en obra

Para efectuar las medidas de continuidad se puentean dos conductores, de igual sección del cable a probar, en uno de sus extremos y se mide la resistencia del bucle así formado. Bastará dividir por dos el resultado encontrado, para obtener la resistencia de un conductor. Esta resistencia se comparará, después de referirla a un kilómetro y a 20°C, con la que el fabricante haya facilitado en el protocolo de ensayo en fábrica.

Medida de la continuidad eléctrica en cables en baja tensión, después de tendidos en obra

Para cables apantallados se unirá un extremo del conductor a la pantalla, comprobando la continuidad entre el otro extremo y la misma (al presionar instantáneamente el pulsador del MEGGER, la aguja tenderá a irse rápidamente hacia cero). Se repetirá la operación con todos los conductores del cable (la pantalla estará aislada de tierra al menos en uno de los extremos).

Para cables sin apantallar, se colocará a tierra un extremo del conductor a probar y se comprobará la continuidad entre el otro extremo y tierra.

Se indicará en el protocolo si el cable tiene bien la continuidad o si está cortado algún conductor.

Medida de la resistencia de aislamiento eléctrico en cables en baja tensión, después de tendidos en obra

Se usará el MEGGER de operación manual transistorizado (fuente de alimentación de batería) con tensiones de prueba de 250, 500, 1000 V, y con escalas de resistencia de 0-50, 0-100, 0-200 M Ω (megaohmios).

La prueba de aislamiento tendrá un minuto de duración. Para realizar la medida se seguirá el procedimiento siguiente:

- Abrir y etiquetar el interruptor de alimentación del cable que se va a probar cuando proceda.
- Localizar los dos extremos del cable que se va a probar.
- Asegurarse de que las puntas de los conductores, en cada extremos del cable, no se tocan unas con otras y que no están en contacto con equipos y/o tierra.
- Asegurarse de que los extremos del cable están continuamente vigilados durante la prueba, e impedir que personal no autorizado toque los cables durante la duración de ésta.
- Los cables estarán completamente terminados, listos para su conexión a regletas, motores, etc., pero no conectados.
- Cuando los cables sean armados y/o apantallados, se conectará a tierra su armadura y/o su pantalla.
- Conectar el MEGGER al cable de acuerdo con las instrucciones del fabricante del aparato.
- Registrar la temperatura ambiente, humedad relativa y condiciones de prueba.
- Probar cada conductor con respecto a cada uno de los otros y con respecto a tierra.
- Registrar los valores obtenidos en la hoja de pruebas, preparada para tal fin.

Los criterios de aceptación o rechazo, se tomarán por comparación de los resultados entre las distintas medidas efectuadas, sobre los mismos tipos de cables y con longitudes más o menos similares. Se considerará una resistencia de aislamiento mínima, para los cables, de 2M Ω , aunque en un cable en condiciones normales los valores de resistencia de aislamiento serán muy superiores.

PRUEBAS FINALES

Una vez finalizada la obra, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, y equilibradas y puestas a punto las distintas instalaciones, y cumplidas las exigencias que haya establecido el director de la obra, tales como limpieza, regularización de suministro de energía, etc., se realizarán las pruebas finales.

PRUEBAS ESPECÍFICAS

Como mínimo se realizarán las pruebas que se refieren al uso racional de la energía y a seguridad de la instalación, tales como:

- Comprobación del tarado de los elementos de seguridad.
- Medida de la resistencia de difusión del electrodo de tierra.
- Resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica.

PRUEBAS GLOBALES

Se realizarán como mínimo las siguientes pruebas globales:

Verificación de materiales y equipos: Se comprobará, por el director de la obra, que los materiales y equipos instalados se corresponden con los especificados en el proyecto, y contratados con la empresa instaladora, así como la correcta ejecución de su montaje.

CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

Una vez efectuada la recepción provisional de las instalaciones, el adjudicatario presentará un estudio para el mantenimiento y conservación de las instalaciones construidas, durante el período de vida útil de éstas, En dicho estudio se incluirán como mínimo los siguientes documentos:

- Planos detallados de las modificaciones efectuadas al proyecto, debidamente autorizadas.
- Esquemas de principio y desarrollados de las instalaciones.
- Catálogos e instrucciones de mantenimiento, de todos y cada uno de los elementos de la instalación.
- Plan ordenado en el tiempo, con instrucciones de mantenimiento de las instalaciones.

- Durante el período de garantía el adjudicatario será responsable del mantenimiento y conservación de las instalaciones.

MEDICIÓN Y ABONO DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA Y DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

MEDICIÓN INSTALACIÓN ELECTRICA

Las mediciones se realizarán según los planos de planta apoyados por los alzados y detalles a escala que sean necesarios.

ABONO

Las instalaciones se abonarán de acuerdo con los precios unitarios correspondientes a las unidades siguientes:

Motores eléctricos: Se abonará por unidad tipo de motor totalmente montado, nivelado, fijado, acoplado y probado.

Circuitos de fuerza: Se abonará por metro lineal de unidad tipo de cable totalmente tendido y conectado en sus extremos, incluyendo fijación e identificación.

Aparatura eléctrica: Se abonará por unidad tipo suministrada, montada, conexiónada y probada.

Tomas de corriente para fuerza de uso industrial: Se abonará por unidad tipo suministrada, montada, fijada y conexiónada.

Cajas de empalmes o derivación: Se abonará por unidad tipo de caja colocada, incluyendo accesorios, tapas, tornillería y elementos de fijación.

MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Acero Laminado: La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que forme parte. En acopios, el acero laminado se medirá por kilogramos (kg) realmente acopiados en obra.

Acero Laminado resistente a la corrosión: La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que forme parte. En acopios, el acero laminado resistente a la corrosión se medirá por kilogramos (kg) realmente acopiados en obra.

