



EPS

Escola Politècnica

UdG Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Disseny i automatització d'un mesclador bicònic.

Document: Memòria i Annexos

Alumne: Eloi Morera Casas

Director/Tutor: Norbert Blanco

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial.

Àrea: Enginyeria Mecànica.

Convocatòria (mes/any): Juny/2014

ÍNDEX DE CONTINGUTS.

1	INTRODUCCIÓ	1
1.1	Antecedents.	1
1.2	Objecte.	4
1.3	Abast.....	4
1.4	Especificacions.	5
2	DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ.....	6
3	ELEMENTS ESTRUCTURALS DE LA MÀQUINA.....	8
3.1	Suports i base.	8
3.2	Rodaments.	9
3.3	Dipòsit	10
3.4	Eixos de suport.	10
3.5	Reforços.....	12
3.6	Support i adaptador d'entrada.....	12
4	ADAPTACIÓ PER A L'AUTOMATITZACIÓ.....	14
4.1	Adaptador dipòsit – vàlvules amb actuator.	14
4.2	Vàlvules amb actuator.....	15
4.3	Sistema de pesat: Cèl·lula de càrrega.	16
4.4	Adaptador Cèl·lula de càrrega – suport rodament.	17
4.5	Sistema de posicionament amb sensor inductiu.	17
4.6	Col·lector per a connexions rotatives.....	19
5	SISTEMA MOTRIU.....	20
5.1	Motor i eix de sortida.	20
5.2	Components de la transmissió.....	21
6	DISPOSITIUS DE SEGURETAT	22

7	COMPONENTS ELECTRÒNICS PRINCIPALS.	22
7.1	Generalitats.	22
7.2	Unitat controladora.....	23
7.3	Variador de Freqüència	23
8	RESUM DEL PRESSUPOST	24
9	CONCLUSIONS.	24
10	RELACIÓ DE DOCUMENTS.	25
11	BIBLIOGRAFIA.....	26
ANNEX A.	DOCUMENTACIÓ TÈCNICA.....	28
A.1	Propietats de l'acer inoxidable utilitzat.	29
A.2	Propietats de l'acer utilitzat.	29
A.3	Característiques tècniques Motor SIEMENS MOTOX.....	30
A.4	Característiques transmissió per cadena MOBLAT.	32
A.5	Rodaments SNR.....	33
A.6	Col·lector de transmissió de senyal/potència Kübler.....	35
A.7	Vàlvula amb actuator.	37
A.8	Variador de freqüència SIEMENS MICROMASTER 420.	38
A.9	Sensor posició eix SIEMENS.....	40
A.10	Cèl·lula de càrrega SIEMENS	42
A.11	PLC Siemens SIMATIC.	43
A.12	Dispositius de seguretat.	45
ANNEX B.	CÀLCULS	47
B.1	Introducció	48
B.2	Previsió de càrregues.	48
B.2.1	Hipòtesis: Casos d'estudi durant el cicle de barrejat.	49

B.2.2	Dades: Característiques granulars del material i geometria	50
B.2.3	Cas 1: Comportament granular estàtic.	51
B.2.4	Cas 2: Comportament granular fluidificat.....	60
B.2.5	Resultats.....	62
B.2.6	Conclusions.....	63
B.3	Dimensionament de gruixos del dipòsit bicònic.	64
B.3.1	Dades: Material, Soldadura i Condicions de càrrega.	64
B.3.2	Dimensionament del gruix segons codi ASME.	65
B.3.3	Comprovació mètode membranes i discontinuïtat.	66
B.3.4	Condicions de suma.	71
B.3.5	Resultats.....	72
B.3.6	Conclusions.....	73
B.4	Dimensionament del motor.	73
B.4.1	Dades.....	73
B.4.2	Càlcul inèrcia a l'eix de rotació del barrejador.....	74
B.4.3	Hipòtesis de càrrega dels parells resistents.	78
B.4.4	Taula resum: Dades i resultats.	80
B.4.5	Conjunt motor-reductor escollit.	81
B.4.6	Parell resistent i inèrcia reduïts a la sortida del motor.	81
B.4.7	Dimensionament transmissió per cadena.....	82
B.4.8	Resultats.....	84
B.4.9	Conclusions.....	85
B.5	Comprovació eix i rodaments.	85
B.5.1	Dades i hipòtesis de càrrega.	85
B.5.2	Diagrama del cos lliure.....	88
B.5.3	Càlcul d'esforços en seccions.	89
B.5.4	Comportament estàtic: Metodologia.....	90

B.5.5	Comportament estàtic: Càlculs.	92
B.5.6	Comportament a fatiga. Generalitats.	93
B.5.7	Comportament a fatiga: Metodologia	98
B.5.8	Comportament a fatiga: càlculs.	100
B.5.9	Comprovació dels rodaments	103
B.5.10	Resultats	106
B.5.11	Conclusions.....	107
ANNEX C. MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT.....		108
C.1	Manual d'ús.....	109
C.2	Manual de manteniment.	109
C.2.1	Lubricació del reductor Siemens.	109
C.2.2	Manteniment del motor Siemens.	110
C.2.3	Manteniment conjunt pinyó, cadena i plat.....	110
C.2.4	Suports amb rodaments SNR.	111
C.2.5	Manteniment vàlvules amb actuator.	111
C.2.6	Col·lector per a connexions rotatives.....	112
C.2.7	Quadre elèctric/componentes varis.....	112
C.2.8	Manteniment Legal.	112
C.2.9	Taula orientativa de freqüències de manteniment preventiu.	112
ANNEX D. ESPECIFICACIONS ELECTRÒNIQUES.....		115
D.1	Introducció.	116
D.2	Paràmetres: entrades i sortides.	116
D.3	Paràmetres de maniobra.....	116
D.4	Programació GRAFCET.....	117

ÍNDEX DE FIGURES.

<i>Figura 1. Projecte actual inicial de la barrejadora. Podem observar la tamisadora amb la mànega d'impulsió, juntament amb els suports, el dipòsit bicònic i un petit dipòsit d'extracció. [1]</i>	1
<i>Figura 2. Adaptacions. Estat actual de la barrejadora. [1]</i>	2
<i>Figura 3. Estat actual de la barrejadora. [1]</i>	3
<i>Figura 4. Detall de la barrejadora actual. Podem observar un operari enfilat a sobre el suport que esta acoblant l'adaptador d'entrada de producte. [1]</i>	3
<i>Figura 5. Conjunt general del mesclador bicònic. Podem observar-hi els suports, l'estructura superior el qual s'acobla la mànega, les dues vàlvules amb actuator i el quadre elèctric.</i>	7
<i>Figura 6 Detall on podem observar l'assemblatge entre els dos eixos amb el seus respectius suports. A la dreta, el conjunt fixat al suport motriu. A l'esquerra, el conjunt instal·lat al suport fix. Podem observar els rodaments instal·lats amb el seu suport (negre), la cèl·lula de càrrega (gris), el sistema de posicionament (blau) i el col·lector rotatiu.</i>	8
<i>Figura 7. Representació gràfica del suport amb rodament auto-alineat utilitzat en el projecte. [2]</i>	9
<i>Figura 8. Desalineament entre eixos. [2]</i>	9
<i>Figura 9. Dipòsit bicònic.</i>	10
<i>Figura 10. Suport dret soldat. Eix instal·lat al rodament flotant sobre el suport motriu. Es pot observar la xaveta i l'anell de retenció que serviran de fixació per al plat motriu.</i>	11
<i>Figura 11. Eix ubicat sobre el rodament fix sobre el suport anomenat fix. Presenta una ranura a una de les seves cares, el qual s'hi instal·larà el col·lector de transmissió de senyals i potència.</i>	11
<i>Figura 12. Vista general de l'estructura de suport d'entrada de producte.</i>	12
<i>Figura 13. Vista superior del conjunt d'entrada.</i>	13
<i>Figura 14. Detall de la regata el qual es fixa el pivot soldat a la mànega.</i>	13
<i>Figura 15. Vista frontal del conjunt d'entrada. Podem observar el cilindre inferior, el superior, i el con adaptador.</i>	14
<i>Figura 16. Anell adaptador.</i>	15
<i>Figura 17. Vàlvula amb actuator instal·lat a una de les boques del dipòsit.</i>	16
<i>Figura 18. Cèl·lula de càrrega semblant a la utilitzada. [3]</i>	16
<i>Figura 19. Connexió entre cèl·lula de càrrega i suport de rodament. En aquest cas, del suport fix. En negre el suport, en gris fosc, la cèl·lula de càrrega i en gris clar, la placa adaptadora.</i>	17
<i>Figura 20. En vermell, sensor de posicionament, en gris, el suport i la pestanya de posició soldada a l'eix.</i>	18
<i>Figura 21. Vista frontal de la posició de la pestanya respecte el sensor.</i>	18
<i>Figura 22. Acoblament amb perns del col·lector a l'eix. Ranurat interior.</i>	19
<i>Figura 23. Vista general. S'observa el braç de parell amb el col·lector, juntament amb els altres components fixats a l'estructura fixa.</i>	20

Figura 24. Vista general del conjunt motriu. S'hi veuen el motor fixat a la bancada amb pern, un separador (el gris fosc), el pinyó de compra (negre) i l'anell de retenció (en gris més fosc).	21
Figura 25. Vista general de la lleixa superior del suport motriu. Podem observar el suport amb rodament auto-alineant, la cèl·lula de càrrega i el seu adaptador, i el plat amb l'anell de retenció.	22
Figura 26. Cotes característiques del conjunt segons referència. [6]	30
Figura 27. Referència tapa eix no utilitzat. [6]	32
Figura 28. Cotes i condició de muntatge del rodament amb l'eix. [2]	33
Figura 29. Característiques col·lector. [8]	35
Figura 30. Dimensions col·lector. [8]	35
Figura 31. Referències, full de petició. [8]	36
Figura 32. Cotes representatives de la vàlvula de papallona. [9]	37
Figura 33. Catàleg de sensors Siemens. [11]	40
Figura 34. Pressions a obtenir sobre els diferents elements de la barrejadora degut al fluid granular.	49
Figura 35. Representació gràfica dels dos casos. En el cas 1 podem observar el rang el qual considerem el comportament estàtic del material. Aquest rang és pròxim als 140º. En el cas 2 observem la hipòtesis estudiada en el cas del material fluidificant, el qual el producte flueix d'un costat del dipòsit a l'altre..	50
Figura 36. Dimensions de la barrejadora bicònica en mm.	51
Figura 37. Gràfic d'obtenció de la tipologia de flux. [16]	53
Figura 38. Distribució de les pressions. [16]	54
Figura 39. Distribució de pressions de la part cilíndrica de la sitja. [16]	55
Figura 40. Informació sobre el grau d'excentricitat de l'abocament del material. [16]	56
Figura 41. Obtenció gràfica dels valors h, h1, h2 i D.	57
Figura 42. Distribució de pressions sobre la paret cònica. [16]	60
Figura 43. Diagrama de pressions Cas 2. Detall de l'obtenció de la paret inclinada	60
Figura 44. Estat de càrregues.	62
Figura 45. Casc cilíndric amb costura longitudinal i casc cònic. [17]	66
Figura 46. Diagrama de forces de la part cònica. [18]	67
Figura 47. Distribució de pressions en un conjunt cilindre-con. [18]	68
Figura 48. Dimensions eixos suport per a càlcul d'inèrcies.	73
Figura 49. a) condició límit que es donaria per un angle de 90º i per una compactació total del material. b) cas real, on el moment que origina considerem un 60% el moment generat a a).	79
Figura 50. Càrregues considerades. Dimensions dels eixos. Determinació de seccions d'anàlisi.	86
Figura 51. Seccions a analitzar.	87
Figura 52. Comportament d'una secció circular davant un Tallant, un Moment torçor i un Moment flector. [21]	88
Figura 53. Relació nombre de cicles d'esforç - tipologia de vida de la màquina. [21]	94
Figura 54. Factor Ka en relació al seu acabat superficial. [21]	95

Figura 55. Taules per obtenir el valor de sensibilitat q . A la taula superior obtenim q per a materials a flexió i a la inferior la sensibilitat q per esforços a torsió. [21]	96
Figura 56. Obtenció del factor K_t . Valor igual per les dues seccions. [21]	97
Figura 57. Obtenció K_{ts} per esforços de torsió. En vermell secció A. En blau secció B. [21]	97
Figura 58. Punts a estudiar amb comportament a fatiga.	98
Figura 59. Comportament de la tensió originada en el punt a degut al moment flector. [21]	99
Figura 60. Línies d'obtenció de coeficients de seguretat. En el nostre cas, seleccionem el criteri modificat de Goodman, que és una de les més restrictives. [21]	100
Figura 61. Característiques dels rodaments seleccionats. [2]	103

ÍNDEX DE TAULES.

