



**Treball final de grau**

**Estudi:** Grau en Tecnologies Industrials

**Títol:** EQUIP PER A LA PREPARACIÓ DE MAIONESA I SALSES

**Document:** MEMÒRIA I ANNEXOS

**Alumne:** JORDI NIERGA LEÓN

**Tutor:** JOAQUIM DE CIURANA

**Departament:** Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Enginyeria dels Processos de Fabricació

**Convocatòria (mes/any):** Gener/2020

**ÍNDIX**

1. INTRODUCCIÓ .....	3
1.1. Antecedents .....	3
1.2. Objecte.....	3
1.3. Abast.....	3
1.4. Requeriments del client .....	4
2. DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ .....	5
2.1. Descripció general de l'equip.....	5
2.2. Descripció dels elements integrats .....	6
2.2.1. Reactor 100L .....	6
2.2.2. Agitador .....	11
2.2.3. Emulsionador de fondo .....	12
2.2.4. Bomba lobular.....	13
2.2.5. Micronitzador .....	13
2.2.6. Bomba de buit.....	14
2.2.7. Suport equip .....	15
2.2.8. Connexions.....	16
2.2.9. Accessoris de seguretat i control .....	17
2.2.10. Quadre de maniobres .....	17
2.3. Descripció del procés de producció de la maionesa .....	18

3. RESUM ECONÒMIC .....	19
4. CONCLUSIONS .....	20
5. RELACIÓ DE DOCUMENTS DEL PROJECTE .....	21
6. BIBLIOGRAFÍA.....	22
ANNEX A: APLICACIONS .....	23
A.1 Aplicacions.....	24
A.1.1 Elaboració de maionesa industrial .....	24
A.2 Problemes.....	27
ANNEX B: CÀLCULS.....	28
B.1 Dades de disseny .....	29
B.2 Paràmetres del producte.....	30
B.2.1 Càlcul de potència consumida .....	30
B.2.2 Selecció del motor reductor .....	32
B.2.3 Càlcul reactor a pressió: .....	33

## **1. INTRODUCCIÓ**

### **1.1. Antecedents**

L'empresa INOXMIM, situada al Polígon Industrial El Terri, de Banyoles, va començar a introduir-se en el mercat del sector alimentari a través de maquinària industrial (bombes, agitadors, emulsionadors,...). Degut al seu creixement comercial vol fer-se present en aquest mercat aplicant l'experiència i coneixements tècnics, proporcionant al client equips i solucions integrals per a la preparació de salses, sucres, purés, etc.

Cinc anys han passat des de la meua incorporació a l'empresa, dia a dia he pogut assolir responsabilitats més grans que m'han permès enriquir-me de coneixements en el sector de la maquinària industrial així com els seus processos. És a dia d'avui, doncs, que decideixo embarcar-me en el disseny i desenvolupament d'aquest equip per a la preparació de maionesa i salses.

### **1.2. Objecte**

L'objecte del present projecte és realitzar el disseny per a la fabricació d'un equip integral per a la preparació de maionesa i altres tipus d'aliments viscosos, així com l'estudi a nivell teòric dels diferents ingredients, coadjuvants i additius de la preparació de les salses.

Aquest equip està format pels següents elements: reactor principal, sistema de càrrega, bomba de descàrrega i recirculació, micronitzador i quadre de maniobres i control.

### **1.3. Abast**

L'abast d'aquest projecte conté una primera fase de recerca d'informació sobre les característiques, requeriments i aplicacions de la màquina; a continuació, el disseny mecànic, els càlculs i els dimensionaments per a una possible construcció de la màquina; seguidament, l'elaboració dels plànols, l'estudi de seguretat de la màquina i la descripció per a la mecanització dels elements de fabricació i finalment, el càlcul del pressupost.

L'apartat elèctric de la màquina no entra dins de l'abast del projecte, altrament serà dissenyada i executada per una empresa subcontractada.

#### 1.4. Requeriments del client

La primera fase del projecte es presenta amb l'interès d'un client de InoxMIM per una planta pilot per a la fabricació de maionesa. InoxMIM respon comercialment, demanant els requeriments tècnics que ha de complir aquest equip per tal de complaure les seves necessitats. A continuació es mostren aquests requeriments, base e incentiu per el desenvolupament del prototip.

- Producció en "batch" de 100L.
- Pressió de treball 50mbar.
- Temperatura de producció 100°C. ( Es disposa d'aigua calenta, freda, i vapor per a la transferència tèrmica).
- Aïllament tèrmic
- Agitador de tipus ancoratge amb rascadors perifèrics
- Dispersador estator-rotor per el cisallament del producte.
- Boles de neteja rotatives (es disposa de CIP en format aigua/vapor).
- Bomba de desplaçament positiu per a l'extracció del producte.
- Bomba d'alt poder de cisallament per a lots més viscosos o amb més concentració de sòlids.
- Es desitja l'equip en format SKID assentat sobre una bancada.
- Control automatitzat del procés a través de vàlvules automàtiques i vàlvules manuals en cas que es desitgi.

## 2. DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ

### 2.1. Descripció general de l'equip

El conjunt principal de l'equip consta d'un reactor amb sistema d'agitació i un sistema de dispersió amb recirculació ubicat a la part del fons. S'hi aboquen tots els components que formen la salsa, de forma ordenada i temporalitzada a través de les tolves situades a la part frontal del conjunt. Els components seran aspirats fins a l'interior gràcies al sistema de buit tal com s'observa a la Figura 1. El buit també assegurarà un producte lliure de contaminació.

A la dreta del dipòsit on es troba la sortida del producte, s'hi troba la bomba lobular de desplaçament positiu, encarregada d'estirar el producte fent-lo circular a través dels seus lòbuls d'altra precisió. A continuació es troba el micronitzador, d'una capacitat de cisallament excepcional, produint un producte final d'una textura lliure de sòlids. En aquest punt, es poden valoren dos opcions, si el producte final compleix les expectatives i paràmetres desitjats, aquest es conduit fins a un dipòsit extern o directament a l'envasat del producte, altrament serà reconduït una altra vegada al dipòsit.