Roblones : La medición y abono de los roblones se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

Tornillos ordinarios y calibrados: La medición y abono de los tornillos, tuercas arandelas se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

Tornillos de alta Resistencia: La medición y abono de los tornillos de alta resistencia, tuercas y arandelas, se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

Electrodos de soldadura : La medición y abono de los electrodos se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que

3.2.4 Pliego de condiciones particulares de índole legal

CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN

□ RECEPCIÓN PROVISIONAL

Documentos de la recepción

Una vez realizadas las pruebas finales reseñadas y resultando estas satisfactorias, a juicio del director de la obra, se procederá a la formalización de la recepción provisional, mediante la firma del acta de recepción. La documentación que ha de aportar la contrata previamente, será la siguiente:

- Protocolo de pruebas de la instalación.
- Manual de instrucciones, con información detallada del funcionamiento de y características de todos los elementos instalados.
- Manual de mantenimiento periódico de la instalación.
- Proyecto de ejecución, donde se relacionarán todas las unidades y equipos empleados, indicando marca, modelo, características y fabricante, así como planos definitivos de la obra ejecutada, y entre ellos los esquemas de principio, de control y las medidas de seguridad adoptadas.
- Copia de los certificados de la instalación, obtenidos del M.I.E.

Responsabilidades de la contrata

La contrata será responsable, de la calidad, seguridad, y rendimiento de las instalaciones durante el período de garantía, que abarcará desde la firma del acta de recepción provisional hasta la recepción definitiva, de un año como mínimo. El período de garantía será automáticamente prorrogado en el caso de averías frecuentes, o graves deficiencias en la instalación, realizándose nuevas pruebas de la instalación afectadas.

□ RECEPCION DEFINITIVA

Transcurrido el período de garantía, en ausencia de averías frecuentes o defectos graves de funcionamiento durante el mismo, y habiendo sido subsanados aquellos defectos leves, a juicio de la dirección de la obra, la recepción provisional adquirirá el carácter de definitiva, sin realización de nuevas pruebas

LIBRO DE ÓRDENES

El contratista de la obra estará obligado a llevar un libro de órdenes, sellado y foliado por un organismo competente, donde queden registradas las órdenes recibidas del ingeniero - director de la obra.

El libro de ordenes será diligenciado previamente por el departamento a que está adscrita la obra, se abrirá en la fecha de comprobación del replanteo y se cerrará en la de la recepción definitiva.

Durante dicho lapso de tiempo estará a disposición de la dirección, en la oficina de obra del contratista que, cuando proceda, anotará en él las órdenes, instrucciones y comunicaciones que estime oportunas, autorizándolas con su firma.

Se hará constar en el libro de órdenes al iniciarse las obras o, en caso de modificaciones, durante el curso de las mismas, con el carácter de orden al contratista, la relación de personas que, por el cargo que ostentan o la delegación que ejercen, tienen facultades para acceder a dicho libro y transcribir en él las que consideren necesario comunicar al contratista.

Efectuada la recepción definitiva, el libro de ordenes pasará a poder del ayuntamiento, si bien podrá ser consultado, en todo momento, por el contratista.

SEGURIDAD EN LA MÁQUINA

Además de las medidas descritas en el estudio básico de seguridad y salud (*Anejo 3*), para la correcta homologación de las máquinas en cuanto a seguridad se tendrán en cuenta los siguientes capítulos de normativas.

CAPÍTULO I. Acreditación del cumplimiento de las normas de seguridad

Art . 3. Formas de acreditación

1 . El fabricante de una nueva máquina o elemento de máquina será responsable de que al salir de fábrica cumpla las condiciones necesarias para el empleo previsto.

2 . El cumplimiento de las exigencias de este reglamento y sus ita se podrá atestiguar por alguna de las formas siguientes:

A) Por autocertificación del fabricante.

B) Mediante certificado extendido por una entidad colaboradora, o por un laboratorio o por ambos acreditados por el MINER, después de realizar un previo control técnico sobre la máquina o elemento de que se trate.

C) Mediante la correspondiente homologación realizada por el centro directivo del Ministerio de Industria y Energía competente en seguridad industrial de acuerdo con lo indicado en el artículo siguiente.

D) Por otros medios que se determinen oportunamente. En cada una de las ITC se indicará que formas de acreditación se exigirán para cada tipo de máquina o elemento de máquina.

3 . Hasta tanto sea publicada la correspondiente ITC, se justificará el cumplimiento de las exigencias de este reglamento mediante la presentación de una autocertificación extendida por el fabricante nacional o extranjero, en la que se acredite el cumplimiento de la reglas generales de seguridad a que se refiere el capítulo VI de esta normativa.

No obstante el Ministerio de Industria y Energía, en razón de las especiales características de la máquina de que se trate, podrá exigir además alguno de los medios de prueba previstos en el punto 2 anterior. En el caso de fabricante extranjero, el certificado deberá ser legalizado por el representante consular español en el país de origen, y presentado por el importador a requerimiento de la administración competente.

Artículo 4. Homologación

1 . Las instrucciones técnicas complementarias determinarán las máquinas, elementos de máquinas o sus sistemas de protección que será necesario homologar antes de proceder a su fabricación o importación.

2 . En estos casos se prohíbe la fabricación para el mercado interior y la venta, importación o instalación en cualquier parte del territorio nacional de las máquinas, elementos o sistemas de protección que no correspondan a tipos ya homologados o carezcan de la documentación acreditativa de haberse efectuado en los mismos la conformidad de la producción a que se refiere el artículo quinto.

3 . La homologación se llevará a efecto de acuerdo con lo establecido en el capítulo V del reglamento aprobado por el Real Decreto 2584/1981, de 18 de septiembre, por el que se aprueban las actuaciones del Ministerio de Industria y Energía en el campo de la normalización y homologación y su modificación según Real Decreto 734/1985, de 20 de febrero.

4 . Las ITC de este reglamento indicarán las pruebas y ensayos que deban efectuarse en cada caso.