Taula 1. Característiques de l'acer inoxidable per dipòsits a pressió. [4]	29
Taula 2. Característiques mecàniques de l'acer utilitzat. [5]	29
Taula 3. Característiques Motor seleccionat. [6]	30
Taula 4. Característiques motors seleccionat. [6]	30
Taula 5. Taula de dimensions. [6]	31
Taula 6. Dimensions dels eixos. [6]	31
Taula 7. Mètode muntatge. [6]	31
Taula 8. Propietats cadena. [7]	32
Taula 9. Dimensions i capacitat de càrrega en estàtic i dinàmic dels suports amb rodament autoalineant SNR. [2]	33
Taula 10. Mètode de fixació. [2]	34
Taula 11. Condicions on especifica la opció de compra en rodament flotant o fix. [2]	34
Taula 12. Mides de la vàlvula. [9]	37
Taula 13. Característiques tècniques de l'actuador. [9]	37
Taula 14. Característiques Variador de Freqüència Micromaster 420. [10]	38
Taula 15. Característiques Micromaster 420. [10]	39
Taula 16. Característiques tècniques. [11]	41
Taula 17. Ordre de comanda per a la cèl·lula de càrrega desitjada. [3]	42
Taula 18. Cotes característiques del model escollit. [3]	42
Taula 19. Característiques generals de la gamma s7-200. [12]	43
Taula 20. Característiques de la CPU escollida. [12]	44
Taula 21. Característiques del mòdul d'entrades analògiques. [12]	45
Taula 22. Ordre de comanda i característiques de la botonera d'emergència. [13]	45
Taula 23. Propietats del sensor de seguretat fotovoltaic. [14]	46
Taula 24. Propietats granulars del material. [16]	50
Taula 25. Resultats dels casos 1 i 2.	62
Taula 26. Valors d'eficiència de soldadura. [17]	64

<i>Taula 27. Taula per obtenir valors X, Y i U. A través de l'angle d'inclinació i el valor n. [18]</i>	71
<i>Taula 28. Resultats de les tensions màximes permeses en el dipòsit.</i>	72
<i>Taula 29. Dades de treball per al dimensionament i comprovació del motor i la relació de transmissió.</i>	80
<i>Taula 30. Característiques del conjunt motor-reductor escollit. [6]</i>	81
<i>Taula 31. Característiques del motor escollit. [6]</i>	81
<i>Taula 32. Factors de servei per cadena de rodets. [20]</i>	83
<i>Taula 33. Característiques de la cadena seleccionada. [7]</i>	84
<i>Taula 34. Resultats: Potències necessàries del motor. Detalls transmissió per cadena.</i>	84
<i>Taula 35. Dades generals utilitzades durant el càlcul.</i>	87
<i>Taula 36. Factors de sensibilitat q. Per a anàlisis estàtic i material dúctil la sensibilitat q pren un valor 0. A fatiga, pren un valor entre 0 i 1. [21]</i>	96
<i>Taula 37. Taula per a determinar els factors X i Y del rodament escollit. [2]</i>	104
<i>Taula 38. Resultats coeficients de seguretat</i>	106
<i>Taula 39. Resultats càrregues rodaments.</i>	106
<i>Taula 40 Entrades i sortides del sistema.</i>	116
<i>Taula 41 Paràmetres a programar al PLC..</i>	116

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents.

Laboratorios Hipra S.A., és una empresa farmacèutica veterinària dedicada a la investigació, producció i comercialització de productes per la salut animal.

La seva seu central de producció està ubicada a l'Avinguda de la Selva número 135, de la població d'Amer (Girona). El present projecte s'aplica a la seva nau de producció anomenada POD, ubicada a la Carretera d'Olot/C-63, número 23, del municipi d'Amer (Girona).

Actualment, Hipra disposa d'un mesclador de format bicònic per a la producció de medicaments en pols. Aquest mesclador va ser adquirit per l'empresa l'any 1985. Té una capacitat útil de 2000 litres. Veure **Error! No s'ha trobat l'origen de la referència..**

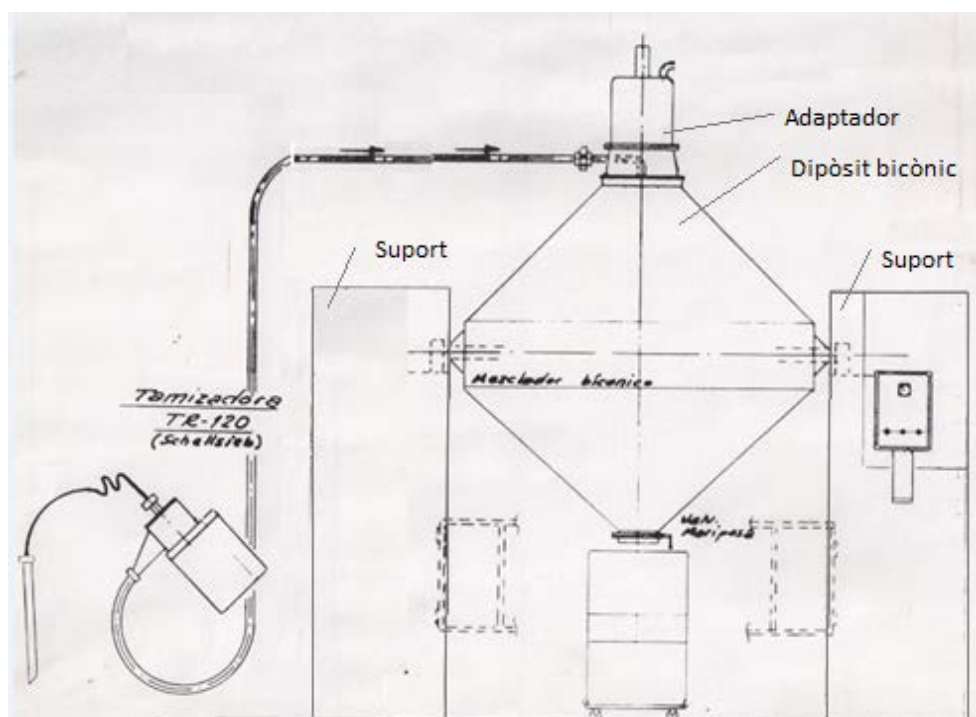


Figura 1. Projecte actual inicial de la barrejadora. Podem observar la tamisadora amb la mànega d'impulsió, juntament amb els suports, el dipòsit bicònic i un petit dipòsit d'extracció. [1]

L'any 2002, degut a una modificació en les dimensions dels dipòsits de sortida de producte, es van instal·lar dos suports base sota els ja coneguts. Aquests suports aporten a l'estructura més

rigidesa, redueixen considerablement les vibracions i permeten l'extracció de producte amb dipòsits més grans. Veure Figura 2.

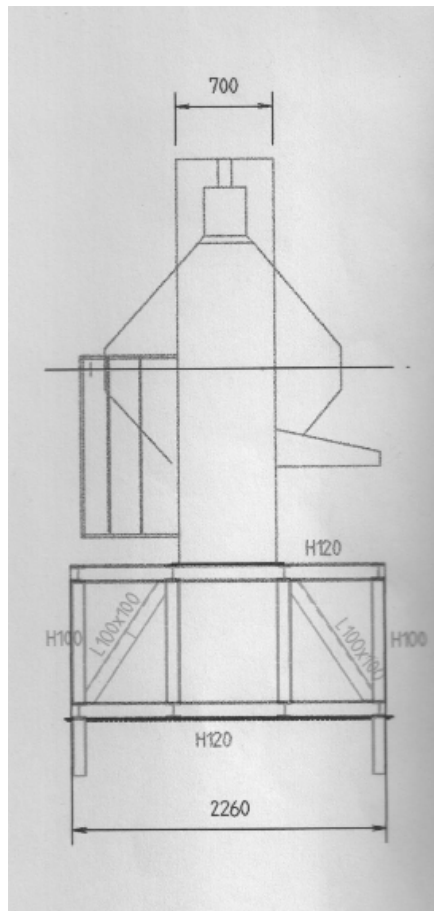


Figura 2. Adaptacions. Estat actual de la barrejadora. [1]

El seu funcionament es basa en un dipòsit bicònic rotatiu el qual, a través d'una tamisadora propulsora de productes granulars, s'hi insereix un nombre determinat de productes amb el seu percentatge de pes corresponent. Posteriorment, es fa girar dit dipòsit un període de temps entre els 8 i 15 minuts, de manera que el producte final és un gra totalment homogeni.

Actualment la preparació del cicle de producció es desenvolupa d'una forma totalment manual, de manera que els diferents components que componen cada producte, venen prèviament pesats en contenidors més petits. Posteriorment, un operari acobla un adaptador a l'entrada del dipòsit bicònic el qual s'impulsarà el producte a través de la tamisadora.

A la Figura 3 i a la Figura 4, podem observar l'estat actual de les instal·lacions.



Figura 3. Estat actual de la barrejadora. [1]



Figura 4. Detall de la barrejadora actual. Podem observar un operari enfilat a sobre el suport que esta acoblant l'adaptador d'entrada de producte. [1]

Degut a una pujada de producció, es requereix que s'incrementi la capacitat útil del dipòsit un 50%, fins als 3000 litres.

D'altra banda, també es requereix millorar l'operació i el control del sistema automatitzant el procés de control, de manera que es permeti controlar i automatitzar l'entrada dels diferents productes en funció del pes, així com el posicionament i l'activació de les vàlvules d'entrada i sortida de producte.

També és necessitat del nostre peticionari, proporcionar al seu departament d'enginyeria Electrònica i automatització, un diagrama de blocs referent a l'automatització, el qual els seus programadors electrònics es puguin basar i orientar alhora de la programació final i posta a punt.

1.2 Objecte.

L'objecte del present projecte és dissenyar un nou mesclador bicònic en base a la instal·lació la qual disposa Hipra del seu mesclador actual, respectant les barreres arquitectòniques de la ubicació actual.

D'altra banda, també es objecte del projecte, dotar a la maquinària dels elements necessaris que permetin controlar tot el cicle de producció, incloent pesat automàtic de producte d'entrada, posicionament del dipòsit i vàlvules d'entrada i sortida de productes automàtiques.

És objecte de dit projecte també, garantir una barreja uniforme i sense agressions al gra, de manera que la qualitat del producte sigui excel·lent.

1.3 Abast.

L'abast del present projecte es basa en dissenyar i desenvolupar un nou mesclador bicònic en base a la instal·lació i estructura que disposa actualment el nostre peticionari.

Queda inclòs, a nivell mecànic, el càlcul i dimensionament del nou dipòsit, així com el càlcul i disseny dels eixos i els rodaments que serviran de suports. Queda inclòs, també, el càlcul i dimensionament del sistema motriu, incloent el motor i la relació de transmissió.

És abast d'aquest projecte, dotar al mesclador dels elements necessaris per controlar i actuar automàticament sobre el procés de producció. També queda inclòs, proporcionar als programadors electrònics interns del peticionari, un esquema de diagrama de blocs de l'estil GRAFCET genèric per a un tipus de barreja.

Queda exclòs de dit projecte i sota la responsabilitat del departament electrònic de Laboratoris Hipra S.A., desenvolupar els diagrames de blocs per a cada una de les receptes finals el qual treballarà el barrejador, així com la posta a punt final dels diferents paràmetres tant del PLC com del variador de freqüència.

Queda exclòs, també, el disseny i desenvolupament de la interfície màquina-home, així com el dimensionament del cablejat necessari dels components de la instal·lació.

1.4 Especificacions.

Les característiques de la màquina, d'acord amb les peticions del client, són les que es mostren a continuació, on R significa Requeriment i D, desig.

Concepte	R/D	Descripció
Funció	R	Obtenció de mescles homogènies, sense ruptura del gra.
	R	Automatització pesatge d'entrada. Prescindir del pesatge previ de cada element que compona el producte final.
	R	Prescindir de l'acoblament manual de l'adaptador de mànega d'entrada al dipòsit provinent de la tamisadora.
	R	Acabat interior del dipòsit bicònic llis. Sense intensificadors ni complements addicionals.
Velocitats	R	Temps de mescla variable i programable.
	R	Acceleració del sistema en menys de 7 segons.
	R	Velocitat angular de 10 revolucions per minut.
Dimensions	R	Altura màxima del conjunt de 5 metres.
	R	Altura entre part inferior del con i el terra superior a 1,8 metres.
Forces	R	Apte per a materials de fins a 14kN/m ³ .

	R	El pes de la quantitat total de producte ha de ser de 42 kN.
Accionament	R	Activació/desactivació entrada de producte segons consigna de pes.
	R	Activar/frenar motor automàticament.
	R	Obertura/tancament vàlvules automàtica.
Seguretat	R	Dotació d'un dispositiu de parada d'emergència.
	R	Dotació sensor de presència/portes amb microinterruptors a la part frontal del mesclador.
Materials	R	Els materials utilitzats que estiguin en contacte amb el producte han de complir la normativa corresponent referent a la indústria química.
Varis	D	Aprofitament de les parts que sigui possible de la instal·lació anterior: Motor, suports, etc.
Cost	R	El cost d'execució ha de ser inferior a 12.000 euros.

2 DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ.

Tal i com es pot observar a la Figura 1, el sistema està format per una tamisadora de producte i un mesclador.

El nou mesclador està pensat per realitzar el mateix procés de mesclat que l'anterior. La diferència rau en l'agilització del procés de càrrega i descàrrega de producte, modificant el cicle de treball de l'operari.

Amb el nou mesclador, els diferents subproductes no calen ser pesats amb antelació. Es col·loquen en els seus respectius recipients a una zona pròxima a l'estructura i s'hi col·loca la mànega d'aspiració del tamisador. A partir d'aquí, l'operari a través de la pantalla de comandament, estableix quina recepta vol produir. El control activa la tamisadora i aquesta impulsa el producte a l'interior del dipòsit. Un cop arribat al percentatge de pes desitjat, aquesta

ho detecta amb el sistema de pesat i atura la tamisadora, indicant a través de la pantalla, a quin nou contenidor de subproducte s'ha de col·locar la tamisadora, realitzant el mateix procés fins a n subproductes. Un cop obtinguts els diferents percentatges de pes, el mesclador tanca la vàlvula superior d'admissió i comença el cicle de barrejat.