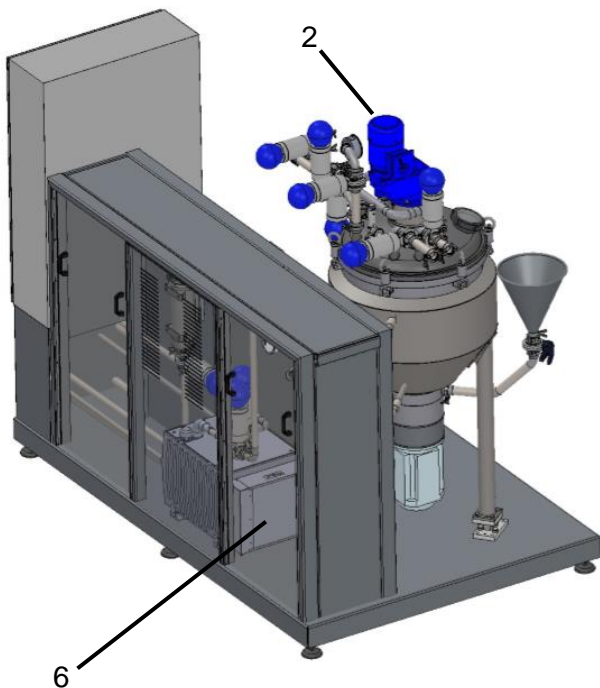


Figura 1: Vista isomètrica posterior

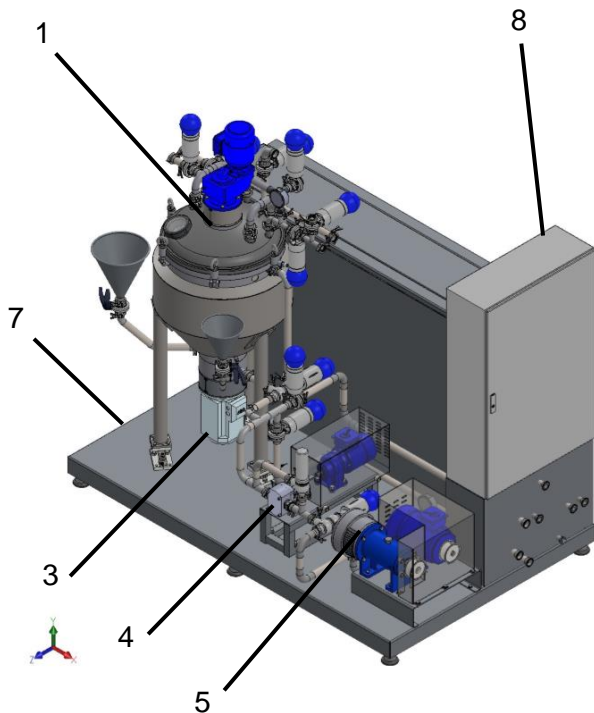


Figura 2: Vista isomètrica frontal

- 1-Dipòsit 100L
- 2-Agitador GFL
- 3-Emulsionador EMFL
- 4-Bomba lobular
- 5-Micronitzador
- 6-Bomba de buit
- 7-Estructura
- 8-Quadre de maniobres

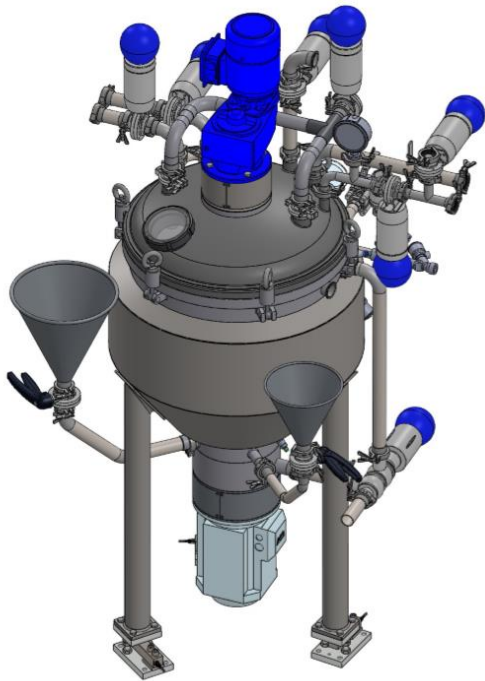


Figura 3: Secció dipòsit

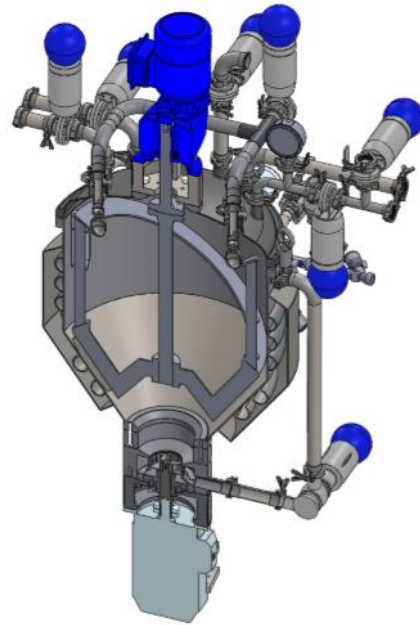


Figura 4: Conjunt dipòsit

## 2.2. Descripció dels elements integrats

### 2.2.1. Reactor 100L

Anomenem reactor principal al contenidor de mida variable on es produeix la barreja dels diferents components que formen el producte en qüestió a una pressió major a la pressió ambiental. A continuació s'explica els diferents factors que s'han tingut en compte alhora del disseny d'aquest reactor.

El disseny d'un dipòsit es dur a terme per donar una solució a una determinada necessitat:

-Emmagatzematge de matèria primera.

-Procés mitjançant una barreja o reacció d'un o varis productes.

S'ha de tenir en compte que aquests equips són vestits a mida, per la qual existeix una fase inicial de l'estudi. En aquesta fase inicial s'até sempre les necessitats i requeriments de:

**-Tipologia del procés** (homogeneïtzació, dissolució, barreja complicada, etc...)

**-Tipologia del producte** ( viscositat, densitat, corrosiu, etc...)

Un cop obtingut totes les dades del producte i procés a realitzar, es procedeix al càlcul i disseny de l'equip en base a una sèrie de paràmetres:

#### **Dimensions de l'equip:**

El que s'intenta des de InoxMIM, és el disseny quadrat del dipòsits per mantenir un escalat proporcional en el seu dimensionament. També serveix d'ajuda alhora de realitzar el disseny de les pales de l'agitador i per obtenir una forma equilibrada entre esvelt i rodanxó.

Diàmetre 600 per 600 d'altura de virola, recordant que aquí falta sumar l'altura del fondo inferior cònic i el fondo Klopper superior. Tenint en compte que el reactor no treball mai ple, sinó aproximadament a  $\frac{3}{4}$  de la seva capacitat màxima, hi apliquem un volum de seguretat extra per tal que el client pugui produir els 100L de producte desitjat.

Es considera important nombrar també, que la selecció del fondo inferior cònic, és degut a l'elevada viscositat del producte on gràcies a la inclinació d'aquest fondo ajuda al buidatge del producte.

#### **Material i acabats:**

La selecció del material sempre es realitza en funció de les característiques del producte. Per això, s'ha de comprovar les taules de corrosió i verificar la tipologia del procés.



Els principals materials per a la fabricació de dipòsits industrials són:

- Acer al carbono
- Acer inoxidable

Com que es tracta d'un procés alimentari és realitzarà amb acer inoxidable 316L.

### **Temperatura de treball:**

En funció de la temperatura requerida per el processat del producte, el dipòsit pot requerir de sistemes de refrigeració o escalfament. Els sistemes més utilitzats són:

**-Mitja canya:** S'utilitza principalment per a la calefacció de dipòsits a través de vapor.

La soldadura de la mitja canya de diàmetre determinat segons cada fabricant, amb el dipòsit ens proporciona juntament amb la seva forma rodona una molt bona resistència a la pressió.



*Figura 5: Mitja canya soldada al dipòsit (Equinox S.L., 2011)*

**-Serpentí:** Molt semblant a la mitja canya amb la limitació que serveix per a volums relativament petits. El fet de no anar soldat al dipòsit suposa una disminució de la resistència a les parets de la calefacció.



Figura 6: Serpentí (Comquima Europe S.L, 2016)

**-Camisa:** Aquest sistema de calefacció el formen el dipòsit i una camisa que l'envolta. Majoritàriament, s'hi solda uns passamans a l'interior per millorar la recirculació de l'aigua calenta.