5 . A la documentación que establece el inciso C) del apartado 5.2.3 del reglamento, a que se refiere el Real Decreto mencionado en el párrafo anterior, se agregará la siguiente: ficha técnica extendida por triplicado con las hojas UNE a-4 necesarias para definir el tipo en las cuales se incluirán el nombre y dirección del fabricante, características esenciales, dimensiones principales, secciones, vistas exteriores, elementos de seguridad, variantes que comprende y cualquier otro dato que contribuya a la identificación del tipo que se pretenda homologar.

Artículo 5 . Conformidad de la producción

Las ITC podrán establecer que se efectúe un seguimiento de la producción a efectos de comprobar que los productos homologados siguen cumpliendo las condiciones que sirvieron de base a la homologación. En dicho caso la conformidad de la producción se realizará de acuerdo con lo establecido en el capítulo 6 del reglamento aprobado por Real Decreto 2584/1981 y modificación del mismo antes mencionado, indicándose en cada ITC la periodicidad que corresponda.

Artículo 6

Cuando se apruebe por el órgano territorial competente de la administración pública que la utilización de un tipo homologado resulta manifiestamente peligroso, podrá ordenar cautelarmente la puesta fuera de servicio de máquinas o elementos de máquinas en que se haya puesto de manifiesto la situación peligrosa, e iniciar seguidamente expediente de cancelación de su homologación, elevando la correspondiente propuesta al centro directivo competente del Ministerio de Industria y Energía, el cual podrá cancelar la homologación de que se trate.

Se seguirán para ello las normas previstas en la Ley de procedimiento administrativo. Cuando, como consecuencia de su actuación, la inspección de trabajo y seguridad social tuviese conocimiento de situaciones que pudieran dar lugar a la adopción de las medidas previstas en este artículo y en el artículo 17.3 de esta norma, lo pondrá en conocimiento del centro directivo competente del Ministerio de Industria y Energía.

Artículo 7 . Modificaciones

1 . Las modificaciones que se deseen introducir por el fabricante en un tipo homologado se harán de acuerdo con lo dispuesto en la sección 4 del capítulo 5.º, puntos 5.4.1 , 5.4.2 y 5.4.3 del ya mencionado reglamento a que se refiere el Real Decreto 2584/1981.

2 . Las modificaciones de las máquinas, elementos y sistemas de protección regulados por el presente pliego, que se pretendan realizar por los usuarios de las mismas, estén sujetos a homologación o no, siempre que incidan sobre las especificaciones establecidas en la correspondiente ITC, deberán comunicarse por dichos usuarios al órgano territorial competente de la administración pública.

2.1 . La citada comunicación irá acompañada de una memoria en la que se describan las modificaciones que se deseen introducir y su incidencia sobre la seguridad de la máquina, elemento o sistema de seguridad que se pretende modificar.

2.2 El órgano territorial competente de la administración pública resolverá si con ello se disminuye o no el nivel de seguridad exigido por la ITC que corresponda. Para ello podrá solicitar el dictamen del órgano o entidad habilitada para ello.

2.3 Si se considera que la modificación no reduce el nivel de seguridad exigido, se notificará así al interesado. En caso contrario no se podrá llevar a efecto la modificación proyectada, lo cual será igualmente notificado al interesado.

2.4 Para las modificaciones que, no incidiendo sobre las características y especificaciones fijadas en la correspondiente ITC, si afectan a la identificación de la máquina bastará una nueva comunicación de los usuarios.

CAPÍTULO II. Obligaciones de los fabricantes, importadores, proyectistas, reparadores, instaladores, conservadores y usuarios

Artículo 8 . Fabricantes e importadores

1 . Las ITC de este pliego podrán exigir a los fabricantes nacionales e importadores el cumplimiento de determinadas prescripciones técnicas y la posesión de un mínimo de medios para el cumplimiento de dichas condiciones.

2 . Los fabricantes nacionales deberán estar inscritos en el registro industrial del órgano territorial competente de la administración pública.

3 . Los citados fabricantes e importadores, además de las obligaciones que se indiquen en las ITC, tendrán las siguientes:

A) Llevarán un registro de las máquinas o elementos de máquinas que fabriquen o importen. En dicho registro deberá consignarse la factoría donde se ha construido la máquina o elemento de máquina, la partida a que corresponde y la fecha de su fabricación.

B) Se responsabilizarán de que los productos fabricados o importados por ellos cumplen las condiciones reglamentarias.

C) Cada máquina o elemento de máquina irá acompañado de las correspondientes instrucciones de montaje , uso y mantenimiento a que se refiere en el artículo 15, así como de las medidas preventivas de accidentes.

Artículo 9 . Projectistas

Tendrán como obligaciones generales, además de las particulares que se fijen en cada ITC, las siguientes:

A) Definir de forma correcta y precisa el producto industrial, haciendo constar: los datos básicos de partida, especificación de materiales, desarrollo de los cálculos que se señalen en cada normativa y pruebas y controles que deban realizarse, poniendo de manifiesto que el proyecto cumple la legislación vigente, y en especial, todo lo relativo a las normas y elementos de seguridad.

B) Si se trata de empresa de ingeniería, deberá justificar estar inscrita en el registro de sociedades de ingeniería y consultoras.

C) Si se trata de empresa de ingeniería extranjera, deberá tener autorizado el correspondiente contrato de asistencia técnica suscrito con el fabricante o con alguna empresa de ingeniería española.

Artículo 10 . Reparadores

1 . Deberán estar inscritos como tales en el órgano territorial competente de la administración pública, para lo cual deberán cumplir, además de las que se prescriben en las distintas ITC, las siguientes obligaciones:

A) Responsabilizarse de que las reparaciones efectuadas por los mismos cumplan las condiciones exigidas en los reglamentos de seguridad.

B) Disponer de los medios técnicos adecuados que se señalen en la ITC correspondiente.

C) Relacionar documentalmente los trabajos efectuados.

2 . Ninguna reparación podrá modificar el diseño básico en cuanto se refiere a condiciones de seguridad del elemento reparado, sin justificación previa y autorización, en su caso, del órgano

territorial competente de la administración pública. Todas las empresas fabricantes quedaran automáticamente inscritas como empresas reparadoras.