Un cop transcorreguts els minuts necessaris, el sensor de posició detecta l'última volta de rotació, i el motor frena progressivament fins a la posició adequada.

L'operari ha de col·locar un contenidor buit a la part inferior del mesclador i, un cop dona la senyal al control, s'obre la vàlvula d'extracció. Posteriorment, es tanca la vàlvula d'extracció i s'obre la d'admissió, estant llesta la màquina per a un nou cicle de mesclat.

La solució final obtinguda, presenta una imatge com la que podem veure a la Figura 5.

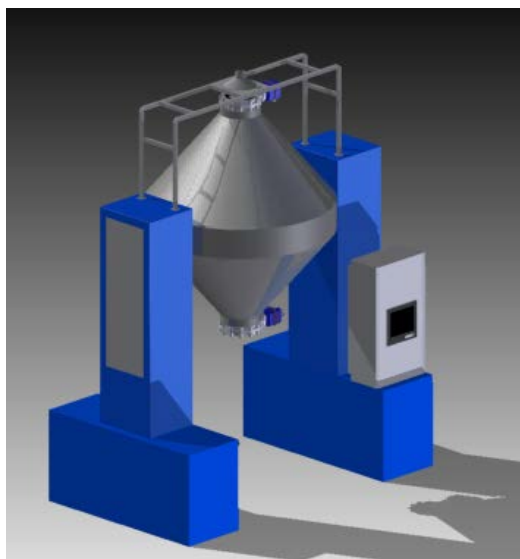


Figura 5. Conjunt general del mesclador bicònic. Podem observar-hi els suports, l'estructura superior el qual s'acobla la mànega, les dues vàlvules amb actuator i el quadre elèctric.

La instal·lació està formada per dos suports (en blau a la Figura 5), el quals s'hi insereix el conjunt soldat bicònic, format per un dipòsit, dos eixos i dues vàlvules amb actuator elèctric. Aquest dipòsit emmagatzema el producte i presenta una rotació respecte els suports.

A l'interior de cada suport hi ha instal·lats tant el motor amb la seva respectiva transmissió per cadena com els diferents elements de pesatge i posicionament.

A fi de simplificar la comprensió, el suport on hi roman el quadre de control l'anomenarem la zona motriu de la instal·lació, mentre que l'altre suport, serà el suport fix.

Al suport motriu hi instal·lem el motor, la transmissió per cadena i el plat acoblat a l'eix de la barrejadora, mentre que al suport fix, el sistema de posicionament i el col·lector de senyal rotatiu, juntament amb els seus elements adaptadors que permetin una fixació correcta.

En ambdós suports, hi instal·lem rodaments auto-alineats, juntament amb el sistema de pesatge escollit, que es tracta d'una cèl·lula de càrrega, acoblada entre el suport del rodament i la lleixa de fixació.

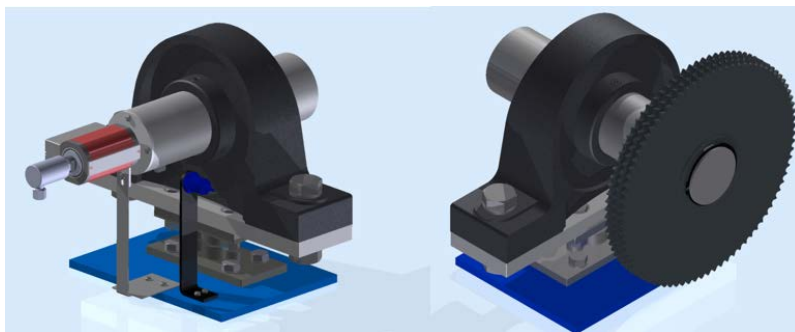


Figura 6 Detall on podem observar l'assemblatge entre els dos eixos amb el seus respectius suports. A la dreta, el conjunt fixat al suport motriu. A l'esquerra, el conjunt instal·lat al suport fix. Podem observar els rodaments instal·lats amb el seu suport (negre), la cèl·lula de càrrega (gris), el sistema de posicionament (blau) i el col·lector rotatiu.

Finalment, a la part superior del mesclador, s'hi instal·la una estructura el qual es col·locarà la mànega de producte.

Els components de control i potència de la màquina, s'instal·len a l'interior de l'armari, ubicat a la part frontal del suport motriu.

3 ELEMENTS ESTRUCTURALS DE LA MÀQUINA.

3.1 Suports i base.

Els suports finals el qual s'instal·larà el mesclador s'aprofiten de la instal·lació anterior. Ambdós suports són simètrics i presenten exactament les mateixes característiques.

La fixació de la base inferior amb el terra, es farà amb pern distribuïts homogèniament al llarg de la base, tal i com estava fixat fins ara.

En algun cas, serà necessari fer algun mecanitzat, per tal de collar-hi els elements necessaris.

3.2 Rodaments.

El sistema utilitzat consta d'un suport de sòcol de fosa gris, amb rodament auto-alineat SNR. La seva referència és UCP324.

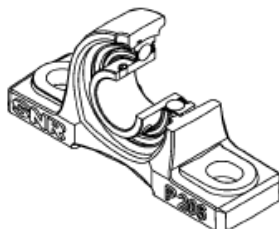


Figura 7. Representació gràfica del suport amb rodament auto-alineat utilitzat en el projecte. [2]

Amb l'elecció d'aquest rodament, a banda de simplificar i abaratir els costos de desenvolupar uns suports de fosa, permet un petit desalineament entre eixos de aproximadament 5 graus. Veure Figura 8.

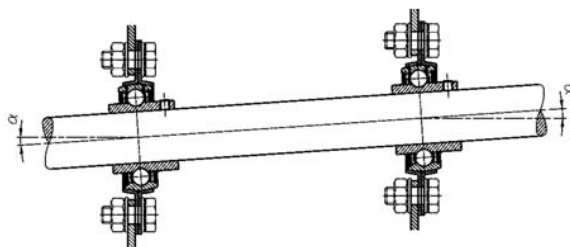


Figura 8. Desalineament entre eixos. [2]

També, a fi de pal·liar els efectes de possibles dilatacions, el rodament instal·lat al suport motriu, tindrà la configuració flotant, és a dir, permetrà uns mil·límetres de desplaçament axial. D'altra banda, el rodament instal·lat sobre el suport fix, tindrà anells interns el qual bloquegen el desplaçament axial de l'eix. Aquestes dues configuracions per a un mateix producte, són característiques del propi catàleg de la marca SNR.

3.3 Dipòsit

El dipòsit consta de dues xapes conformades cònicament unides entre elles a través d'una tercera xapa deformada cilíndricament. La geometria bicònica permet barrejats rotatius molt poc agressius per la naturalesa del gra però alhora molt eficients. És una forma senzilla d'aconseguir mescles a través d'accionaments rotatius.

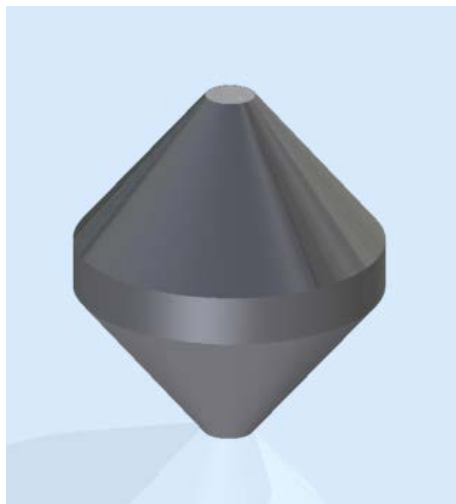


Figura 9. Dipòsit bicònic.

L'acer inoxidable utilitzat és un material usat molt freqüentment a la indústria farmacèutica. Presenta bones resistències mecàniques i alta resistència a la corrosió, factor molt important a tenir en compte.

3.4 Eixos de suport.

La fixació del dipòsit bicònic comentat a l'apartat 3.3 amb l'estructura es fa mitjançant dos eixos d'acer inoxidable mecanitzats i soldats als laterals del dipòsit. Degut a la diferència entre les funcions de cada suport, obtindrem dos eixos diferents.

El primer d'aquests, anirà inserit amb el rodament flotant instal·lat al suport motriu. Aquest haurà de ser mecanitzat per tal d'inserir-hi una xaveta i un anell de retenció, per fixar-hi un plat motriu. Veure Figura 10.

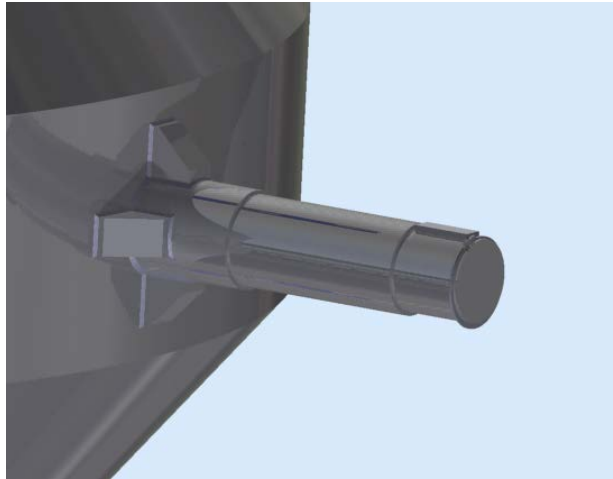


Figura 10. Suport dret soldat. Eix instal·lat al rodament flotant sobre el suport motriu. Es pot observar la xaveta i l'anell de retenció que serviran de fixació per al plat motriu.

El segon, anirà inserit al rodament fix, sobre el suport anomenat anteriorment com a fix. Presentarà el mecanitzat necessari per a instal·lar el col·lector de senyal rotatiu que comentarem posteriorment. Veure Figura 11.

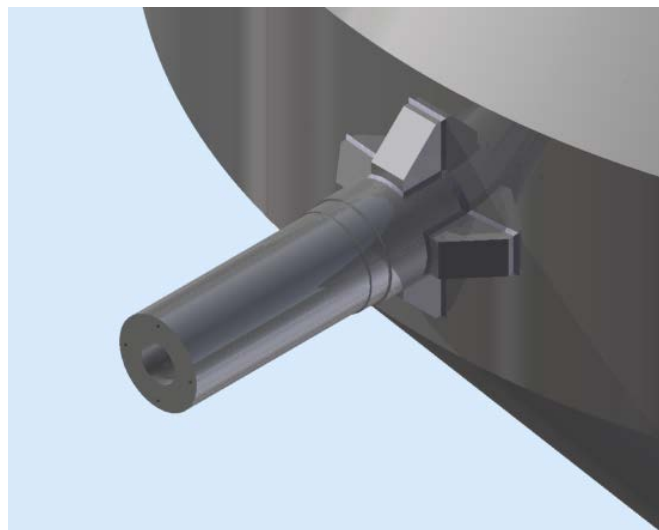


Figura 11. Eix ubicat sobre el rodament fix sobre el suport anomenat fix. Presenta una ranura a una de les seves cares, el qual s'hi instal·larà el col·lector de transmissió de senyals i potència.

3.5 Reforços.

Tal i com podem veure a la Figura 10 i a la Figura 11, per tal de reduir la concentració de tensions en la transició entre eix i superfície del dipòsit, es solden 4 pestanyes per cada eix, de manera que aquestes distribueixin els esforços homogèniament sobre la superfície i aporten rigidesa a l'estructura.

Es important diferenciar els reforços en dues tipologies. Els que aniran soldats en direcció l'eix vertical seran diferents que els soldats horitzontalment, ja que la superfície de contacte amb el dipòsit presenta una curvatura diferent.

3.6 Suport i adaptador d'entrada.

A fi d'evitar que l'operari, a l'inici de cada cicle de producció, col·loqués un adaptador a la part superior del dipòsit per tal de connectar la mànega d'impulsió de material. S'ha instal·lat un sistema el qual permet tenir la mànega permanentment fixada i respecti les rotacions del dipòsit.

El sistema consta d'una estructura de dos passamans en forma de U, amb unes plaques d'ancoratges soldades als extrems que posteriorment aniran fixades mitjançant unió cargolada a la part superior dels suports principals de la màquina. Es solden, també, travesseres entre els dos perfils en U, per tal d'aportar rigidesa a l'estructura.

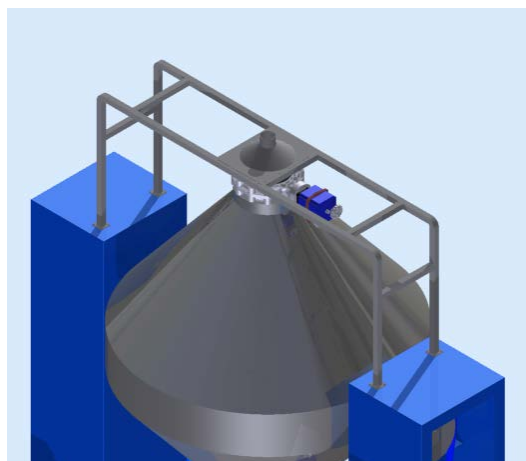


Figura 12. Vista general de l'estructura de suport d'entrada de producte.