Figura 7: Camisa de calefacció (MAX MIXER CO., 2010)

### Pressió de treball:

Al igual que amb el paràmetre de la temperatura, cada producte requereix de unes condicions de pressió diferents. Es pot trobar dipòsits atmosfèrics o recipients a pressió, com és en el nostre cas, atenent a la següent codificació:

- ASME Secc. VIII Div. I
- AD Merkblätter 2000

-CODAP

-API

Per el disseny del reactor s'ha utilitzat la norma ASME SECC. VIII DIV. I, alhora de seleccionar els gruixos de xapa necessaris per a suportar les pressions de treball requerides per el client.

### **Gruix de xapa:**

En funció de factors com la corrosivitat del producte, la columna hidrostàtica i la pressió de treball, es determina el gruix de xapa necessari per a la fabricació del dipòsit.

A més, cal tenir en compte el tipus de sistema de calefacció/refrigeració que s'ha imposat, mitja canya en el nostre cas, ja que el cordó de soldadura d'aquesta pot penetrar a l'interior del dipòsit, raó per la qual cal incrementar aquest gruix, mínim fins a 4mm de paret per tal d'evitar aquesta possible anomalia. Si el dipòsit fos encamisat, podríem assolir un mínim de 3mm de gruix de paret.

Per presentar els diferents components que el formen, es comença per el fondo superior.

-A la part central del dipòsit s'hi situa l'encamisat per a la qual hi circula l'aigua calenta. Aquesta transmet energia tèrmica al producte per ajudar a homogeneïtzar la barreja. L'activació del sistema de calefacció és opcional, depenent del client i el producte que es vulgui produir.

-La part inferior del dipòsit, anomenat fondo inferior, és característic per la seva inclinació, facilitant el descens del producte cap a la sortida del dipòsit.

La sortida es dur a terme de manera especial a través de l'emulsionador de fondo. Al seu costat hi tindrem una sonda tèrmica que ens determinarà la temperatura del producte.

### 2.2.2. Agitador

A l'interior del dipòsit es situa l'agitador vertical GFL, accionat per un motor reductor de engranatges paral·lels, funciona a baixes velocitats de rotació permeten la utilització d'elements agitadors de gran superfície de pala aconseguint un alt rendiment de treball.

Descripció dels components:

Agitador vertical GFL 0.75-26/550

Motor reductor Nord eixos paral·lels

Trifàsic 230/400V 50Hz

Potència 0.75kW Aïllament IP55

Classe eficiència: IE3

Velocitat angular: 26rpm

Obturació: Tanca mecànica de cartutx de gir en sec Carbó/Silici/EPDM

Hèlice tipo Àncora EK amb rascadors articulats de PTFE

Material: AISI 316L

Nivell d'acabats: alimentari  $Ra < 0,8 \mu\text{m}$ .

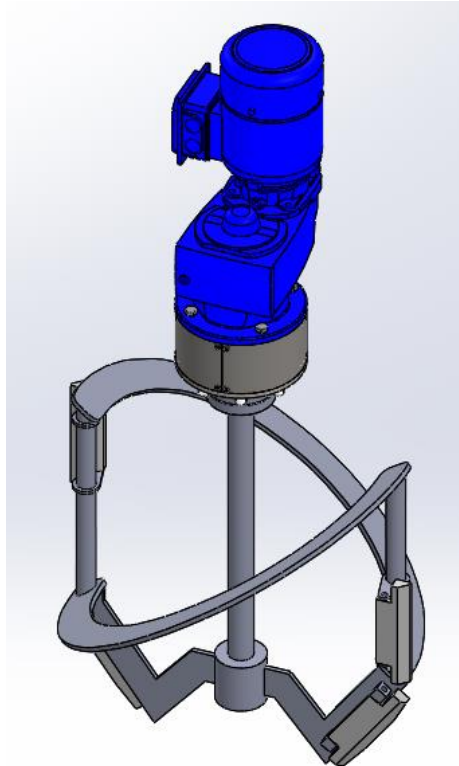


Figura 8: Agitador GFL hèlice àncora "EK"

### 2.2.3. Emulsionador de fondo

Els emulsionadors EMF s'instal·len a la part inferior del tanc realitzant la dissolució ràpida de les partícules més pesades del producte. La rotació de la turbina genera la succió necessària per aspirar el fluid cap al centre del capçal, on gràcies a la força centrífuga, es dirigeix a la part exterior del rotor. Un cop arriba a l'espai entre la turbina i l'estator, el producte experimenta una alta pressió produint així la molta. Posteriorment, al passar a través dels orificis del capçal a alta velocitat de gir, genera un esforç tallant molt elevat donant lloc a la dispersió, emulsió i homogeneïtzació total de la barreja.

Descripció dels components:

Emulsionador de fondo EMFL 4-3000 amb recirculació

Motor ABB 3000 rpm

Trifàsic 400/690V 50Hz IP55

Classe d'eficiència: IE2

Turbina: Vòrtex

Estator: Ranurat

Obturgació: Tanca mecànica doble de cartutx CS/CG/EPDM-CS/CS/EPDM

Material: AISI 316L

Nivell d'acabats: Alimentari  $Ra < 0,8 \mu\text{m}$ .

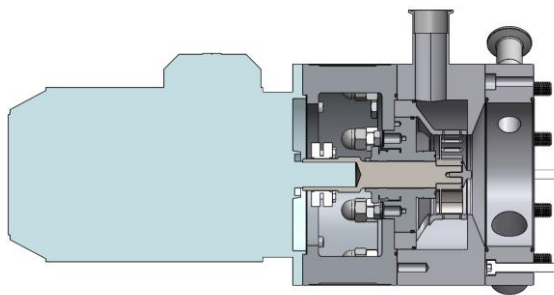


Figura 9: Secció Emulsionador

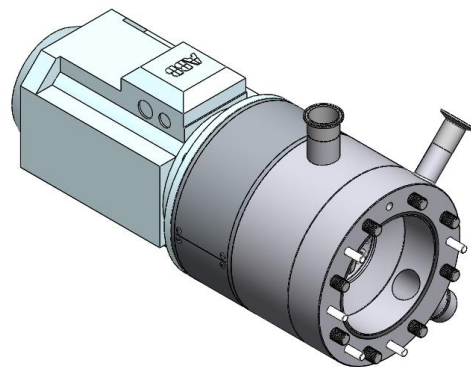


Figura 10: Emulsionador de fondo EMFL

#### 2.2.4. Bomba lobular

La bomba lobular, tal com indica el nom està formada per dos lòbuls de tolerància molt precisa expressos per el bombeig de líquids viscosos. Es troba situada al costat de l'emulsionador de fondo, bombejant el producte fins a la següent fase.

Descripció dels components:

Bomba lobular FL55LPRL

Motorreductor 0.75kW a 204 rpm

Bancada T52 Inox

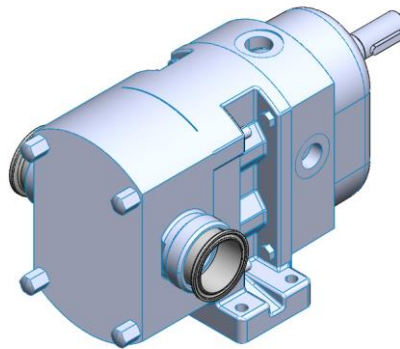


Figura 11: Bomba lobular

#### 2.2.5. Micronitzador

Els equips de barreja MICRO, especialment dissenyats per proporcionar un alt grau de cisallament dels reactius en qüestió, produeixen un resultat perfectament emulsionat.