Artículo 11 . Instaladores

Sin perjuicio de las atribuciones específicas concedidas por el Estado a los técnicos titulados, las instalaciones podrán ser realizadas por personas físicas o jurídicas que acrediten cumplir las condiciones requeridas en cada ITC para ejercer como instaladores autorizados, en todo caso, estar inscritos en el órgano territorial competente de la administración pública, para lo cual cumplirá, como mínimo, los siguientes requisitos:

A) Poseer los medios técnicos y humanos que se especifiquen en cada ITC.

B) Tener cubierta la responsabilidad civil que pueda derivarse de su actuación mediante la correspondiente póliza de seguros.

C) Responsabilizarse de que la ejecución de las instalaciones se efectúa de acuerdo con las normas reglamentarias de seguridad y que han sido efectuadas con resultado satisfactorio las pruebas y ensayos exigidos.

Artículo 12 .Conservadores

Los conservadores que podrán ser personas físicas o jurídicas, deberán estar inscritos en el órgano territorial competente de la administración pública y tendrán como obligaciones, además de las que se exijan en las distintas ITC, las siguientes:

A) Poseer los medios técnicos y humanos que se especifiquen en cada ITC.

B) Responsabilizarse de que los equipos o instalaciones que les sean encomendados cumplen en todo momento las condiciones de funcionamiento seguro, efectuado aquellas revisiones que sean prescritas reglamentariamente y estando a disposición del usuario para atender las revisiones que pudieran presentarse o para las que sea requerido.

C) Interrumpir el funcionamiento de cualquier máquina que presente anomalías cuando éstas supongan riesgos de accidente hasta que se efectúe la necesaria reparación, comunicándolo inmediatamente a su titular.

D) Comunicar por escrito al titular de la instalación o del equipo de que se trate las reparaciones que considere necesarias, así como el plazo en que deben efectuarse cuando se presente anomalías que, sin suponer un riesgo inminente , puedan suponer un riesgo potencial.

E) Tener cubierta la responsabilidad civil que pueda derivarse de su actuación mediante la correspondiente póliza de seguros.

F) Las incidencias comprendidas en los incisos D) y E) anteriores se comunicaran, así mismo, al órgano territorial competente de la administración pública, que adoptará las decisiones que estime convenientes, previa audiencia del interesado, pudiendo llegar incluso al cierre de las instalaciones en tanto no sean subsanadas las citadas deficiencias.

Artículo 13 . Usuarios

1 . Los usuarios de máquinas o elementos incluidos en este reglamento están obligados a no utilizar más que aquellos que cumplan las especificaciones establecidas en el mismo. Con dicho objeto antes de adquirirlas deberán exigir al vendedor, importador o cedente una justificación de que están debidamente homologados o, en otro caso, certificado de que cumplen las especificaciones exigidas por este reglamento y sus ITC. Además, tendrán las siguientes obligaciones:

A) Mantener, o en su caso, contratar el mantenimiento de las máquinas de que se trate, de tal forma que se conserven las condiciones de seguridad exigidas.

B) Impedir su utilización, cuando, directa o indirectamente, tenga conocimiento de que no ofrecen las debidas garantías de seguridad para las personas o los bienes.

C) Responsabilizarse de que las revisiones e inspecciones reglamentarias se efectúan en los plazos fijados.

D) Conservar las instrucciones a que se refiere el artículo 15 y demás documentos o certificados exigidos.

2 . Los usuarios podrán instalar, reparar y conservar sus máquinas si poseen medios humanos y materiales necesarios para ello, en los términos que establezca la correspondiente ITC.

CAPÍTULO III. Identificación de la máquina e instrucciones de uso

Artículo . 14 . Placas, etiquetas e instrucciones de uso

1 . Toda máquina, equipo o sistema de protección incluido en este reglamento y sus ITA debe ir acompañado de unas instrucciones de uso extendidas por el fabricante o importador, en las cuales figuraran las especificaciones de mantenimiento, instalación y utilización, así como las normas de seguridad y cualesquiera otras instrucciones que de forma específica sean exigidas en las correspondientes ITC.

2 . Estas instrucciones incluirán los planos y esquemas necesarios para el mantenimiento y verificación técnica, estarán redactadas al menos en castellano, y se ajustarán a las normas UNE que les sean de aplicación.

3 . Llevarán, además, una placa en la cual figuraran como mínimo los siguientes datos, escritos al menos en castellano: nombre del fabricante. Año de fabricación y o suministro. Tipo y número de fabricación. Potencia en kW. Contraseña de homologación, si procede. Estas placas serán hechas de materiales duraderos y se fijarán sólidamente, procurándose que sus inscripciones sean fácilmente legibles una vez este la máquina instalada.

CAPÍTULO IV. Instalación y puesta en servicio

Artículo 15

La instalación de las máquinas, elementos o sistemas de protección incluidos en este pliego, requerirá, cuando lo especifique la ITA correspondiente, la presentación de un proyecto ante el órgano territorial competente de la administración pública, siguiéndose para ello el procedimiento establecido en el Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, que regula la liberación en materia de instalación, ampliación y traslado de industrias.

Artículo 16

La puesta en funcionamiento se efectuara igualmente de acuerdo con lo previsto en el Real Decreto 2135/1981, mencionado en el artículo anterior, no precisando otro requisito que la

presentación ante el órgano territorial competente de la administración pública de un certificado expedido por técnico competente en el que se ponga de manifiesto la adaptación de la obra al proyecto y cumplimiento de las condiciones técnicas y prescripciones establecidas por este reglamento y sus ITC.

CAPÍTULO V. Inspecciones y revisiones periódicas

Artículo 17

1 .Las instrucciones técnicas complementarias especificaran las inspecciones con carácter oficial exigidas para cada tipo de máquinas y las revisiones no oficiales, necesarias para comprobar que siguen conservándose las condiciones de seguridad.