A la part superior, s'instal·la un sistema adaptador el qual adapta el diàmetre de la mànega a l'estructura. Aquest sistema consta d'una xapa de suport, dues xapes plegades en forma de cilindre i col·locades a la part superior i inferior, i un con adaptador. D'aquesta manera, es pretén guiar el producte i evitar que aquest es perdi a l'entrada del dipòsit.

Es tracta d'un conjunt de xapa d'acer inoxidable soldat.

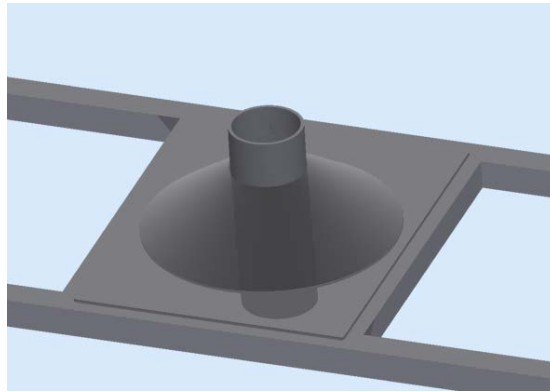


Figura 13. Vista superior del conjunt d'entrada.

La connexió entre el punt superior del conjunt de xapa soldat i la mànega de propulsió, es fa mitjançant un pivot soldat a la mànega, que s'insereix a l'interior d'una regata mecanitzada a la xapa cilíndrica superior. Veure Figura 14.

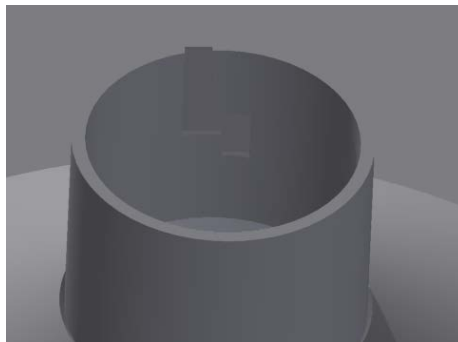


Figura 14. Detall de la regata el qual es fixa el pivot soldat a la mànega.

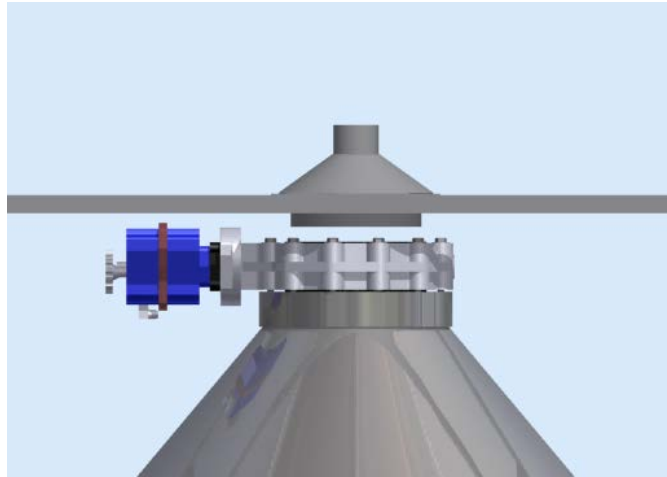


Figura 15. Vista frontal del conjunt d'entrada. Podem observar el cilindre inferior, el superior, i el con adaptador.

A la part inferior de l'estructura, hi trobem el cilindre el qual evitarà la pèrdua de producte durant el tram final.

4 ADAPTACIÓ PER A L'AUTOMATITZACIÓ.

A continuació explicarem breument els components instal·lats a la màquina que permeten obtenir un control sobre el procés de mesclat. Aquests elements són les vàlvules amb actuator, el sistema de pesatge per cèl·lula de càrrega, el sensor de posicionament i el col·lector de transmissió de senyal rotatiu.

D'altra banda, també detallarem els suports respectius i cada mètode de fixació amb el dipòsit o amb els suports.

4.1 Adaptador dipòsit – vàlvules amb actuator.

A la part superior i inferior del dipòsit, es solda un anell el qual anirà collada la respectiva vàlvula amb actuator. Veure Figura 16.

Dit anell, és important que presenti resistències a la corrosió, ja que entra en contacte directe amb el producte. És per això que el material utilitzat és acer inoxidable.

A la seva part superior s'hi mecanitzen forats roscats, per tal d'afavorir l'ancoratge amb perns de la vàlvula.

La seva fixació amb el dipòsit es fa mitjançant una soldadura perimetral.

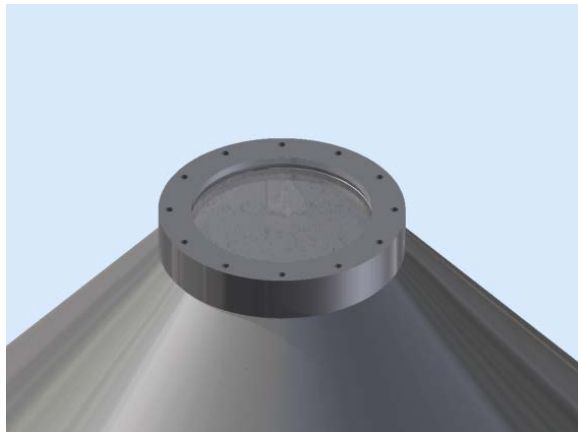


Figura 16. Anell adaptador.

4.2 Vàlvules amb actuator.

Tal i com hem comentat anteriorment, s'instal·len dues vàlvules de papallona, una a cada extrem del dipòsit.

Les dues vàlvules instal·lades són vàlvules de papallona amb un diàmetre nominal de 350mm. Presenta una junta de retenció en ambdós costats, per tal de garantir l'estanqueïtat de la vàlvula. El cos principal és d'acer inoxidable, ja que és important una alta resistència a la corrosió al entrar en contacte amb el producte. Disposa d'un petit actuator, el qual les seves característiques tècniques podem trobar a l'Annex A.

La seva referència, del catàleg de la marca Keystone és AR2-CAF.

La seva unió a l'anell adaptador es fa mitjançant 12 perns amb les seves respectives 12 volanderes superiors.

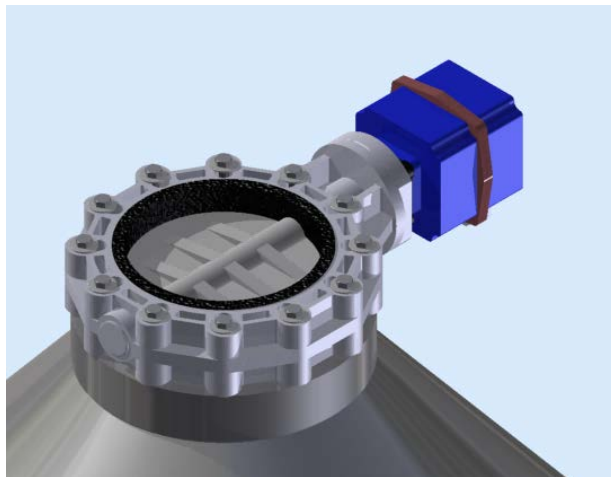


Figura 17. Vàlvula amb actuador instal·lat a una de les boques del dipòsit.

4.3 Sistema de pesat: Cèl·lula de càrrega.

El sistema de pesat escollit per al projecte és una cèl·lula de càrrega del catàleg SIEMENS (Ref:7MH4125- 5BA11), amb un pes màxim de fins a 13 tones.

Una cèl·lula de càrrega s'instal·la sota el suport de sòcol del rodament el qual es vol obtenir un valor de Força. Aquesta ens ofereix un valor analògic de voltatge que, un cop tractat i escalat amb un bloc d'entrades analògiques, ens permet obtenir de forma fiable un valor de Força.

Per tal d'obtenir un valor fiable i invariable davant les distribucions homogènies del pes durant la fase de pesat, hem optat per instal·lar dues cèl·lules sota cada un dels suports de sòcol amb rodament SNR.

Degut a la incompatibilitat entre mides del suport i de la cèl·lula de càrrega, és necessari acoblar una placa adaptadora entre aquests dos, de manera que assegurí un fixament òptim i sense vibracions. Dita placa, es comenta a l'apartat següent.

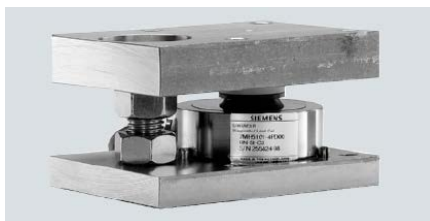


Figura 18. Cèl·lula de càrrega semblant a la utilitzada. [3]

4.4 Adaptador Cèl·lula de càrrega – suport rodament.

Tal i com hem comentat a l'apartat anterior, és necessari un adaptador per a connectar el suport auto-alineant SNR sobre la cèl·lula de càrrega.

Es pot observar a la Figura 19 la instal·lació de l'adaptador entre els dos elements. Aquest element presenta un gruix considerable de 30mm, ja que és important que la deformació sigui mínima i els pernns centrals que la uneixen amb la cèl·lula no treballi a tracció degut a la deformació.

Aquest adaptador presenta forats passants als extrems, on s'hi acolla el suport, i a la zona central, on s'hi acollen els pernns de connexió amb la cèl·lula.

La solució aportada s'instal·la en els dos rodaments.

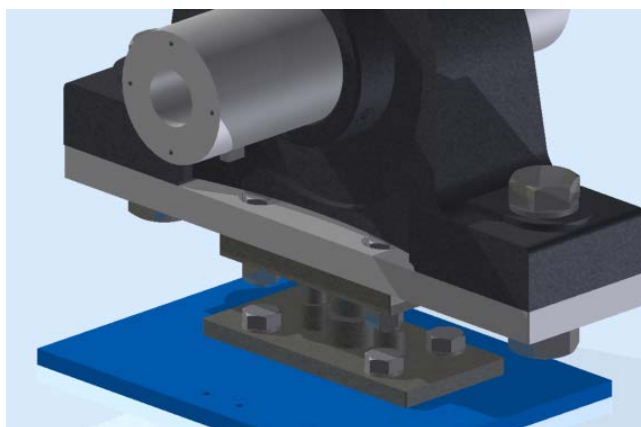


Figura 19. Connexió entre cèl·lula de càrrega i suport de rodament. En aquest cas, del suport fix. En negre el suport, en gris fosc, la cèl·lula de càrrega i en gris clar, la placa adaptadora.

4.5 Sistema de posicionament amb sensor inductiu.

A fi de detectar la posició de la barrejadora, és necessària la instal·lació d'un element que permeti determinar si estem en fase de càrrega i descàrrega.

En el nostre cas, per facilitar i agilitzar el procés productiu, hem decidit instal·lar dues vàlvules juntament amb un únic sensor. Per tant, les dues fases càrrega i descàrrega, es veuen reduïdes a una.

El sistema de posicionament es basa amb un sensor de la marca Siemens (Referència 3RG4022), juntament amb un suport amb rosca superior, per inserir el sensor, i una petita pestanya, que al girar el dipòsit activarà o desactivarà dit sensor.

El sistema va collat a la lleixa superior del suport fix, és a dir, el suport on no hi trobem cap part motriu. És important, a fi de garantir una lectura correcte, instal·lar el sistema a la part frontal, ja que es té en compte la rotació de la mescladora. Una col·locació incorrecte originaria falses senyals.

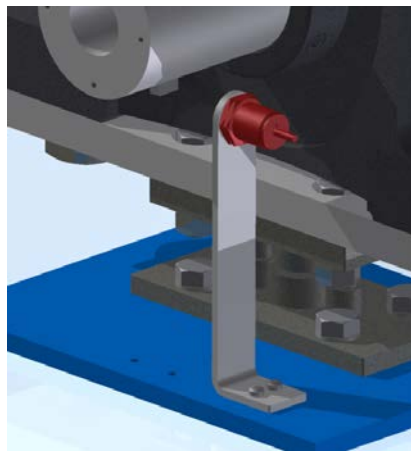


Figura 20. En vermell, sensor de posicionament, en gris, el suport i la pestanya de posició soldada a l'eix.

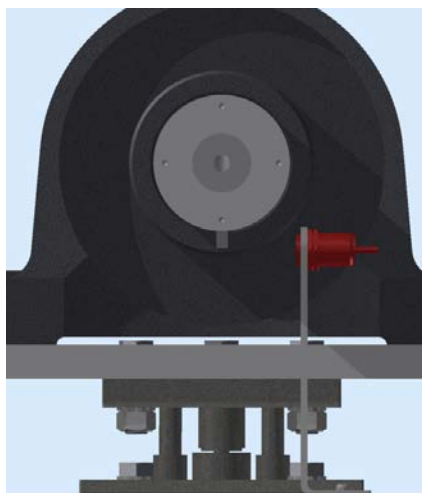


Figura 21. Vista frontal de la posició de la pestanya respecte el sensor.

Aquest sensor, un cop transcorreguts els minuts de rotació respectius, envia un pols positiu al controlador, que aquest alhora permet activar una corba de frenada al motor a través del variador de freqüència. Un cop realitzada la volta de desacceleració, el sensor s'activa de nou, activant el fre del motor.

4.6 Col·lector per a connexions rotatives.

Un sistema col·lector permet obtenir connexions des de un element rotatiu fins a una bancada fixa. En el nostre cas, les vàlvules necessiten connexions de senyal (Activar, final de carrera,) com de potència per a les vàlvules amb actuator. Aquest cablejat gira solidari amb el dipòsit, és per això, que és necessari instal·lar a un dels eixos (en aquest cas, el no motriu), un col·lector que permeti obtenir un cablejat fixat sobre el suport.