Àmpliament utilitzats per emulsions tècniques en múltiples processos alimentaris, cosmètics i farmacèutics, es gràcies al seu disseny específic, a la alta velocitat de gir del rotor i a la instal·lació de la doble tanca mecànica, que proporcionen resultats excel·lents en emulsions d'alta viscositat.

Descripció dels components:

Bomba MICRO 4-5000

motor IE2 2p 400/690V

50Hz ABB T132 4 kW B3 (potes)

IEC3 term. PTC 150 estàndard

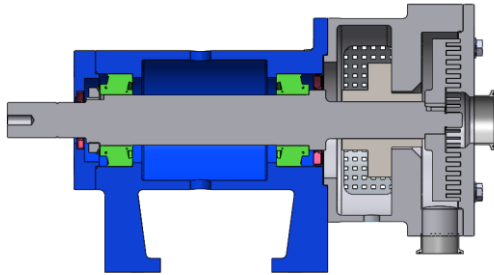


Figura 12: Secció bomba micronitzador

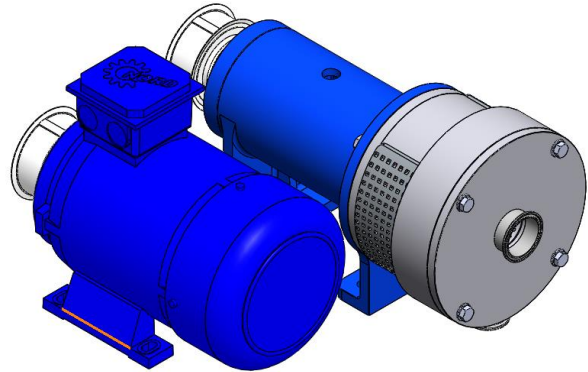


Figura 13: Bomba micronitzador

### 2.2.6. Bomba de buit

La seva funció és reduir la pressió d'un volum estanc, de manera que, s'aconsegueix generar el buit al seu interior.

Un cop aconseguit el buit, una bomba de buit s'ha de mantenir funcionant a certa càrrega per tal de mantenir la situació de buit.

Bomba de buit 0.83 kW 200-240/345-415V 50Hz

2BL2041-2AH50-4A

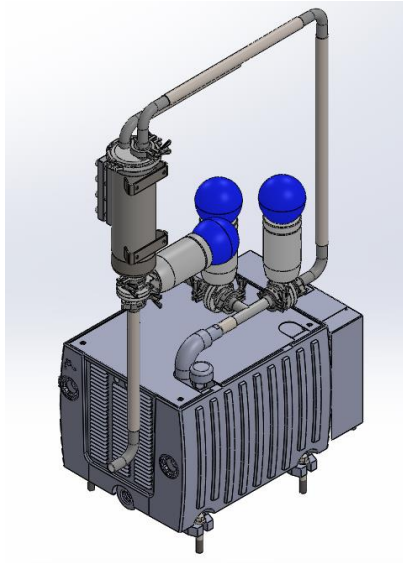


Figura 14: Sistema generació de buit

### 2.2.7. Suport equip

S'anomena bancada, a l'estructura que s'encarrega d'aguantar els diferents components que formen l'equip de producció de salses.

Aquesta ha de ser robusta i alhora lleugera, és per això que es fabrica soldant tubs quadrats/rectangulars formant en aquest cas un rectangle on hi quedaran assentats tots els components.

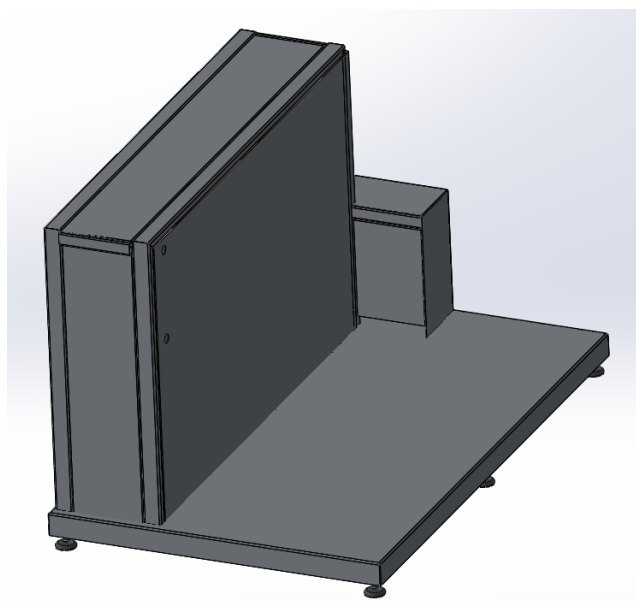


Figura 15: Estructura i armari protecció



### 2.2.8. Connexions

Els dipòsits requereixen de connexions, tubs, e instrumentació per a l'accés al seu interior. A continuació és descriu per a cada zona del dipòsit el conjunt de connexions del qual està format.

#### Connexions fondo superior:

-1 Boca d'home en AISI-316 de Ø100

-1 Entrada d'aigua: 5 connexions Clamp DN40, 4 abraçadores DN40

-1 Entrada vinagre: 5 connexions Clamp DN40, 4 abraçadores DN40

-2 Boles de neteja: 2 connexions clamp DN50, 3 connexions clamp DN40, 2 connexions clamp DN25, 2 connexions clamps cecs DN50, 3 abraçadores DN25-40, 2 abraçadores DN50

-1 Vàlvula de seguretat: 1 connexió clamp DN40, 1 abraçadora DN40

-1 Trencament de buit: 5 connexions clamp DN40, 3 abraçadores DN40

-1 Entrada per la creació del buit: 7 connexions clamp DN40, 6 abraçadores DN40, 1 transmissor de pressió, 2 vàlvula automàtiques.

-1 Recirculació de producte a la sortida del micronitzador: 3 connexions clamp DN40, 2 abraçadores DN40.

-1 Brida DN100 per el suport de l'agitador vertical.

#### Connexions virola:

-Entrada calefacció: 3 vàlvules manuals, 1 manòmetre, 1 transmissor de temperatura PT100, 1 vàlvula de seguretat.

-Sortida calefacció: 3 vàlvules manuals.

-1 Sensor nivell màxim: 1 connexió 1" BSP.

-Entrada recirculació de producte des de la sortida de l'emulsionador: 2 connexions clamp DN40, 1 abraçadores DN40, 1 vàlvula automàtica.

Connexions fondo inferior:

-1 entrada per l'oli: 1 tolva 7L, 1 vàlvula manual, 4 connexions clamp DN40, 3 abraçadores DN40.

-1 entrada per l'oli: 1 tolva 2,5L, 1 vàlvula manual, 4 connexions clamp DN40, 3 abraçadores DN40.

-Sortida per a la recirculació de producte: 5 connexions clamp DN40, 4 abraçadores DN40, 1 vàlvula automàtica multivia.

-1 Sensor de temperatura PT100: 1 connexió 1" BSP.

-1 Brida DN125 per el suport de l'emulsionador

### **2.2.9. Accessoris de seguretat i control**

En el procés de disseny de dipòsits industrials, s'ha de tenir present els requeriments de seguretat i control. Aquests donen una lectura dels diferents paràmetres de pressió, temperatura o altres que ens ajudaran a controlar l'equip de forma segura.

### **2.2.10. Quadre de maniobres**

Pantalla tàctil amb PLC, seccionador/interruptor general, variadors de freqüència, potenciómetres de portes, displays de visualització, parada d'emergència, pilots de senyalització, 10m de cable i clavilla de 30A.