2 . Las inspecciones de carácter oficial se llevarán a efecto por el órgano territorial competente de la administración pública, o si este así lo establece, por una entidad colaboradora en el campo de la seguridad industrial, pero en todo caso los certificados de inspección serán emitidos por el órgano territorial de la administración pública, a la vista de las actas de revisión extendidas por dichas entidades y después de la supervisión de las mismas.

3 . Si como resultado de las inspecciones a que se refiere el apartado anterior se observará un peligro manifiesto o un excesivo riesgo potencial, el órgano territorial competente de la administración pública adoptará las medidas necesarias para eliminar o reducir dicho peligro o riesgo, pudiendo llegar hasta la paralización de la máquina de que se trate en tanto no sean subsanadas dichas deficiencias, para lo cual requerirá al titular de la misma a fin de que realice los trabajos necesarios.

4 . El órgano territorial competente de la administración pública llevará un registro de máquinas sujetas a inspecciones oficiales periódicas con los datos fundamentales en cada una, inspecciones efectuadas e incidencias surgidas en su funcionamiento, pudiendo contar para ello con la ayuda de las entidades colaboradoras en el campo de la seguridad industrial.

5 . Deberá por otra parte quedar constancia, en la industria y que están instaladas las máquinas, de las revisiones no oficiales exigidas por las ITA con indicación del técnico que las ha llevado a efecto y de sus resultados.

CAPÍTULO VI. Reglas Generales de Seguridad

Artículo 18

Independientemente de las exigencias de seguridad que se incluyan en las ITADE este pliego, las máquinas y elementos de máquinas incluidos en el mismo cumplirán las reglas generales de seguridad que se indican en los artículos anteriores.

Artículo 19

Las máquinas, elementos constitutivos de éstas o aparatos acoplados a ellas estarán diseñados y construidos de forma que las personas no estén expuestas a sus peligros cuando su montaje, utilización y mantenimiento se efectúa conforme a las condiciones previstas por el fabricante.

Artículo 20 . Roturas en servicio

Las diferentes partes de las máquinas así como sus elementos a que vayan a estar sometidos, así como cualquier otra influencia externa o interna que puedan presentarse en las condiciones normales de utilización previstas.

Artículo 21 . Sujeción de ciertas partes de la máquina

Cuando existan partes de la máquina cuya pérdida de sujeción pueda dar lugar a peligros, deberán tomarse precauciones adicionales para evitar que dichas partes puedan incidir sobre las personas.

Artículo 22 . Rotura o proyección de fragmentos de elementos giratorios

En las máquinas provistas de elementos giratorios cuya rotura o desprendimiento pueda originar daños, deberá montarse o dotarse de un sistema de protección complementario que retenga los posibles fragmentos impidiendo su incidencia sobre las personas.

Artículo 23 . Caídas de las máquinas o partes de éstas por pérdida de estabilidad

Para evitar la pérdida de estabilidad de la máquina, especialmente durante su funcionamiento normal, se tomarán las medidas técnicas adecuadas, de acuerdo con las condiciones de instalación y de utilización previstas por el fabricante.

Artículo 24 . Aristas agudas o cortantes

En las partes accesibles de las máquinas no deberán existir aristas agudas o cortantes que puedan producir heridas.

Artículo. 25 . Caídas de las personas a distinto nivel

Las áreas de trabajo o zonas donde sea necesaria la visita de personal para efectuar operaciones tales como inspección, regulación o mantenimiento y que estén a un nivel superior al del suelo y entrañen peligro en caso de caída estarán provistos de plataformas de trabajo, con accesos adecuados, dotados ambos con sistemas de protección que impidan la caída. Art . 26. Las superficies de las máquinas que puedan producir daños a las personas por contacto directo con ellas debidos a su elevada o baja temperatura, deberán estar adecuadamente protegidas.

Artículo 26

Las superficies de las máquinas que puedan producir daños a las personas por contacto directo con ellas debido a su elevada o baja temperatura, deberán estar adecuadamente protegidas.

Artículo . 27

En las máquinas o aparatos destinados al trabajo de productos o materiales que produzcan gases, vapores, polvos o residuos inflamables, deben tomarse las medidas necesarias para evitar incendios o explosiones.

Artículo 28 . Proyección de fincas, partículas gases o vapores

Se tomaran las medidas adecuadas para evitar que la proyección de líquidos, gases, vapores o sólidos pueda producir daños a las personas.

Artículo 29 . Sujeción de las piezas a trabajar

Las piezas a trabajar deberán estar convenientemente sujetas, de forma que al funcionar la máquina la falta de sujeción de las mismas o del propio elemento de sujeción no pueda dar lugar a daños a las personas.

Artículo 30 . Órganos de transmisión

Los elementos móviles de las máquinas y de los aparatos utilizados para la transmisión de energía o movimiento deben concebirse, construirse, disponerse o protegerse de forma que prevengan todo peligro de contacto que pueda originar accidentes.

Artículo 31 . Elementos de trabajo y piezas móviles

Siempre que sea factible, los elementos móviles de las máquinas o aparatos que ejecutan el trabajo y, en su caso, los materiales o piezas a trabajar, deben concebirse, construirse, disponerse y o mandarse de forma que no impliquen peligro para las personas.

Artículo 32 . Máquinas o parte de ellas que trabajen interdependiente

Cuando la instalación está constituida por un conjunto de máquinas o una máquina está formada por diversas partes que trabajan de forma interdependiente, y es necesario efectuar pruebas individuales del trabajo que ejecutan dichas máquinas o algunas de sus partes, la protección general del conjunto se hará sin perjuicio de que cada máquina o parte de ella disponga de un sistema de protección adecuado.

Artículo 33 . Máquinas que pueden ser utilizadas o mandadas de diversas formas

Cuando la máquina este diseñada para ser utilizada o mandada de diferentes maneras, y sea necesario un sistema de protección diferente, para cada forma de utilización o mando deberá estar dotada con los sistemas de protección adecuados a las diferentes formas de utilización o mando previstas por el fabricante.