El col·lector instal·lat és el de la marca Kluber (Referència IST-SR085-30-05-06-11101-v100 , veure detalls a l'Annex A). Dit col·lector s'instal·la al final de l'eix, i rep el cablejat (senyal i/o potència) per el seu eix de rotació. Per això, l'eix fix ha estat rasurat convenientment per tal d'obtenir aquests resultats.

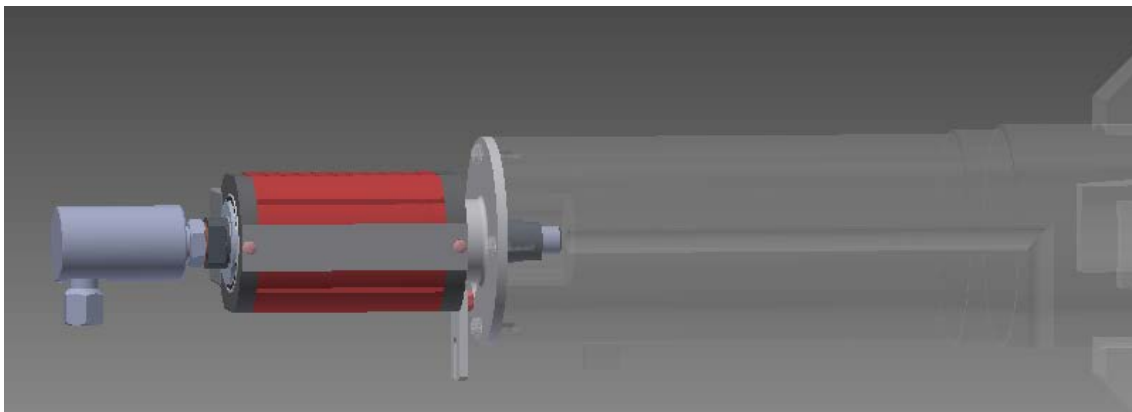


Figura 22. Acoblament amb perns del col·lector a l'eix. Ranurat interior.

D'altra banda, també és necessària la instal·lació d'un element que actuï com a braç de palanca sobre el col·lector. En el nostre cas, em optat per una xapa plegada collada sobre la lleixa superior de l'estructura fixa. Veure Figura 23.

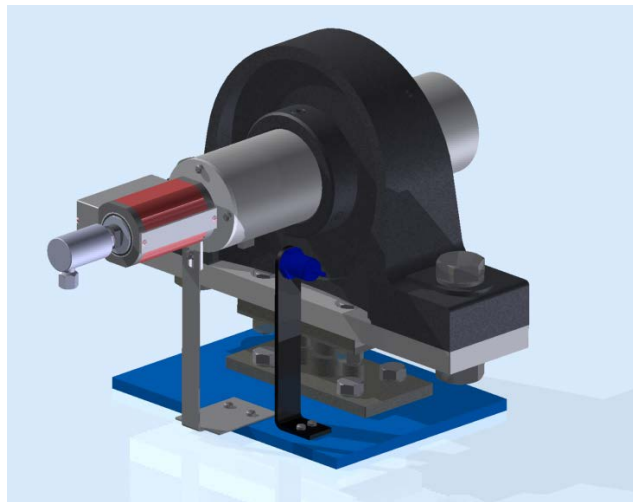


Figura 23. Vista general. S'observa el braç de parell amb el col·lector, juntament amb els altres components fixats a l'estructura fixa.

5 SISTEMA MOTRIU.

Al suport anomenat anteriorment com a motriu, hi trobem el motor, el reductor i la respectiva transmissió per cadena.

5.1 Motor i eix de sortida.

El motor escollit és un motor d'11kW del Catàleg Siemens Motox amb referència K.88 – LA160MB4 - A - V50x100. Les característiques tècniques es troben a l'Annex A de documentació tècnica.

Es tracta d'un reductor coaxial, amb una alta elevada relació de transmissió. La seva sortida és en forma d'eix amb xaveta.

Tot i que el parell nominal és molt pròxim al necessari, el seu parell d'arrancada és pràcticament el doble del que el sistema necessita. És per això, que serà necessari controlar el parell inicial durant un temps determinat, per tal que el motor no pugui desestabilitzar l'estructura. Sobre com controlar el parell d'arrancada esmentat anteriorment, en parlarem a l'apartat 7.3, que parla sobre el variador de freqüència.

El motor anirà col·locat a la lleixa inferior del suport motriu, fixat mitjançant pernns de connexió.

Pel que fa a l'eix de sortida, s'hi acobla un pinyó de compra, posteriorment mecanitzat, fixat i ajustat al pla de transmissió mitjançant un separador i un anell de retenció.

Tot i que tant l'eix, com el pinyó i el passador són de compra és necessària una mecanització.

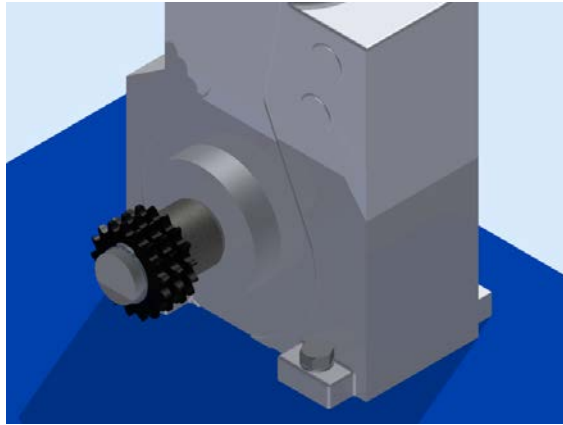


Figura 24. Vista general del conjunt motriu. S'hi veuen el motor fixat a la bancada amb perns, un separador (el gris fosc), el pinyó de compra (negre) i l'anell de retenció (en gris més fosc).

5.2 Components de la transmissió.

Es tracta d'una transmissió per cadena amb una reducció de velocitat $i=0,5$. El pinyó i el pla motriu són elements de compra i posteriorment es mecanitza el forat i el ranurat pertinent per acoblar amb la resta del conjunt.

Degut a les altes tensions a suportar per la cadena, s'instal·la una cadena Triple, de la gamma 10B-3 de la casa Moblat. Tant el pinyó com el plat són també productes de la mateixa marca, amb referència 10B-3-Z17 i 10B-3-Z85, respectivament.

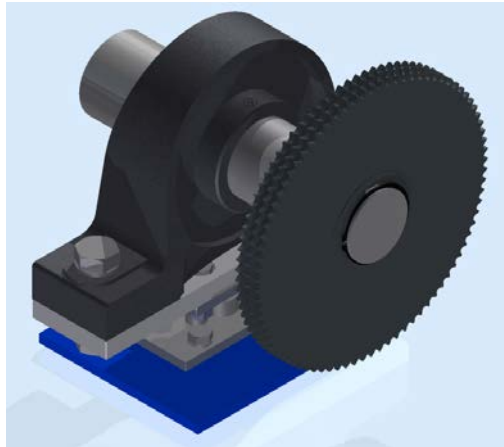


Figura 25. Vista general de la lleixa superior del suport motriu. Podem observar el suport amb rodament autoalineant, la cèl·lula de càrrega i el seu adaptador, i el plat amb l'anell de retenció.

6 DISPOSITIUS DE SEGURETAT

A la part inferior del suport fix, s'hi fixa un sensor de presència de la casa Siemens amb referència 3RG7824. És un sensor fotovoltaic amb característiques per a ser usat com a interruptor de seguretat tant bon punt una presència s'interposa en el seu feix de llum. D'aquesta manera, assegurem que cap operari rebi l'impacte del mesclador durant el procés de producció.

Es fixa, tal i com hem dit anteriorment, amb un cargol amb funda de plàstic sobre la xapa del suport inferior.

D'altra banda, a la part interior del quadre de control i potència, s'hi instal·la una botonera d'emergència (Referència 3583320-1FA20). Aquesta botonera ha de ser accessible i a l'abast de l'operari en qualsevol punt.

7 COMPONENTS ELECTRÒNICS PRINCIPALS.

7.1 Generalitats.

Els components electrònics, ja siguin interruptors diferencials, magnetotèrmics, relés, etc. Com la unitat controlador o el variador de freqüència, s'instal·laran a l'interior de l'armari fixat mitjançant perns sobre l'estructura motriu.

Aquest armari presenta una alta residència al xoc, així com un bon aïllament a les vibracions originades pel conjunt.

És important també, la instal·lació de unitats refrigeradores, en aquest cas, s'instal·len dos ventiladors de la marca Lotec (Referència R-150).

A la part frontal del quadre, s'instal·la una pantalla tàctil (Siemens Simatic OP37Micro.), el qual servirà d'interfície entre operari-màquina.

7.2 Unitat controladora.

La unitat controladora per adquirir i processar dades és un PLC Siemens Simatic S7-200 CPU222, amb referència 6ES7 212-1AB23-0XB0. S'hi acoblen els respectius mòduls per adquirir i processar les senyals analògiques provinents de les cèl·lules de càrrega (Referència s7-200 EM231).

No és necessari adquirir entrades digitals, ja que les prestacions del PLC en sí, ja permeten les entrades i sortides digitals suficients.

Dit PLC s'instal·la a l'interior del quadre elèctric.

7.3 Variador de Freqüència

El variador de freqüència utilitzat és el Siemens Micromaster 420. Té una potència de treball de 11kW, que és la òptima per al nostre motor.

La seva funció és doble.

La primera, proporcionar una corba d'arrancada al conjunt. Tal i com hem comentat anteriorment, el parell d'arrancada és molt superior al necessari, és per això que el variador, davant l'inici de rotació, proporcionarà una corba de freqüència adient, per tal de modificar les prestacions del motor. El propi catàleg Siemens presenta un mòdul exclusiu dedicat a la creació de corbes d'arrancada.

La segona serà, un cop arribat al temps de mescla adequat, desaccelerar el sistema durant una volta per tal de realitzar una parada progressiva i estable. Aquest cas, serà necessària una corba que modifiqui la velocitat de rotació, fins finalment parar el motor.

S'instal·larà a l'armari esmentat anteriorment.

8 RESUM DEL PRESSUPOST

Aplicant els amidaments resultants als preus corresponents, s'obté un pressupost d'execució material de sis mil sis-cents cinquanta euros amb cinquanta cèntims (6650,5 €) , que amb els respectius increments de benefici industrial (6%), de despeses generals (13%), i l'I.V.A (21%), obtenim un pressupost d'execució per a contracte de Nou mil cinc-cents setanta-sis euros amb cinc cèntims (9576,05€).

9 CONCLUSIONS.

El resultat del present projecte és un mesclador granular per a grans produccions (de fins a 3000 litres) , el qual ens permet obtenir barreges d'alta qualitat, homogènies i sense agressió a la naturalesa del gra.

La part més important és l'automatització pràcticament total del procés. Aquesta automatització permet eliminar els temps de pesat que anteriorment s'havia de realitzar. També permet eliminar el temps que l'operari tenia que enfilar-se a la part superior dels suports per a col·locar l'adaptador per al tub provinent de la tamisadora. S'ha automatitzat el pesatge, l'activació de les vàlvules i el posicionament. D'altra banda, també permet modificar la durada de mesclat de cada cicle.

La potència del motor escollit permet obtenir acceleracions pròximes als 6 segons, amb una velocitat final de 10 rpm. Aquest està governat per un variador de freqüència, el qual permet aplicar-hi una acceleració concreta i una corba de frenat molt més suau.

El conjunt total de la maquinària és inferior als 5 metres, cosa que la permet instal·lar a la mateixa ubicació que la seva predecessora. L'altura màxima dels dipòsits d'evacuació de producte és pròxima als 2 metres. L'estructura de suports s'han pogut aprofitar de la instal·lació anterior, juntament amb la bomba propulsora.

El dipòsit bicònic està conformat amb una placa d'acer inoxidable, seguint la normativa vigent referent a la maquinària en la indústria química. El seu interior és totalment llis, sense intensificadors interns ni complements addicionals. La seva capacitat màxima és de 3 metres cúbics, amb un pes total de producte de 4200 Kilograms.

El conjunt general disposa dels corresponents dispositius de seguretat. S'instal·la un microrruptor fotoelèctric a la part frontal de la barrejadora, de manera que si un operari s'acosta

perillosament al dipòsit bicònic, aquest desactiva el cicle. A la part lateral de l'armari de components electrònics, s'hi instal·la una botonera d'emergència.

Els elements instal·lats són pràcticament de compra, cosa que abarateix considerablement el cost total del projecte i permet tenir un servei tècnic i de manteniment ràpid i eficaç.

Firma:

Data:

10 RELACIÓ DE DOCUMENTS.

El present objecte consta dels següents documents:

1. Memòria i Annexos.
2. Plànols.
3. Plec de Condicions.
4. Estat d'amidaments.
5. Pressupost.

11 BIBLIOGRAFIA.

- [1] Payper SA, Conjunt inicial barrejadora, HIPRA., 1981.
- [2] SNR, SNR bearing catalog..
- [3] SIEMENS, S.A., Load Cells Catalog., 2012, 2012.
- [4] UPC Commons, «www.upccommons.upc.edu,» [En línia]. Available: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3319/4/55868-4.pdf>.
- [5] Enginyeria Mira Tecnologia , «<http://www.engi-com.com/>,» [En línia]. Available: http://www.engi-com.com/aula_materiales.aspx.
- [6] Siemens, Motorreductores MOTOX Catálogo D87.1 . 2008, 2008.
- [7] MOBLAT, Catálogo para Cadenas de transmisión de potencia, Valencia , 2005.
- [8] K. Group, Transmission Technology, 2012.
- [9] KEYSTONE, S.A., Válvulas de mariposa Keystone AR1-AR2, 2006.
- [10] SIEMENS S.A., Variadores Micromaster serie 400., 2012.
- [11] SIEMENS S.A., Detectores de proximidad Simatic PX, 2007.
- [12] SIEMENS, S.A., Micro automation SIMATIC 27-200., 2012, 2012.
- [13] SIEMENS, S.A., Pulsadores y lámparas de señalización para todas las superficies., 2013, 2013.