### 2.3. Descripció del procés de producció de la maionesa

Es recomana la lectura de la següent descripció amb el suport del plànol ESMIM\_PID\_01.

Per dur a terme el procés de preparació de la maionesa, primer de tot es carrega el dipòsit d'aigua fins que el pes d'aquesta arriba a una determinada consigna que automàticament obrirà el sistema de buit del dipòsit. A partir d'ara, el sistema automàtic de buit s'activarà sempre que la pressió a l'interior del dipòsit no sigui l'establerta per la consigna. Llavors, es carrega manualment el sucre a través de la tolva de dimensions més petites, homogeneïtzant la mescla gràcies a l'agitador vertical situat a l'interior del dipòsit. Al cap d'un cert temps s'introdueix la sal a través de la mateixa tolva, i s'homogeneïtza la solució.

Per evitar grumolls en la solució concentrada d'aigua, sucre i sal, es mesclen una solució estabilitzant amb l'ajuda de l'agitador i del l'emulsionador de fondo durant un temps determinat.

Després s'introdueix l'oli per la tolva de dimensions superiors i s'aplica l'agitació i emulsió determinada, per així procedir a la càrrega del vinagre a través d'una vàlvula situada al fondo superior del dipòsit. Aplicant el mateix criteri d'agitació i emulsió que l'oli i se li dona un temps extra d'agitació de l'anomenada "pre-emulsió", solució prèvia a la producció de maionesa.

A continuació, es tanca el sistema de buit, que fins ara ha treballat per assegurar l'estabilitat i evitar qualsevol contaminació de la solució a l'interior del dipòsit. També s'apaga l'agitador i l'emulsionador de fondo, per procedir a la emulsió de la maionesa a través del conjunt format per la bomba lobular i la bomba "micro" que estiraran el producte i s'encarregaran d'aconseguir la textura òptima gràcies a l'alt grau de cisallament dels lòbuls i de la turbina respectivament. Per finalitzar el procés, ens s'assegura de buidar el dipòsit gràcies al sistema de buit que activarem de nou per empentar el producte, i amb l'ajuda de l'agitador i els seus rascadors situats a les parets laterals i al fondo inferior, s'impulsa la maionesa a través del conducte de sortida fins al dipòsit de recepció del producte final.

**3. RESUM ECONÒMIC**

A continuació es mostra mitjançant diferents partides el resum econòmic:

Descripció	P.V.P
Reactor preparació maionesa + sistema calefacció	15.827 €
Agitador GFL	4.770 €
Emulsionador de fondo EMF	9.938 €
Bomba de descarga tipus lobular	2.738 €
Micronitzador en línia	9.724 €
Control mitjançant cèl·lules de càrrega	3.141 €
Sistema de buit	4.716 €
Instrumentació, tuberia i valvuleria	6.516 €
Bancada i recobriments exteriors	4.760 €
Quadre elèctric	13.528 €
Enginyeria	5.067 €
Expedició	1.147 €
TOTAL SENSE IVA	81.871 €
IVA (16%)	<b>94.970 €</b>

#### 4. CONCLUSIONS

Amb tot l'exposat en la present memòria i en els seus annexos, així com en la resta dels documents que integren el projecte i tots els requisits exigits per la Normativa vigent, queden suficientment definits tot i cadascun dels elements que són precisos per el disseny de l'equip per a la preparació de salses.

Partint d'aquestes premisses, es fa necessari que un altre projecte es preocupi acuradament del disseny dels diferents elements elèctrics que intervenen en la automatització i transformació d'energia.

El projecte ha estat dissenyat segons les especificacions establertes. S'ha reduït el màxim possible la complexitat del mecanisme i dels elements que componen la màquina, per reduir costos i entrar en els paràmetres establerts sense renunciar a la funcionalitat.

El disseny d'aquesta màquina segueix les disposicions corresponents a la normativa vigent referent tant a productes alimentaris, industrials i sanitaris com de seguretat de màquines.

Desafortunadament, el client no va acceptar l'oferta de l'equip, la qual no s'ha arribat a fabricar i s'ha quedat com un prototip. Tot i així, aquest projecte ha assentat unes bases i coneixements per el desenvolupament de nous equips aquests si ja fabricats basats en l'equip ESMIM per a la preparació de salses.

## **5. RELACIÓ DE DOCUMENTS DEL PROJECTE**

### **DOCUMENT 1: MEMÒRIA**

MEMÒRIA DESCRIPTIVA

ANNEXES

### **DOCUMENT 2: PLÀNOLS**

**DOCUMENT 3: PLEC DE CONDICIONS**

**DOCUMENT 4: ESTAT D'AMIDAMENTS**

**DOCUMENT 5: PRESSUPOST**

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Comquima Europe S.L. (2016). *solostocks*. Obtenido de <https://images.sstatic.com/reactor-400-litros-en-acero-inoxidable-316-con-serpentin-interior-de-segunda-man-28353125z0-08254167.jpg>

Equinox S.L. (2011). *Equinox*. Obtenido de <http://www.equinoxsl.com/imgs/slide/reactores/6.jpg>

Estado, A. E. (1984). *boe.es*. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rd/1984/03/28/858>

MAX MIXER CO., L. (2010). *mixermanufacture.com*. Obtenido de <http://www.mixermanufacture.com/uploads/201714618/thermal-oil-heating-reactor13472317728.jpg>

Sørensen, K. H. (10 de Diciembre de 2019). *Palsgaard*. Obtenido de <https://www.palsgaard.es/productos/salsas-y-aderezos/mayonesas/>

**ANNEX A: APLICACIONS**



## A.1 Aplicacions

L'equip de mescla ESMIM és un sistema de procés versàtil dissenyat específicament per a l'elaboració de salses alimentàries, entre las quals destaca la maionesa o el ketchup.

Per dur a terme aquests productes, cal tenir en compte molts paràmetres, que a per a cada un d'ells el farà únic, com ara, la concentració de cada component, la velocitat d'agitació en la fase d'homogeneïtzació, la temperatura del procés, la capacitat de cisallament de les partícules, els temps de cada fase del procés productiu, etc...

Aquí doncs, InoxMIM dona la solució en forma d'equip integral, on gràcies als paràmetres especificats pel client, podrà ajustar-se satisfactòriament a cada producte.

### A.1.1 Elaboració de maionesa industrial

La maionesa és una de les salses més utilitzades per proporcionar sabor molta varietat de plats. La textura és suau i cremosa, el secret d'aquesta salsa consisteix en una bona emulsió de la mescla oli i ou, acidificant amb vinagre o llimona. La lecitina de l'ou és la que actua com agent emulsionant i la mescla entre abundant de l'oli i l'ou ajuda a que puguem obtenir una emulsió compacta.

Els ingredients bàsics per a l'elaboració de la maionesa envasada són l'oli, ou o rovell d'ou pasteuritzat, vinagre, sal i llimona.

La maionesa industrial a diferencia de les casolanes, no s'alteren amb facilitat, gracies a dos factors:

-El **procés de pasteurització** al que es sotmet, fet que redueix el risc de contaminació microbiana.

-El **grau d'acidesa** que s'aconsegueix, permet crear una barrera de protecció que impedeix el creixement microbià i la producció de toxines, difícil d'aconseguir amb la versió casolana.