Artículo 34 . Alimentación por energía eléctrica

Las máquinas alimentadas con energía eléctrica deberán proyectarse, construirse, equiparse, mantenerse y, en caso necesario, dotarse de adecuados sistemas de protección de forma que se prevengan los peligros de origen eléctrico.

Artículo 35 . Fugas de gases o líquidos sometidos a presión

Las máquinas y aparatos o sus partes, sometidos a presión (tuberías, juntas, bridas, racores, elementos de mando u otras), estarán diseñados, contruidos y, en su caso, mantenidos, de forma

que, teniendo en cuenta las propiedades físicas o químicas de los gases o líquidos sometidos a presión, se eviten daños a las personas por fugas o roturas.

Artículo 36 . Agentes físicos y químicos

1 . Las máquinas o aparatos en los que durante su trabajo normal se produzcan emisiones de polvo, gases o vapores que puedan ser perjudiciales para la salud de las personas, deberán ir provistos de sistemas eficaces de captación de dichos contaminantes acoplados a sistemas de evacuación de los mismos.

2 . Las máquinas o aparatos capaces de emitir radiaciones ionizantes u otras que puedan afectar a la salud de las personas estarán provistas de sistemas de protección eficaces.

3 . Las máquinas deberán diseñarse, construirse, montarse, protegerse y, en caso necesario, mantenerse para amortiguar los ruidos y las vibraciones producidos a fin de no ocasionar daños para la salud de las personas. En cualquier caso, se evitará la emisión por las mismas de ruidos de nivel superior a los límites establecidos por la normativa vigente en cada momento.

Artículo 37 . Diseño y construcción de las máquinas atendiendo a criterios ergonómicos

Las máquinas o aparatos estarán diseñados y contruidos atendiendo a criterios ergonómicos, tales como, la concepción de:

- A) Espacio de trabajo y medios de trabajo
- B) Ambiente de trabajo
- C) Procesos de trabajo

Artículo 38 . Puesto de mando de las máquinas

Los puestos de mando de las máquinas deben ser fácilmente accesibles para los trabajadores, y estar situados fuera de toda zona donde puedan existir peligros para los mismos. Desde dicha zona y estando en posición de accionar los mandos, el trabajador debe tener la mayor visibilidad posible de la máquina, en especial de sus partes peligrosas.

Artículo 39 . Puesta en marcha de las máquinas

1 . La puesta en marcha de la máquina sólo será posible cuando estén garantizadas las condiciones de seguridad para las personas que para la propia máquina.

2 . La puesta en marcha de la máquina si puede implicar peligro, solo será posible por una acción voluntaria del operador sobre los adecuados órganos de marcha. Si se trata de máquinas de funcionamiento automático deberá dotarse a las mismas de suficientes elementos de seguridad.

3 . Los órganos de puesta en marcha deben ser fácilmente accesibles para los trabajadores, estar situados lejos de zonas de peligro, y protegidos de forma que se eviten accionamientos involuntarios.

4 . Si una máquina se para aunque sea momentáneamente por un fallo en su alimentación de energía, y su puesta en marcha inesperada pueda suponer peligro, no podrá ponerse en marcha automáticamente al ser restablecida la alimentación de energía.

5 . Si la parada de una máquina se produce por la actuación de un sistema de protección, la nueva puesta en marcha solo será después de restablecidas las condiciones de seguridad y previo accionamiento del órgano que ordena la puesta en marcha.

6 . Las máquinas o conjunto de ellas en que desde el puesto de mando no puede verse su totalidad y pueden suponer peligro para las personas en su puesta en marcha, se dotarán de alarma adecuada que sea fácilmente perceptible por las personas. Dicha alarma actuando en tiempo adecuado procederá a la puesta en marcha de la máquina y se conectara de forma automática al pulsar los órganos de puesta en marcha.

Artículo 40 . Desconexión de la máquina

En toda máquina debe existir un dispositivo manual que permita al final de su utilización su puesta en condiciones de la mayor seguridad (máquina parada). Este dispositivo debe asegurar en una sola maniobra la interrupción de todas las funciones de la máquina, salvo que la anulación de alguna de ellas pueda dar lugar a peligro para las personas, o daños a la máquina. En este caso tal función podrá ser mantenida o bien diferida su desconexión hasta que no exista peligro.

Artículo 41 . Parada de emergencia

Toda máquina que pueda necesitar ser parada lo más rápidamente posible, con el fin de evitar o minimizar los posibles daños, deberá estar dotada de un sistema de paro de emergencia.

Este sistema estará colocado como mínimo en las máquinas sujetas a las siguientes condiciones: cuando estando el trabajador en una zona de peligro, el mando ordinario de paro del elemento que produce el peligro no pueda alcanzarse rápida y fácilmente por el mismo.

Cuando la máquina no pueda ser suficientemente vigilada desde el puesto de mando. Cuando ante una emergencia pueda ser necesario un paro más enérgico distinto del ordinario cuando la parada accidental de una máquina funcionando dentro de un conjunto interdependiente pueda originar peligro para las personas o daños a las instalaciones, o cuando el conjunto no pueda pararse accionando un único elemento fácilmente accesible. En todo caso la parada de emergencia no supondrá nuevos riesgos para las personas.

Artículo 42 . Prioridad de las órdenes de paros sobre las de marcha

La acción mantenida sobre los órganos de puesta en marcha, no deben en ningún caso oponerse a las órdenes de parada.

Artículo 43 . Selectores de los diversos modos de funcionamiento o de mando de una máquina

Los selectores de las máquinas que puedan trabajar o ser mandadas de diversas formas, deben poder ser bloqueadas con la ayuda de llaves o herramientas apropiadas, en cada posición elegida. A cada posición del selector no debe corresponder más que una sola forma de mando o funcionamiento.