- [14] SIEMENS, S.A., Sensores de seguridad Simatic FS., 2012.
- [15] I. Z. Ballaz, Flujo y atascos de un medio granular en descarga de silos., Pamplona, Febrero 2005.
- [16] UNE ENV 1991-4, «Bases de proyectos y acciones en estructuras.,» de *Acciones en silos y depósitos*, 1998.
- [17] ASME, «Rules for construction of pressure vessels,» de *Seccion VIII. Division 3. Boiler and pressure Vessel code.*, 2004.
- [18] Bednar, Pessure Vessel Design Handbook, Florida, 1991.
- [19] A. B. Garcia, «Física con ordenador: Curso interactivo de física en internet,» Diciembre 2010. [En línia]. Available: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/teoria/teoria.htm#Teorema de Steiner>.
- [20] D. M. e. industrial, «Facultad Regional de Rosario: Universidad tecnológica Nacional,» 2013. [En línia]. Available: http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/3_anio/mecanica_electrica/CADENAS_DE_TRANSMISION.pdf.
- [21] R. G. B. a. J. K. Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Design, 2008.

ANNEX A. DOCUMENTACIÓ TÈCNICA

A.1 Propietats de l'acer inoxidable utilitzat.

Acer inoxidable austenític (AISI 304 / Numèric 1.4301 / X5CrNi18-10 segons EN) amb les següents característiques:

$$S_{adm} = 195 \text{ Mpa}$$

$$S_{ut} = 700 \text{ Mpa}$$

Grado	Producto ¹⁾	Espesor máximo (mm)	Mínima resistencia ²⁾ correspondiente al 0.2% (N/mm ²)	Resistencia última a tracción (N/mm ²)	Alargamiento de rotura (%)	
Aceros inoxidables austeníticos básicos de cromo y níquel	1.4301	C	8	230	540 – 750	45 ⁽³⁾
		H	13,5	210	520 – 720	45 ⁽³⁾
		P	75	210	520 – 720	45
	1.4307	C	8	220	520 – 700	45
		H	13,5	200	520 – 700	45
		P	75	200	500 – 700	45

Taula 1. Característiques de l'acer inoxidable per dipòsits a pressió. [4]

A.2 Propietats de l'acer utilitzat.

En les parts sense contacte amb producte, treballem amb un acer ordinari (C22E segons EN / Numèric 1.1151 / IHA F-112), el qual presenta les següents característiques:

EU	DIN	AFNOR	IHA	tipo	REVENIDO				NORMALIZADO				BONIFICADO			
					Rm (Mpa)	Rp02	A%	HB	Rm (Mpa)	Rp02	A%	HB	Rm (Mpa)	Rp02	A%	HB
1015	C-15 (1.0401)	XC 8	F-111	aceros al carbono	450	330	10	140	390	225	24		440	290	20	
1020	C-22 (1.0402)	XC 25	F-112		510	380	98	155	440	245			530	350	19	135
1045	C-45 (1.0503)	C 45	F-114		660	500	6	206	590	325	23		700	470	13	247
1060	C-60 (1.0601)	C55	F-115		760	565		243	650	355	13		780	530	12	278
4135	34CrMo4 (1.7220)	35CD4	F-125	aceros de alta resistencia	780			223	850		11		1050	780	11	295
6150	50CrV4 (1.8159)	50CV4	F-143	aceros de muelles	800			241	850				1370	1180	6	47(HRC)
1010	C-10 (1.1121)	XC10	F-151	aceros de cementación	500			131	500				900		7	31(HRC)
4125	25CrMo4 (1.7218)	25CD4	F-222	aceros de fácil soldadura				217	600				930	740	12	320
		15CDV6						197	800				1080	930	10	

Taula 2. Característiques mecàniques de l'acer utilitzat. [5]

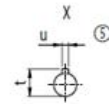
Motor	K88								Peso
	k	kB	AC	AD	AG	LL	HH	O	K88
LA71	621,0	676,0	139,0	146	90	90	103,0	M20x1,5/M25x2,5	73
LA71Z	640,0	695,0	139,0	146	90	90	103,0	M20x1,5/M25x2,5	73
LA80	658,0	721,5	156,5	155	90	90	102,5	M20x1,5/M25x2,5	78
LA90S	689,0	760,0	174,0	163	90	90	102,5	M20x1,5/M25x2,5	83
LA90L	689,0	760,0	174,0	163	90	90	102,5	M20x1,5/M25x2,5	83
LA100L	735,0	816,0	195,0	168	120	120	143,0	2xM32x1,5	92
LA112M	762,0	843,0	219,0	181	120	120	146,0	2xM32x1,5	104
LA132S	822,0	924,0	259,0	195	140	140	186,5	2xM32x1,5	117
LA132M	822,0	924,0	259,0	195	140	140	186,5	2xM32x1,5	117
LA132ZM	868,0	970,0	259,0	195	140	140	186,5	2xM32x1,5	126
LA160M	924,5	1043,0	313,5	227	165	165	212,0	2xM40x1,5	149
LA160L	924,5	1043,0	313,5	227	165	165	212,0	2xM40x1,5	149

Taula 5. Taula de dimensions. [6]

Dimensions de l'eix (versió eix amb xaveta) :

d	to1	l	l3	l4	t	u	i	q	DR
50	k6	100	80	10	53,5	14	122,5	205	M16x36
70 ^{*)}	m6	140	110	15	74,5	20	162,5	245	M20x42

*) Serie preferente



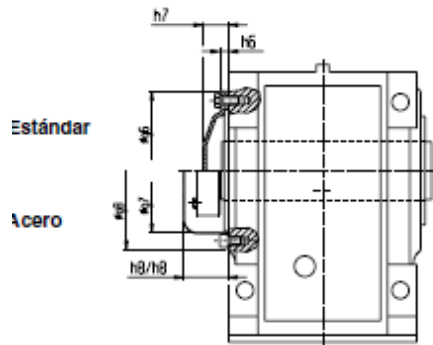
Taula 6. Dimensions dels eixos. [6]

Mètode de fixació:

Patas	A	-	
--------------	----------	---	--

Taula 7. Mètode muntatge. [6]

Tapa de l'eix no utilitzat:



Tipo de reductor	Cubierta protectora de acero				Cubierta protectora		
	g7	g8	h8*	h8	g6	h6	h7*
K.38	-	-	-	-	-	-	-
K.48	99,0	130	44,0	44,0	132	10	33
K.68	115,0	150	62,5	69,0	150	10	37
K.88	137,0	190	70,0	70,0	190	13	50
K.108	187,0	240	80,0	92,0	245	13	55
K.128	233,0	292	85,0	97,0	295	16	48
K.148	257,5	334	100,0	113,0	335	13	50
K.168	309,5	390	129,5	154,5	400	13	50
K.188	309,5	390	129,5	129,5	400	13	50

Figura 27. Referència tapa eix no utilitzat. [6]

A.4 Característiques transmissió per cadena MOBLAT.

La referència de la cadena és 10B-3 del catàleg MOBLAT.

El plat pinyó venen referenciats amb el mateix codi, especificant el número de dents. Per tant:

Referència Pinyó: 10B-3-Z17

Referència Plat: 10B-3- Z85

Número cadena	P	A mín.	D1 max.	D2 max.	T	Carga de rotura mín. en N	Sup. de trabajo en cm²	Peso en Kg/m
05B-3	8	3	5	2,31	5,64	11100	0,33	0,54
06B-3	9,525	5,72	6,35	3,28	10,24	24900	0,84	1,18
08B-3	12,7	7,75	8,51	4,45	13,92	47500	1,51	2,0
10B-3	15,875	9,65	10,16	5,08	16,59	66700	2,02	2,8

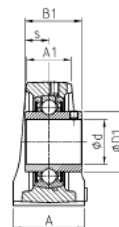
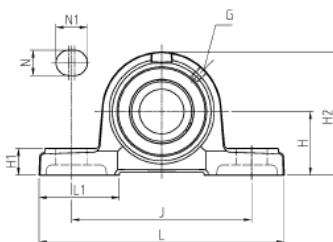
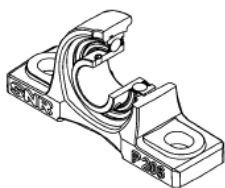
Taula 8. Propietats cadena. [7]

A.5 Rodaments SNR

El suport amb rodament té com a referència UCP324, i inclou el rodament UC324.

Soportes zócalo

Soporte P200 relubricable
P300 relubricable

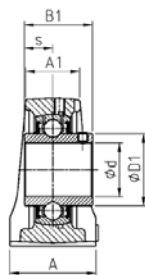


UCP200
UCP300

Diámetro del eje Denominación		Dimensiones principales [mm]													
		L	H	A1	A	J	N	N1	L1	H1	H2	s1	B	B1	s
d [mm]	UCP324	570	160,0	88	140	450	40	55	140	65	320	-	-	126,0	51,0

D1	D2	G	Z	Dz	Cuerpo del soporte	Rodamiento inserto	Japones protec- tores abiertos*	Japones protec- tores cerrados**	Capacidad dinámica	Capacidad estática	Peso	Diámetro del eje
[kN]	[kN]	[kg]	[mm]									
163,0	-	M10x1	-	-	P324	UC324	-	-	228,00	208,00	58,8	120

Taula 9. Dimensions i capacitat de càrrega en estàtic i dinàmic dels suports amb rodament auto-alineant SNR. [2]

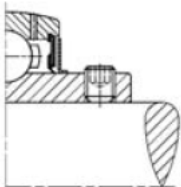


UCP200
UCP300

Figura 28. Cotes i condició de muntatge del rodament amb l'eix. [2]

Mètode de fixació.

Tal i com es pot apreciar a la següent figura, el seu mètode de fixació es fa mitjançant la pressió d'un passador sobre l'eix.

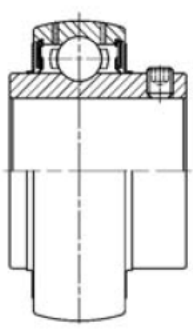
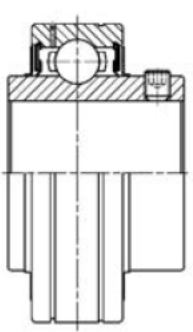
Fijación	Características	Aplicación	
Tornillo Allen hexagonal	<ul style="list-style-type: none"> • 2 tornillos Allen hexagonales desplazados 120° 	<ul style="list-style-type: none"> • Cargas normales • Velocidades de rotación débiles a medias • Fácil desmontaje 	

Taula 10. Mètode de fixació. [2]

Configuració fixa i flotant del rodament.

El catàleg SNR inclou la opció de comprar el mateix producte amb encastament fix o bé en encastament flotant.

En el projecte utilitzarem un fix per al suport anomenat fix, i un flotant per al suport motriu, per tal de absorbir possibles dilatacions i jocs durant el muntatge.

	<p>Serie UC200/UC300 (anillo exterior esférico)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reengrasable • Anillo interior alargado por ambos lados • Fijación al eje por medio de tornillo Allen • Modelo disponible como soporte flotante • Juntas en ambos lados dotadas de deflectores centrífugos adicionales • Igualmente disponible con junta de triple labio <p>Serie CUC200 (anillo exterior cilíndrico)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ranura en el anillo exterior para la fijación en el cuerpo por medio de segmento de retención • Ranura en el anillo exterior con agujeros de engrase • Otras características idénticas al UC200 	
---	--	---

Taula 11. Condicions on especifica la opció de compra en rodament flotant o fix. [2]

A.6 Col·lector de transmissió de senyal/potència Kübler.

Referència de producte IST-SR085-30-05-06-11101-v100. De les 6 entrades de senyals i 6 de potència només utilitzarem 4 de senyal i dos de potència.