El document BOE- A-1984-10112 del *Reglamento Técnico-Sanitario para la Elaboración, Circulación y Comercio de Salsas de Mesa* (Estado, 1984) estableix que, perquè un producte pugui denominar-se maionesa, ha de contenir un mínim de 65% d'oli vegetal i un 5% de rovell d'ou. A més, ha de tenir un aspecte i color generalment groc. Per aconseguir la textura pròpia de la maionesa s'utilitzen varis additius, espessants i estabilitzants (com el midó modificat i les gomes per aconseguir una consistència adequada), imprescindible per mantenir la emulsió de dos ingredients que, per si sols, no es poden mesclar.

És important destacar que, en l'elaboració de la maionesa industrial la normativa exigeix que solament s'utilitzin ous o rovells d'ou pasteuritzats. Al sotmetre aquest aliment a un tractament que assegura la seva innocuïtat, és minimitza el risc d'aparició de malalties com la salmonel·losi, uns dels principals riscos de la maionesa casolana.

L'ús del vinagre i la llimona també és important, no solament per l'aportació d'acidesa necessària, sinó per reduir el risc de creixement i reproducció de les bacteries patògenes.

Segons el país, la recepta pot variar però algunes receptes típiques, variant el percentatge d'oli, són:

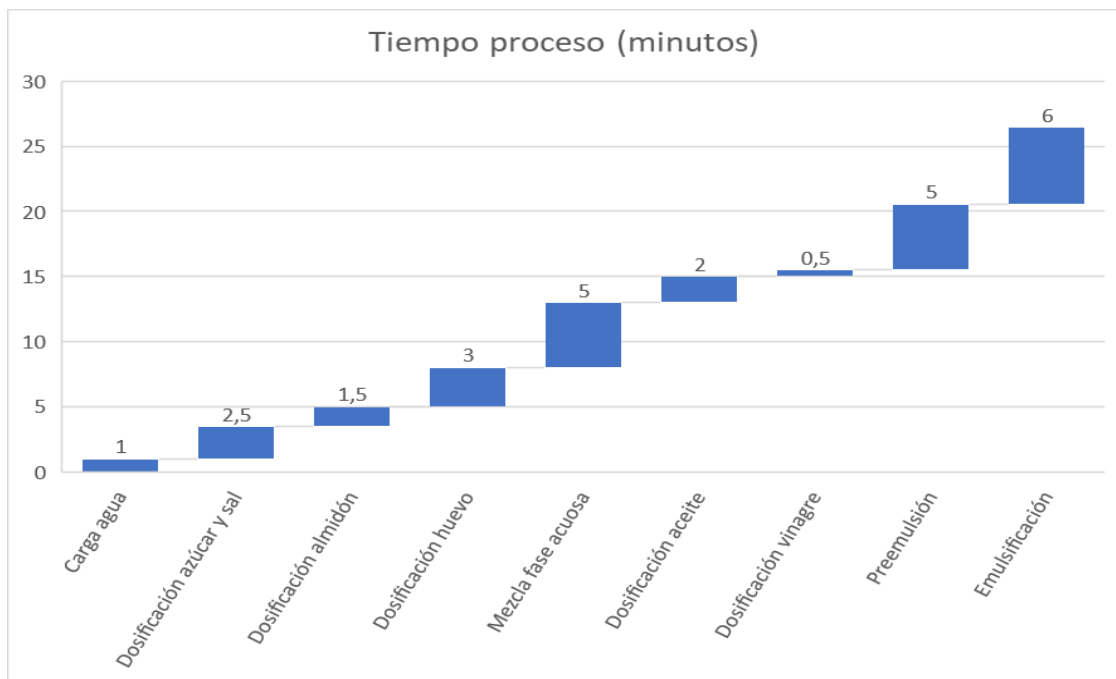
1. 80% oli, 6% rovell d'ou, 4% vinagre, 1% sucre, 1% sal, 0.5 % especíes, 7.5 % aigua.
2. 50% oli, 4% rovel d'ou, 4% altres espesseïdors, 3% vinagre, 1.5% sucre, 0.7% sal, 1.5% especíes, 35.3 % aigua.

A les receptes de baix contingut de greix, s'hi afegeix midó i gomes per augmentar la viscositat i assegurar una emulsió estable.

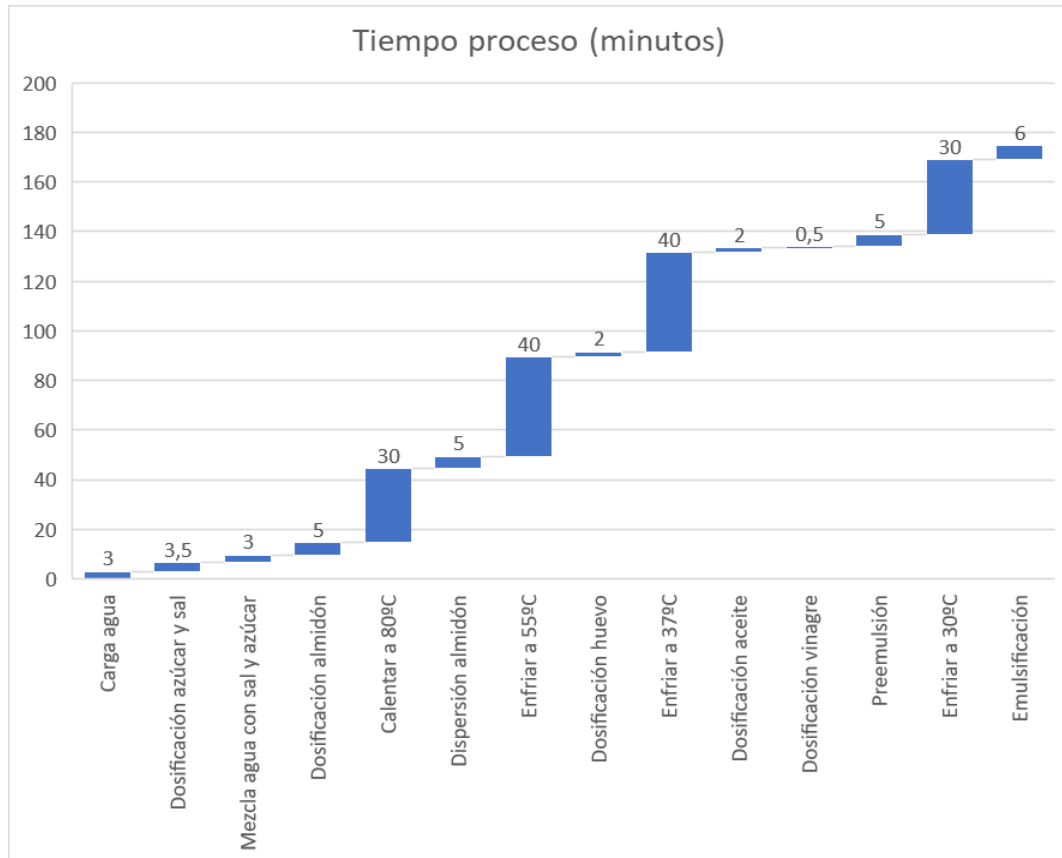
3. 30% oli, 5% midó, 2% gomes, 5% vinagre, 1% ou y 55% aigua.