Artículo 44 . Mantenimiento, ajuste, regulación, engrase, alimentación u otras operaciones a efectuar en las máquinas

Las máquinas deberán estar diseñadas para que las operaciones de verificación, reglaje, regulación, engrase o limpieza se puedan efectuar sin peligro para el personal, en lo posible desde lugares fácilmente accesibles, y sin necesidad de eliminar los sistemas de protección. En caso de que dichas operaciones u otras, tengan que efectuarse con la máquina o los elementos peligrosos

en marcha y anulados los sistemas de protección, al anular el sistema de protección, se deberá cumplir:

A) La máquina sólo podrá funcionar a velocidad muy reducida, golpe a golpe, o a esfuerzo reducido.

B) El mando de la puesta en marcha será sensitivo. Siempre que sea posible, dicho mando deberá disponerse de forma que permita al operario ver los movimientos mandados.

C) La anulación del sistema de protección y el funcionamiento de la máquina en las condiciones citadas, en los incisos A) y B) excluirá cualquier otro tipo de marcha o mando. El o los dispositivos de desconexión de las máquinas deberán ser bloqueables con eficacia inviolable en la posición que aisle y deje sin energía motriz a los elementos de la máquina. En caso de que dicha prescripción no fuese técnicamente factible, se advertirán en la máquina los peligros que pudiera originarse e igualmente, en el manual de instrucciones se advertirán tales peligros y se indicarán las precauciones a tomar para evitarlos.

Cuando, por las especiales características de la máquina, las operaciones a que se refiere este artículo no puedan realizarse en las condiciones A), B) y C) podrá prescindirse de éstas, adoptándose las medidas convenientes para que dichas operaciones se lleven a efecto sin peligro para el personal. En cualquier caso deberán darse al menos en castellano las instrucciones precisas para que las operaciones de reglaje, ajuste, verificación o mantenimiento se puedan efectuar con seguridad. Esta prescripción es particularmente importante en caso de exigir peligros de difícil detección o cuando después de la interrupción de la energía existan movimientos debidos a la inercia.

Artículo 45

1 . Las máquinas dispondrán de dispositivos o protecciones adecuadas tendentes a evitar riesgos de atrapamiento en los puntos de operación, tales como resguardos fijos, dispositivos apartacuerpos, barras de paro, dispositivos de alimentación automática, etc.

2 . En el diseño y emplazamiento de los resguardos en las máquinas, se tendrá en cuenta que su fijación sea racionalmente inviolable, permita suficiente visibilidad a través de los mismos, su rigidez sea acorde a la dureza del trato previsto, sus aberturas impidan la introducción de miembros que puedan entrar en contacto con órganos móviles y que permitan en lo posible la ejecución de operaciones de mantenimiento a su través, prolongando los mandos, engrasadores,

etc., hasta el exterior del resguardo, colocando superficies transparentes frente a los indicadores, etc.

Artículo 46 . Transporte

Se darán las instrucciones y se dotará de los medios adecuados para que el transporte y la manutención se pueda efectuar con el menor peligro posible. A estos efectos, en máquinas estacionarias:

A) Se indicará el peso de las máquinas o partes desmontables de éstas que tengan un peso superior a 500 kilogramos.

B) Se indicará la posición de transporte que garantice la estabilidad de la máquina, y se sujetara de forma apropiada.

C) Aquellas máquinas o partes de difícil amarre se dotarán de puntos de sujeción de resistencia apropiada; en todos los casos se indicará, al menos en castellano, la forma de efectuar el amarre correctamente.

Artículo 47

1 . Se darán las instrucciones necesarias para que el montaje de la máquina pueda efectuarse correctamente y con el menor peligro posible.

2 . Se facilitarán los datos necesarios para efectuar las funciones normales de la máquina y en su caso, los datos para la elección de los elementos que impidan la transmisión de vibraciones producidas por la máquina.

3 . Las piezas de un peso mayor de 50 kilogramos y que tengan un difícil amarre, estarán dotadas de puntos de sujeción apropiados o donde puedan montarse elementos auxiliares para la elevación.

4 . Se indicarán los espacios mínimos que habrá que respetar con relación a las paredes y techo, para que el montaje y desmontaje de ciertas piezas puedan efectuarse con facilidad.

Artículo 48

Cuando en algún caso, debidamente justificado, en el diseño de una máquina o elemento de máquina, no pueden incluirse alguna o algunas de las protecciones a que se refieren los artículos anteriores, el fabricante deberá indicar al menos en castellano que medidas adicionales deben tomarse in situ a fin de que la máquina una vez instalada cuente con todas las protecciones a que se refiere este capítulo.

CAPÍTULO VII. Accidentes

Artículo 49

1 . Los titulares de las máquinas a que se refiere este reglamento notificarán en un plazo máximo de cinco días los accidentes que se produzcan en las mismas al órgano territorial competente de la administración pública.

2 . Cuando el accidente sea grave la notificación será inmediata.

3 . Cuando como consecuencia de lo previsto en la normativa laboral proceda la realización de un parte de accidentes de trabajo, no será necesaria la notificación de accidentes prevista en este artículo, si bien la autoridad laboral competente dará traslado de los partes de accidentes en el plazo máximo de cinco días al órgano territorial competente de la administración pública.

Artículo 50

El órgano territorial competente de la administración pública que reciba la notificación del accidente dará traslado del mismo al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Una vez elaboradas las correspondientes estadísticas por el Ministerio de Trabajo y Seguridad social, se dará traslado de las mismas al centro directivo del Ministerio de Industria y energía competente en materia de seguridad industrial, así como de los informes específicos que resulten de interés para la posible revisión de las ITADE este pliego.

ALUMNO: FRANCISCO COLLADO POVEDA

VALENCIA, 26 JULIO 2016

DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO

**DISEÑO DE UN BIORREACTOR DE 5000L PARA LA REPRODUCCIÓN DE LA MICROALGA
ISOCHRYSIS GALBANA, COMO GENERADORAS DE ACEITE UTILIZABLE PARA LA PRODUCCIÓN
DE BIODIESEL.**

ALUMNO: FRANCISCO COLLADO POVEDA.

VALENCIA, JULIO 2016.