Condicions de muntatge:

Flange mounting

- Connect the electrical and pneumatic transmission
- Fasten the flange with the screws and secure the screws with appropriate means, e.g. spring washers, screw stop plates
- Secure the slip ring against rotation with the torque stop

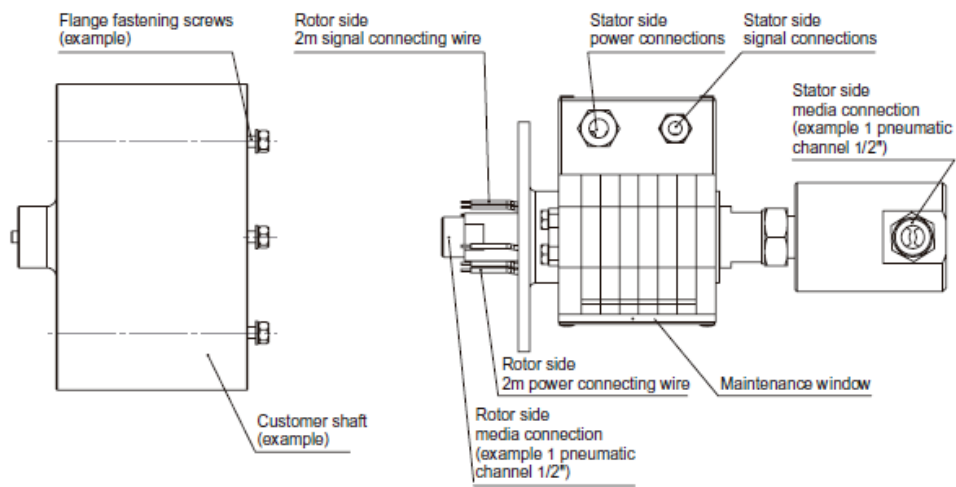


Figura 29. Característiques col·lector. [8]

Dimensions

Air lead-through versions

Example: Type IST-SR085-00-04-03-11122-V100

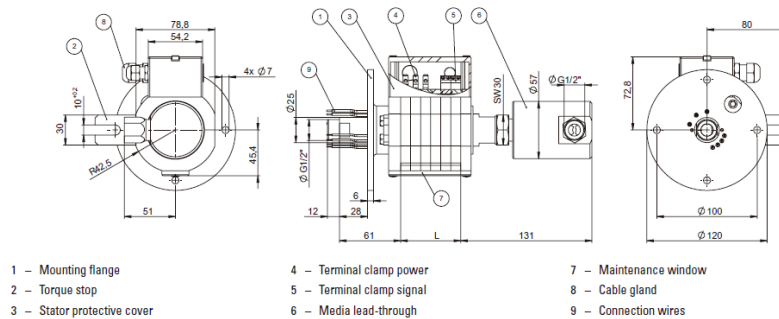


Figura 30. Dimensions col·lector. [8]

Referència i característiques:

<p>Flexible and Rugged</p> <ul style="list-style-type: none"> Modular construction system, power and signal/data channels can be combined as desired Rugged GFPC housing (glass-reinforced polycarbonate), 30% glass-fibre content for industrial usage Long service life and long maintenance cycles 		<p>Reliable with Safety-Trans™ Design</p> <ul style="list-style-type: none"> Two-cavity system for power and signal transmission Labyrinth seal High vibration resistance Fieldbus signals such as Profibus, CANopen etc. up to 12 MBit/sec 																	
<p>Application areas for Slip Rings</p> <ul style="list-style-type: none"> Packaging machines Textile machines Pipeline inspection systems 		<ul style="list-style-type: none"> Video surveillance equipment (CCTV) Bottling plants Rotary tables 																	
<p>Standard models can be delivered from an order quantity of 1 piece</p>		<p>Delivery time is 10 working days for a maximum of 10 pcs. per delivery. Larger quantities have a delivery time of 15 working days (or alternatively on request).</p>																	
<p>Hollow shaft 25 mm</p> <table border="1"> <tr> <td>2 x signal / data - 3 x power</td> <td>IST-SR085-25-02-03-11101-V100</td> </tr> <tr> <td>6 x signal / data - 4 x power</td> <td>IST-SR085-25-06-04-11101-V100</td> </tr> <tr> <td>6 x signal / data - 0 x power</td> <td>IST-SR085-25-06-00-00101-V100</td> </tr> <tr> <td>0 x signal / data - 5 x power</td> <td>IST-SR085-25-00-05-10001-V100</td> </tr> </table>		2 x signal / data - 3 x power	IST-SR085-25-02-03-11101-V100	6 x signal / data - 4 x power	IST-SR085-25-06-04-11101-V100	6 x signal / data - 0 x power	IST-SR085-25-06-00-00101-V100	0 x signal / data - 5 x power	IST-SR085-25-00-05-10001-V100	<p>Hollow shaft 30 mm</p> <table border="1"> <tr> <td>2 x signal / data - 3 x power</td> <td>IST-SR085-30-02-03-11101-V100</td> </tr> <tr> <td>6 x signal / data - 6 x power</td> <td>IST-SR085-30-06-06-11101-V100</td> </tr> <tr> <td>4 x signal / data - 0 x power</td> <td>IST-SR085-30-04-00-00101-V100</td> </tr> <tr> <td>0 x signal / data - 6 x power</td> <td>IST-SR085-30-00-06-10001-V100</td> </tr> </table>		2 x signal / data - 3 x power	IST-SR085-30-02-03-11101-V100	6 x signal / data - 6 x power	IST-SR085-30-06-06-11101-V100	4 x signal / data - 0 x power	IST-SR085-30-04-00-00101-V100	0 x signal / data - 6 x power	IST-SR085-30-00-06-10001-V100
2 x signal / data - 3 x power	IST-SR085-25-02-03-11101-V100																		
6 x signal / data - 4 x power	IST-SR085-25-06-04-11101-V100																		
6 x signal / data - 0 x power	IST-SR085-25-06-00-00101-V100																		
0 x signal / data - 5 x power	IST-SR085-25-00-05-10001-V100																		
2 x signal / data - 3 x power	IST-SR085-30-02-03-11101-V100																		
6 x signal / data - 6 x power	IST-SR085-30-06-06-11101-V100																		
4 x signal / data - 0 x power	IST-SR085-30-04-00-00101-V100																		
0 x signal / data - 6 x power	IST-SR085-30-00-06-10001-V100																		
<p>Order code</p> <p>IST - SR085 - XX - XX - XX - XXXXX - V100</p> <p>Type ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨</p>		<p>Please note: non standard models will be checked for availability - an alternative model may be proposed. Minimum order quantity 5 pieces for new models. Delivery time 20 to 25 working days.</p>																	
<p>① Type of mounting</p> <p>00 - flange mounting</p> <p>20 - hollow shaft, ø 20 mm</p> <p>24 - hollow shaft, ø 24 mm</p> <p>25 - hollow shaft, ø 25 mm</p> <p>30 - hollow shaft, ø 30 mm</p> <p>IN - hollow shaft, ø 1 inch (other options on request)</p>	<p>② Max. load current</p> <p>0 - no power channels</p> <p>1 - 16 A, 240 V AC/DC</p> <p>2 - 25 A, 240 V AC/DC</p> <p>3 - 10 A, 400 V AC/DC</p> <p>4 - 20 A, 400 V AC/DC</p>	<p>③ Contact material for data channels</p> <p>0 - no signal channels</p> <p>1 - gold alloy</p> <p>2 - copper alloy</p> <p>3 - silver alloy</p>	<p>④ Protection rating</p> <p>1 - IP 50</p> <p>2 - IP 64</p>																
<p>⑤ Number of signal/data channels¹⁾ (only in pairs e.g. 2, 4, 6)</p>	<p>⑥ Mounting position</p> <p>0 - any, only with either power or signal channels</p> <p>1 - standing and horizontal (flange down)</p> <p>2 - hanging and horizontal (flange up)</p>	<p>⑦ Media lead-through</p> <p>0 - none</p> <p>only flange mounting (00):</p> <p>1 - air, connection 1/4"</p> <p>2 - air, connection 1/2"</p> <p>3 - air, connection 3/8"</p> <p>4 - hydraulics, connection 1/2"</p> <p>5 - hydraulics, connection 3/8"</p> <p>hollow shaft or shaft:</p> <p>6 - air, rotatable connector (up to 300 min⁻¹)</p>	<p>⑧ Version number (options)</p> <p>V100 - without options</p> <p>>V100 - Options on request, e.g.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - > 20 channels - other types of mounting - other types of connection e.g. plug connectors 																
<p>Accessories</p> <p>Maintenance set comprises brush and contact oil for signal contacts</p>		<p>IST-MS-01</p>																	

1) 20 combination max., for example 4 data channels and 16 power channels

Figura 31. Referències, full de petició. [8]

A.7 Vàlvula amb actuador.

Referència AR2-CAF.

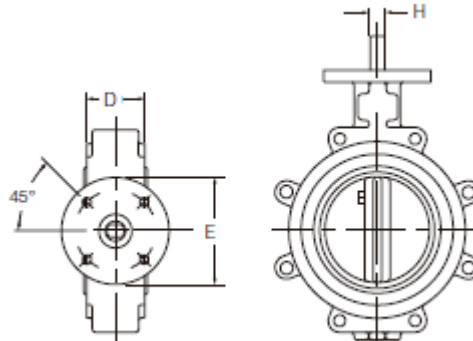


Figure AR2 Lugged

Figura 32. Cotes representatives de la vàlvula de papallona. [9]

Figure AR2 – Dimensions (inches)

Size	A	B	C	D	E	F	G	H	Q	Key	Top Plate Drilling			Tapped Lug Data			Weight (lbs)	Adapt. Code
											Circle	Holes	Bolt No. Dia.	Hole Circle	Bolt No. Holes	Tap		
12	11 3/4	14 13/16	12 1/4	3	6	2	1 1/8	N/A	11 9/16	1/4 X 1/4	5	4	9/16	17	12	7/8 - 9 UNC	107.0	CAF

Taula 12. Mides de la vàlvula. [9]

Basic unit technical detail

Voltage ratings

100 to 240 Volts DC or AC single phase, 50/60 Hz.

Working temperature

Standard range: -40°F to 140°F [-40°C to 60°C]

Optional ranges covering from: -40°F to 158°F [-40°C to 70°C]

Environmental protection

Standard weather tight enclosure

NEMA 4/4X/6 according to NEMA ICS6/NEMA 250

IP68 according to EN 60529

Standard unit is CSA [C-US]

Optional explosion proof enclosure

NEMA 4/4X/6 according to NEMA ICS6/NEMA 250

IP68 according to EN 60529

FM/CSA [C-US] NEC 505 [Class 1, Zones 1 & 2]

NEC 500 [Class 1, Div. 2]

Electric motor and universal power supply

Innovative POWER SUPPLY MODULE™ to accept 100 V to 240 V DC and AC 1-phase input voltages at 50 and 60 Hz provides flexibility for a broad range of applications.

Over temperature device to protect the motor and electronics is included.

Local indicator

Standard "Window" type located in the cover.

Travel stops

Mechanical stops on the base of the actuator provide +/- 10 degree over/under travel in each direction [70 degree minimum to 110 degree maximum angular stroke].

Anti-condensation heater

Standard with 10 Watt thermostat will activate the heater when the internal temperature drops below +59°F.

Terminal enclosure

Terminal board is in a separate compartment.

Removal of the actuator's control cover to do field wiring is no longer required.

Four 1" NPT conduit openings allow flexibility in wiring access.

Electronic controls

"Push-to-Run" 3 wire [Open/Close/Common] remote control signals.

Torque sensing in both directions of travel, adjustable in 10 steps from 40% to 100% of the actuator's rated torque output.

Absolute encoder is used for position feedback.

Output speed independently adjustable for the opening and closing directions.

Four SPST [NO/NC] latching contacts are provided for fully Open/fully Closed remote indication. Contact ratings are 5 Amp at 120VAC and 5 Amp at 30 VDC.

Base unit default settings

The actuators are provided with the following default values:

- Closing limit by Position.
- Opening limit by Position.
- Stroking time for closing and opening: 18 seconds for models E006, E013, E025, and E051, 30 seconds for the E091, and 66 seconds for the E171.
- Torque Limiting for closing and opening set at 100% of nominal torque.

AWWA

Unit is tested to, and compliant with AWWA C540.

Taula 13. Característiques tècniques de l'actuador. [9]

A.8 Variador de freqüència SIEMENS MICROMASTER 420.

MICROMASTER® 420/430/440		
Sinopsis		
Ayuda para la selección		
	MICROMASTER 410	MICROMASTER 420
Características principales	Producto a extinguir El MICROMASTER 410 ha sido descatálogo (discontinuado) con efectividad al 01.10.2007, por lo que no está disponible. El MICROMASTER 410 sólo puede pedirse en calidad de repuesto.	"El universal" para redes trifásicas y conexión opcional del bus de campo, p.ej. en cintas transportadoras, transporte de materiales, bombas, ventiladores y máquinas transformadoras
Gama de potencias	-	0,12 kW a 11 kW
Gamas de tensión	-	1 AC 200 V a 240 V 3 AC 200 V a 240 V 3 AC 380 V a 480 V
Regulación	-	<ul style="list-style-type: none"> • Característica w/f • Característica multipunto (característica w/f parametrizable) • FCC (regulación corriente-flujo)
Regulación del proceso	-	Regulador PI interno
Entradas	-	3 entradas digitales 1 entrada analógica
Salidas	-	1 salida analógica 1 salida a relé
Conexión con el sistema de automatización	-	El perfecto aliado para sus tareas de automatización, tanto SIMATIC S7-200 como SIMATIC S7-300/400 (TIA) y SIMOTION
Características adicionales	-	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema BICO • Frenado combinado para la parada rápida controlada

Accesorios	Referencia	MICROMASTER			
		410 ¹⁾	420	430	440
Paneles de operador					
OP ¹⁾	6SE6400-0SP00-0AA0	●			
BOP	6SE6400-0BP00-0AA0		●		●
BOP-2	6SE6400-0BE00-0AA0			●	
AOP	6SE6400-0AP00-0AA1		●		●
AAOP	6SE6400-0AP00-0AB0		●		●
CAOP	6SE6400-0AP00-0CA0		●		●
Módulos					
PROFIBUS	6SE6400-1PB00-0AA0		●	●	●
DeviceNet	6SE6400-1DN00-0AA0		●	●	●
CANopen	6SE6400-1CB00-0AA0		●	●	●
Módulo de encoder	6SE6400-0EN00-0AA0			●	●
Configuración máxima posible: Un módulo de encoder + un módulo de comunicación + un panel de operador			● correspondencia posible		

1) El MICROMASTER 410 ha sido descatálogo (discontinuado) con efectividad al 01.10.2007, por lo que no está disponible. El MICROMASTER 410 sólo puede pedirse en calidad de repuesto.