La maionesa tècnicament és una barreja oli-aigua on l'oli sol ser el component predominant, mentre que l'aigua el segon. Es tracta d'una barreja de components immiscibles, on per molt que els barregis sempre tendeixen a formar-se dos capes separades, per un costat la del greix de l'oli i per altra l'aigua. Per tal de facilitar la unió d'aquests dos components necessitem un agent emulsionant, és a dir, un enllaç entre aquests dos components. En aquest cas, parlem del rovell de l'ou, que com a tal està ple de partícules emulsionants.

Per dur a terme la maionesa en fred, és a dir, homogeneïtzant els seus components a temperatura del rang 20-30°C, és necessari la presència abundant d'oli a la barreja.



Gràfic 1: Temps de producció de maionesa en fred



Gràfic 2: Temps de producció de maionesa en calent

## **A.2 Problemes**

-Si la dispersió d'ou i altres agents emulsionants no és l'adequada, aquesta es pot tallar durant l'addició d'oli.

-Si la proporció d'oli és elevada i la seva addició dins el reactor no és adequada es pot tallar l'emulsió. És difícil controlar-la quan és realitza manualment. És per això, que aquest equip, porta incorporat les cèl·lules de càrrega per calcular la proporció exacte de cada component.

-La gota d'oli s'ha de reduir al màxim possible per maximitzar la superfície d'oli i assegurar l'emulsió estable.

-La ventilació ha de ser minimitzada per assegurar la màxima vida del producte, per aquest motiu es realitza el buit del procés.

**ANNEX B: CÀLCULS**

**B.1 Dades de disseny**

<b>Reactor</b>	
<b>Pressió màxima</b>	0,5 bar
<b>Pressió de disseny</b>	0,5 bar
<b>Test de pressió</b>	8.6 bar
<b>Pressió de treball mínima</b>	-1 bar
<b>Pressió de treball màxima</b>	150 °C
<b>Temperatura de treball màxima</b>	100 °C
<b>Temperatura de treball mínima</b>	20 °C
<b>Volum útil</b>	100 Litres
<b>Volum total</b>	170 Litres
<b>Diàmetre interior</b>	600 mm
<b>Altura de la virola</b>	350 mm
<b>Fondo superior</b>	Klopper
<b>Fondo inferior</b>	Cònic 40°
<b>Altura fondo inferior</b>	251 mm
<b>Producte</b>	Sòlids i líquids

<b>Encamisat</b>	
<b>Pressió màxima</b>	2 bar
<b>Pressió de disseny</b>	2 bar
<b>Test de pressió</b>	3,6 bar
<b>Temperatura de disseny màxima</b>	150 °C
<b>Temperatura de treball màxima</b>	100 °C
<b>Temperatura de treball mínima</b>	20 °C
<b>Volum</b>	29 Litres
<b>Producte</b>	Vapor, aigua calenta/freda

## B.2 Paràmetres del producte

Viscositat: 5000 cp=5 kg/m\*s

Densitat: 3.860kg/m<sup>3</sup>

NºRevolucions: 28rpm =0,466rps

Diàmetre agitador: 550mm=0.55m

### B.2.1 Càlcul de potència consumida

Per el càlcul de la potència consumida és calcula primer de tot el número de Reynolds

$$Re = \frac{N * d^2 * \rho}{\mu} \quad (Eq. 1)$$

N= velocitat de rotació (rps)

d= diàmetre del agitador (m)

$\rho$ = densitat del fluid (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$ = viscositat (kg/m\*s)

$$Re = \frac{0,466 * 0.55^2 * 3860}{5} = 1,08x10^2$$

El valor del número de Reynolds defineix si el caràcter del fluid és turbulent o laminar. A més es considera que el pas entre règim laminar i turbulent no és immediat, passant per una zona de transició. Es defineix amb el següents intervals:

Règim laminar:  $Re < 10$

Règim transitori:  $300 < Re < 10000$

Règim turbulent:  $Re > 10000$

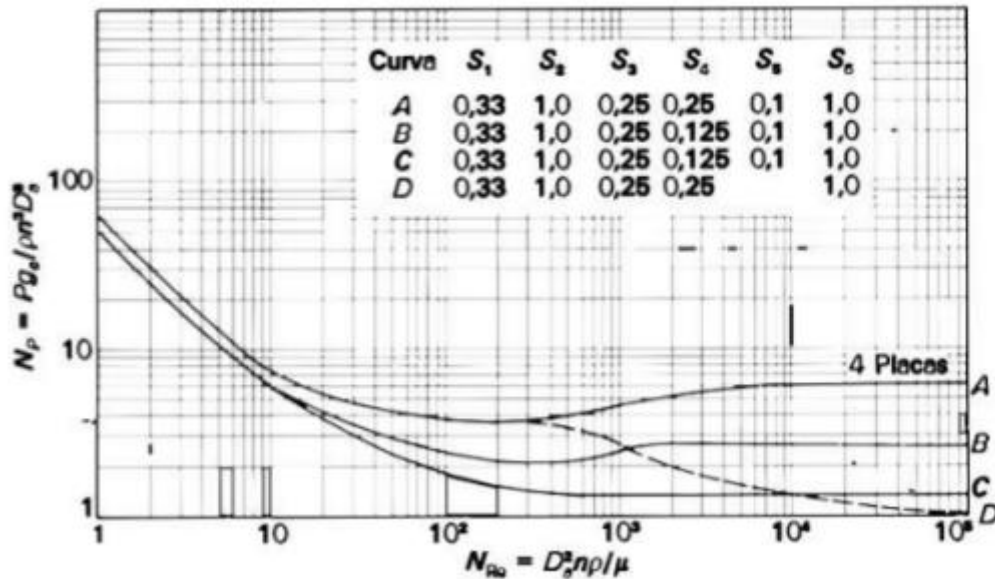


Figura 16: Número de potència  $N_p$  per a cada Reynolds

La corba A és la que s'ajusta més la nostre geometria de pala. Ens surt un  $N_p$  aproximat de 3.

A continuació utilitzarem el número de potència per aïllar la potència consumida.

$$N_p = \frac{P}{N^3 * d^5 * \rho} = 3 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$P = 3(0,466^3 * 0,55^5 * 3860) = 58,63W$$

A continuació, cal tenir en compte les següents consideracions:

Eficiència del motor= 0,7

Pèrdues per fricció= 35%

$$P = \frac{58,63 * 1,35}{0,7} = 113,07W = \mathbf{0,11kW}$$

La potència teòrica consumida per l'agitador al mesclar el producte no reflecteix el grau de complicació d'aquesta agitació, és per això que cal tenir en compte que amb la maionesa en calent pot resultar una agitació més senzilla, mentre que en fred, aquesta augmenta la viscositat i podria resultar una agitació totalment diferent.





## B.2.2 Selecció del motor reductor


Aquest agitador necessita d'un motor reductor, ja que amb productes viscosos les velocitats d'agitació oscil·len entre 10-40 rpm. Aquest formarà part de la gamma de motor reductors de NORD DRIVESYSTEMS, amb una configuració d'engrenatges paral·lels, adequat per el seu parell motor elevat.