ÍNDICE

PRESUPUESTOS PARCIALES	3
CAPÍTULO 1: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y RECEPCIÓN DEL PRODUCTO.....	3
CAPÍTULO 2: SISTEMA DE AIREACIÓN	3
CAPÍTULO 3: SISTEMA CONTROL TERMICO	4
CAPÍTULO 4: SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN	4
CAPÍTULO 5: SISTEMA DE AGITACIÓN.....	5
CAPÍTULO 6: SISTEMA CONTROL DE pH.....	5
CAPÍTULO 7: SISTEMA ELECTRICO Y DE ILUMINACIÓN	5
PRESUPUESTO GENERAL	6

PRESUPUESTOS PARCIALES

CAPÍTULO 1: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y RECEPCIÓN DEL PRODUCTO

Tabla 1. Coste total desglosado capítulo 1

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y RECEPCIÓN DE PRODUCTO	Precio(€/ud)	Cantidad	Total (€)
Tanque de alimentación de acero inoxidable de 5500 l.	2935	3	8805
Tubería de acero inoxidable de 25 mm de diámetro	7,1	20	142
Deposito recepción de producto de 20000l	8200	1	8200
Sensor de salinidad	89	1	89
Bomba peristáltica de 0.1 kW de potencia	370	4	1480
Válvula de en T de 4 vías 25 mm de diámetro	1250	1	1250
Válvula antirretorno de 25 mm de diámetro	130	4	520
		COSTE	20486

CAPÍTULO 2: SISTEMA DE AIREACIÓN

Tabla 2. Coste total desglosado capítulo 2.

SISTEMA DE AIREACIÓN	Precio(€/ud)	Cantidad	Total (€)
Compresor de 10 Kw	2679	1	2679
Secador de aire de 50 W	1118,046	1	1118,046
Calderin de 2000 L de capacidad	1740,23	1	1740,23
Separador de condensados	695	1	695
Filtro partículas sólidas 3 micras	250	1	250
filtro partículas sólidas 1 micras	250	1	250
Filtro de eliminación de aceite	250	1	250
Filtro de carbón activo	250	1	250
Sensor oxigeno	145,56	1	145,56
Sensor de espuma	138	1	138
Controlador automático antiespumante	583	1	583
Deposito antiespumante 120 l	147,2	1	147,2
Sparger	33,61	1	33,61
Manómetro	8,05	1	8,05
Purgador	17,13	1	17,13
		COSTE	8304,826

CAPÍTULO 3: SISTEMA CONTROL TERMICO

Tabla 3. Coste total capítulo 3

SISTEMA CONTROL TERMICO	Precio(€/ud)	Cantidad	Total (€)
Serpentín de acero de 0.1 m de diámetro	45,2	55	2486
Tubería de acero inoxidable de 0.1 m de diámetro	45,2	20	904
Sensor de temperatura	157	1	157
		COSTE	3547

CAPÍTULO 4: SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN

Tabla 4. Coste total desglosado capítulo 4

SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN	Precio(€/ud)	Cantidad	Total (€)
Serpentín tanque de alimentación de acero inoxidable de 0,1 m	45,2	171	7729,2
Tubería de acero inoxidable de 0.1 m	45,2	20	904
Caldera de eléctrica 350 kW	30900	1	30900
Chiller de 340 kW	78000	1	78000
Deposito acumulador 12000l	8545,2	1	8545,2
Válvulas	967	24	23230
Condensador	449	1	449
Bomba peristáltica de 25 kW	2823	1	2823
		COSTE	152580,4

CAPÍTULO 5: SISTEMA DE AGITACIÓN

Tabla 5. Coste total desglosado capítulo 5

SISTEMA DE AGITACIÓN	Precio(€/ud)	Cantidad	Total (€)
Agitador helicoidal con motor de 4 cv de potencia	629,75	1	629,75
Sello mecánico	35	1	35
		Coste	664,75

CAPÍTULO 6: SISTEMA CONTROL DE pH

Tabla 6. Coste total desglosado capítulo 6

SISTEMA CONTROL DE Ph	Precio(€/ud)	Cantidad	Total (€)
Electrodo de Ph	89	1	89
Controlador de Ph automático	708,13	1	708,13
Depósito automático para dosificación de HCL de 120l	147,2	1	147,2
Depósito automático para dosificación de NaOH de 120l	147,2	1	147,2
		Coste	944,33

CAPÍTULO 7: SISTEMA ELECTRICO Y DE ILUMINACIÓN

Tabla 7. Coste total desglosado capítulo 7

SISTEMA ELECTRICO Y DE ILUMINACIÓN	Precio(€/ud)	Cantidad	Total (€)
Lámpara de 125 kW	45	4	180
Cuadro diferencial	167,6	5	838
Interruptor magnetotérmico	96,47	5	482,35
Tornillería	0,07	25	1,75
		Coste	1502,1

CAPÍTULO 8: MATERIAL DEPOSITO BIORREACTOR

Tabla 8. Coste total desglosado capítulo 8

MATERIAL BIORREACTOR	Precio(€/ud)	Cantidad	Total (€)
chapa de acero AISI 316L DE 14 mm espesor y 23kg/cm2	54,13	17,25	933,7425
Aislante térmico para tapa superior	28,98905213	2,11	61,1669
		COSTE	994,9094

PRESUPUESTO GENERAL

Tabla 9. Coste total presupuesto biorreactor

CAPÍTULOS	COSTE
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y RECEPCIÓN DE PRODUCTO	20486
SISTEMA DE AIREACIÓN	8306,936
SISTEMA CONTROL TERMICO	3547
SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN	152580,4
SISTEMA DE AGITACIÓN	664,75
SISTEMA CONTROL DE Ph	944,33
SISTEMA ELECTRICO Y DE ILUMINACIÓN	1502,1
MATERIAL DEPOSITO BIORREACTOR	994,9094
COSTE TOTAL	189026,425

La instalación del biorreactor tiene un precio de CIENTO OCHENTA Y NUEVE MIL VEINTISÉIS CON CUARENTA Y DOS EUROS.

FIRMADO: FRANCISCO COLLADO POVEDA

VALENCIA 26 DE JULIO 2016