S'ha considerat també les dimensions del reductor, ja que podria afectar en el muntatge juntament amb els altres components. A continuació s'adjunta la selecció de la potència de 0,75kW a 26 voltes segons catàleg de NORD:

**0,75 kW**  
**1,10 kW**







P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	f <sub>B</sub>	i <sub>ges</sub>	F <sub>R</sub> [kN]	F <sub>A</sub> [kN]	F <sub>R VL</sub> [kN]	F <sub>A VL</sub> [kN]	Type	kg	mm
0,75	6,1	1168	0,9	230,83	12,8	14,5	20,4	20,0	SK 3382 - 80 LP/4	58	D65
	7,4	965	0,9	190,69	14,1	14,5	21,2	20,0			
	8,8	817	1,0	161,46	14,8	14,5	21,7	20,0			
	11	643	1,2	126,93	14,1	14,5	22,2	20,0			
	14	526	1,4	104,05	13,5	14,5	22,4	20,0			
	16	453	1,4	89,60	13,0	14,5	22,5	20,0			
1,10	13	568	1,4	112,23	13,9	14,5	22,3	20,0	SK 3282 - 80 LP/4	50	D64
	14	510	1,6	100,88	13,6	14,5	22,4	20,0			
	16	449	2,1	88,74	13,2	14,5	22,5	20,0			
	18	404	2,1	79,76	12,8	14,5	22,6	20,0			
	20	357	1,6	70,56	12,3	14,5	22,7	20,0			
	21	334	2,3	65,89	12,2	14,5	22,7	20,0			
	25	282	2,3	55,79	11,6	14,5	22,6	20,0			
	29	243	2,3	48,04	11,1	14,5	21,7	20,0			
34	213	4,4	42,02	10,8	14,5	21,0	20,0				
1,10	11	667	0,8	131,86	6,7	12,0	11,8	15,0	SK 2382 - 80 LP/4	42	D63
	12	589	0,9	116,35	7,6	12,0	12,4	15,0			
	14	498	1,1	98,35	8,4	12,0	12,9	15,0			
	17	416	1,3	82,22	8,9	12,0	13,2	15,0			
	20	351	1,6	82,22	9,3	12,0	13,5	15,0			
1,10	14	511	0,9	100,98	8,3	12,0	12,8	15,0	SK 2282 - 80 LP/4	35	D62
	17	417	1,1	82,42	8,9	12,0	13,2	15,0			
	20	353	1,3	69,67	9,3	12,0	13,5	15,0			
	22	323	1,6	63,83	9,4	12,0	13,6	15,0			
	26	273	1,9	53,96	9,6	12,0	13,7	15,0			
	31	228	2,0	45,11	9,8	12,0	13,8	15,0			
	38	188	2,4	37,18	9,3	12,0	13,9	15,0			
	48	150	3,3	29,65	8,8	12,0	14,0	15,0			
	53	136	3,2	26,83	8,5	12,0	14,0	15,0			
	57	126	3,9	24,97	8,3	12,0	14,0	15,0			
	59	121	3,6	23,96	8,3	12,0	14,0	15,0			
	65	111	4,3	21,90	8,0	12,0	14,0	15,0			
1,10	20	365	0,8	72,17	4,8	7,2	8,4	7,2	SK 1282 - 80 LP/4	24	D61
	21	335	0,8	66,23	4,7	7,2	8,6	7,2			
	24	298	0,9	58,89	4,7	7,2	8,9	7,2			
	26	280	0,8	55,39	4,6	7,2	8,9	7,2			
	29	249	1,0	49,25	4,6	7,2	9,1	7,2			
	31	234	0,8	46,19	4,5	7,2	9,2	7,2			
	34	208	1,0	41,07	4,4	7,2	9,3	7,2			

Figura 17: Catàleg NORD DRIVESYSTEMS

**B.2.3 Càlcul reactor a pressió:**

A continuació es mostra el càlcul dels gruixos de la virola i el fondo Klopper segons la Norma ASME VIII:

**Características generales**

Presión máxima de trabajo	6 Kp/cm <sup>2</sup>
Temperatura máxima de trabajo	150 °C
Diámetro exterior del cilindro	600 mm
Espesor del cilindro / fondos	4
Espesor fondo superior	4
Espesor fondo inferior	4
Longitud cilindro	350

<b>PRUEBA HIDRÁULICA</b>	
Ph=1,43*Pd	<b>8,58</b>
Ph=1,25*Pd*σm/σmt	<b>8,120</b>
<b>SE PROBARA A</b>	<b>8,58kp/cm<sup>2</sup></b>

Espesores de la virola, se coge el mayor del 1 y el 2. Se prueba los dos por comodidad.			
<b>CÁLCULO PARTES A PRESIÓN</b>	<b>VIROLA</b>		
A.S.M.E. VIII -UG-27 (1), $t=(P*R)/((S*E)-(0,6*P))$			150
Espesor mínimo	t		
Presión de diseño	P	8,6	kp/cm <sup>2</sup>
Radio interior	R	30	cm
Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1067,04	kp/cm <sup>2</sup>
Eficiencia de la soldadura	E	0,7	-
<b>Tiene que ser menor a:</b>		<b>0,347818</b>	<b>cm</b>
<b>4</b>	<b>t=</b>	<b>3,478176</b>	<b>mm</b>
		$t \leq 1,5 * R$	
NOTA: Se tiene que cumplir una u otra	<b>CORRECTO</b>	56,25	t
		$P \leq 0,385 * (S * E)$	
	<b>CORRECTO</b>	287,56	P
A.S.M.E. VIII -UG-27 (2), $t=(P*R)/((2*S*E)+(0,4*P))$			70°C

Espesor mínimo	t		
Presión de diseño	P	6	kp/cm <sup>2</sup>
Radio interior	R	30	cm
Tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1067,04	kp/cm <sup>2</sup>
Eficiencia de la soldadura	E	0,7	-
<b>Tiene que ser menor a:</b>		<b>0,241764</b>	<b>cm</b>
	<b>4</b>	<b>t=</b>	<b>2,417639</b> <b>mm</b>
Lo mismo para los fondos			
<b>CÁLCULO PARTES A PRESIÓN</b>			
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-4)			
$t=(P*L*M)/((2*S*E)-(0,2*P))$		150	
espesor mínimo	t		cm
presión de diseño	P	8,6	kp/cm <sup>2</sup>
Radio interior PARA KLOPER ZIC-SAL	L	30	cm
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1067,04	kp/cm <sup>2</sup>
eficiencia de la soldadura	E	0,7	
MIRAR ZIC-SAL Y A1 MANDATORIO P317 APENDICE 1-4C ASME	M	1,54	
<b>Tiene que ser menor a:</b>		<b>0,266276</b>	<b>cm</b>
	<b>4</b>	<b>t=</b>	<b>2,66276</b> <b>mm</b>
Lo mismo para los fondos			
<b>CÁLCULO PARTES A PRESIÓN</b>			
A.S.M.E. VIII -APENDICE 1 (1-4)			
$t=(P*L*M)/((2*S*E)-(0,2*P))$		150	
espesor mínimo	t		cm
presión de diseño	P	6	kp/cm <sup>2</sup>
Radio interior PARA KLOPER ZIC-SAL	L	30	cm
tensión max. ad, a temp. de diseño	S	1067,04	kp/cm <sup>2</sup>
eficiencia de la soldadura	E	0,7	
MIRAR ZIC-SAL Y A1 MANDATORIO P317 APENDICE 1-4C ASME	M	1,54	
<b>Tiene que ser menor a:</b>		<b>0,185709</b>	<b>cm</b>
	<b>4</b>	<b>t=</b>	<b>1,857092</b> <b>mm</b>

Resum resultats obtinguts:

	Pressió (bar)	Gruix teòric (mm)	Gruix disseny (mm)
Virola	8,6	<b>3,47</b>	<b>4</b>
Virola	6	2,41	4
Klopper	8,6	2,66	4
Klopper	6	1,85	4