Taula 14. Característiques Variador de Freqüència Micromaster 420. [10]

Convertidores MICROMASTER 420				
Tensió de red y gamas de potencia	1 AC 200 V a 240 V ± 10% 3 AC 200 V a 240 V ± 10% 3 AC 380 V a 480 V ± 10%	0,12 kW a 3 kW 0,12 kW a 5,5 kW 0,37 kW a 11 kW		
Frecuencia de red	47 Hz a 63 Hz			
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz			
Factor de potencia	≥ 0,95			
Rendimiento del convertidor	96 % a 97 % (Más información en Internet en: http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/22978972)			
Capacidad de sobrecarga	Corriente de sobrecarga 1,5 x la corriente de salida asignada (es decir, 150 % de la capacidad de sobrecarga) durante 60 s, tiempo de ciclo 300 s			
Corriente de pre-carga	no superior a la corriente de entrada asignada			
Método de control	Característica v/f lineal; característica v/f cuadrática; característica multipunto (característica v/f parametrizable); FCC (regulación corriente-flujo)			
Frecuencias de pulsación	16 kHz (estándar a 1/3 AC 230 V) 4 kHz (estándar a 3 AC 400 V) 2 kHz a 16 kHz (en escalones de 2 kHz)			
Frecuencias fijas	7, parametrizables			
Bandas de frecuencia inhibibles	4, parametrizables			
Resolución de consigna	0,01 Hz digital 0,01 Hz serial 10 bit analógica			
Entradas digitales	3 entradas digitales parametrizables, con aislamiento galvánico; seleccionable PNP/NPN			
Entrada analógica	1 para consigna o regulador PI (0 V a 10 V, escalable o utilizable como cuarta entrada digital)			
Salida a relé	1, parametrizable, DC 30 V/5 A (carga óhmica); AC 250 V/2 A (carga inductiva)			
Salida analógica	1, parametrizable (0 mA a 20 mA)			
Interfaces series	RS-485, opcional RS-232			
Longitudes de los cables de motor sin bobina de salida	máx. 50 m (con apantallamiento)			
con bobina de salida	máx. 100 m (sin apantallamiento) (véanse los accesorios selectivos del convertidor)			
Compatibilidad electromagnética	Convertidor disponible con filtro CEM integrado clase A Como accesorios se pueden adquirir filtros CEM según EN 55 011, clase A o clase B			
Frenado	por inyección de corriente continua, combinado			
Grado de protección	IP20			
Temperatura de funcionamiento	-10 °C a +50 °C (+14 °F a +122 °F)			
Temp. de almacenamiento	-40 °C a +70 °C (-40 °F a +158 °F)			
Humedad relativa del aire	95 % (condensación no permitida)			
Altitud de instalación	hasta 1000 m sobre el nivel del mar sin reducción de potencia			
Corriente nominal de corte en cortocircuito SCCR (Short Circuit Current Rating) 1)	10 kA			
Funciones de protección para	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión mínima • Sobretensión • Sobrecarga • Defecto a tierra • Cortocircuito • Vuelco del motor • Bloqueo del motor • Sobretemperatura en motor • Sobretemperatura en convertidor • Bloqueo de parámetros 			
Conformidad con las normas	IEC, cUL, CE, c-tick			
Mercado CE	según la Directiva sobre baja tensión 73/23/CEE			
Caudal de aire de refrigeración necesario, pesos y dimensiones (sin accesorios)	Tamaño de caja (FS)	Caudal de aire de refrigeración necesario (l/s)/(CFM)	Al x An x Pr (mm)	Peso, aprox. (kg)
	A	4,8/10,2	173 x 73 x 149	1,0
	B	24/51	202 x 149 x 172	3,3
	C	54,9/116,3	245 x 185 x 195	5,0

Taula 15. Característiques Micromaster 420. [10]

A.9 Sensor posició eix SIEMENS.

El sensor de posició té com a referència 3RG4022, amb el suport plàstic corresponent.

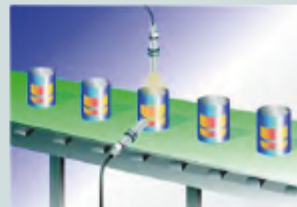
Los detectores inductivos de proximidad SIMATIC PXI se utilizan para detectar sin contacto físico la presencia de objetos metálicos (p. ej.: en maquinaria de artes gráficas, cintas transportadoras, robots de fabricación, ascensores, prensas o soldadoras automáticas, etc.). Alta vida útil, conmutación precisa y elevada velocidad caracterizan a los detectores inductivos de proximidad. También se pueden emplear en entornos con condiciones más exigentes (p. ej.: cuando hay chorros de agua, emulsiones de limpieza, aceites, lubricantes, etc.).



Detección de la posición de la válvula (totalmente abierta o cerrada)










Detección de tornillos de ajuste en la rueda para control de velocidad o dirección



Detección de presencia de latas y tapas

Figura 33. Catàleg de sensors Siemens. [11]

						
M12	Paralelepípedo con M14	6,5 mm	8 mm x 8 mm	M18	18 mm	M30
2 mm 4 mm 6 mm 10 mm	2,5 mm 5 mm	2,5 mm 3 mm	3 mm	5 mm 8 mm 12 mm 20 mm	5 mm 8 mm	10 mm 15 mm 22 mm 40 mm
■ J ■ ■ J ■	■ J ■ ■ J -	■ J - ■ J -	■ J ■ ■ J ■	■ J ■ ■ J ■	■ J ■ ■ J ■	■ J ■ ■ J ■
2, 3	2, 3	3	3	2, 3	3	2, 3
■ ■ ■	■ ■	■	■	■ ■ ■	■	■ ■ ■
■ ■	■ ■	■	■	■ ■	■	■ ■
- J ■ ■ J ■	- J ■	- J ■ ■ J -	- J ■	- J ■ ■ J ■	■ J ■	- J ■ ■ J ■
3RG4012 3RG4022 3RG4112 3RG4612 3RG4622	3RG4072 3RG4082	3RG4302 3RG4602	3RG4337 3RG4637	3RG4013 3RG4323 3RG4313 3RG4613 3RG4623 3RG4023 3RG4113	3RG4053 3RG4063	3RG4014 3RG4324 3RG4314 3RG4614 3RG4624 3RG4624 3RG4024 3RG4114

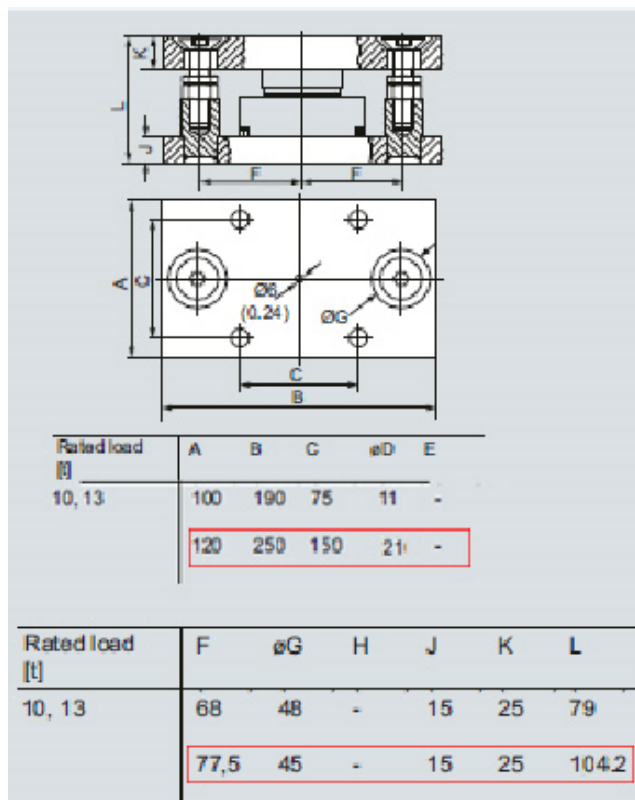
Taula 16. Característiques tècniques. [11]

A.10 Cèl·lula de càrrega SIEMENS

Cèl·lula de càrrega amb referència 7MH4125-5BA11.

Selection and Ordering data	Order No.
Compact mounting unit¹⁾²⁾ For SIWAREX WL280 RN-S SA load cells Material: Stainless steel For load cells with a rated load of:	
<ul style="list-style-type: none"> • 60, 130, 280 kg (132.28, 286.60, 617.29 lb) D) 7MH4125-3DA11 • 0.5, 1 t (0.49, 0.98 tn. L.) D) 7MH4132-4AC11 • 2, 3.5, 5 t (1.97, 3.44, 4.92 tn. L.) 7MH4132-4KC11 • 10, 13 t (9.84, 12.80 tn. L.) 7MH4125-5BA11 	
1) The load cell is not included in the scope of delivery. 2) It is highly recommendable to use a grounding cable (7MH3701-1AA1) in order to protect the load cell. D) Subject to export regulations AL: N, ECCN: EAR99H.	

Taula 17. Ordre de comanda per a la cèl·lula de càrrega desitjada. [3]




Taula 18. Cotes característiques del model escollit. [3]

A.11 PLC Siemens SIMATIC.

SIEMENS Simatic Micro automation S7-200 CPU222 Ref:6ES7 212-1AB23-0XB0.

Características técnicas comunes de las CPUs 221, 222, 224, 224 XP y 226	
Característica	CPU 221, 222, 224, 224 XP, 226
Aritmética en coma fija de 32 bits según norma IEEE	sí
Reguladores PID integrados plenamente parametrizables	sí, hasta 8 reguladores PID independientes
Velocidad de procesamiento al bit	0,22 µs
Interrupciones controladas por tiempo	2 (tiempo de ciclo entre 1 y 255 ms con 1 ms de resolución)
Interrupciones hardware (detección de flancos en entradas)	máx. 4 entradas
Marcas, temporizadores, contadores	256 de cada
Contadores rápidos	4-6 (según CPU), máx. 30 kHz, ó 200 kHz en la CPU 224 XP
Salidas de impulsos (modulables en ancho o frecuencia)	2 salidas, 20 kHz cada una (para variantes DC), 100 kHz en CPU 224 XP
Memoria de programas y datos	remanente (no volátil)
Memorización de datos dinámicos en caso de fallo de alimentación	remanencia: mediante condensador interno de alto rendimiento o módulo de pila adicional. No volátil: carga del bloque de datos con STEP 7-Micro/WIN, TD 200C o vía programa de usuario en la EEPROM integrada
Respaldo de los datos dinámicos mediante módulo de pila	típ. 200 días
Puerto integrado de comunicación	sí, puerto RS 485 que soporta los modos siguientes: maestro o esclavo PPI / esclavo MPI / Freeport (protocolo ASCII programable)
Velocidad de transferencia máx.	187,5 kbaudios (PPI/MPI) ó 115,2 kbaudios (Freeport)
Software de programación	STEP 7-Micro/WIN que sirve para todos los lenguajes como AWL, FUP o KOP
Módulo de memoria de programa opcional	sí, programable en la CPU, para transferir programas, Data Logging, recetas, documentación
Variante DC/DC/DC	sí
Alimentación	24 V DC
Entradas digitales	24 V DC
Salidas digitales	24 V DC, máx. 0,75 A, pueden conectarse en paralelo para aumentar la potencia
Variante AC/DC/relés	sí
Alimentación	85-264 V AC
Entradas digitales	24 V DC
Salidas digitales	5-30 V DC ó 5-250 V AC, máx. 2 A (relés)

Taula 19. Característiques generals de la gamma s7-200. [12]

Característica	CPU 222
	
Entradas/salidas digitales integradas	8 EDI/6 SD
Entradas/salidas digitales	
Nº de canales vía módulos de ampliación	40/38/78
Entradas/salidas analógicas	
Nº de canales vía módulos de ampliación	8/4/10
Memoria de programas	4 kbytes
Memoria de datos	2 kbytes
Memorización de datos dinámicos vía condensador de alto rendimiento	típ. 50 h
Contadores rápidos	4x 30 kHz, de ellos, 2x 20 kHz usables como contadores A/B
Puertos de comunicación RS 485	1
Protocolos soportados:	
– PPI maestro / esclavo	sí
– MPI esclavo	sí
– Freeport (protocolo ASCII programable)	sí
Posibilidades de comunicación opcionales	sí, esclavo PROFIBUS D y/o maestro AS-Inter- face/Ethernet/ Internet/módem
Potenciómetro analóg. de 8 bits integrado (para p. en marcha, cambio de valores)	1
Reloj de tiempo real	opcional
Alimentación p. sensores 24 V DC integrada	máx. 180 mA
Regleta de conexión desenchufable	–
Dimensiones (A x A x P en mm)	90 x 80 x 62

Taula 20. Característiques de la CPU escollida. [12]

Blocs addicionals d'entrades analògiques.

Referència de compra SIEMENS Simatic s7-200 EM231.

Módulo de E/S analógicas	EM 231
Número de entradas/salidas	4 EA
Número de entradas	4
Tipo de entrada	0-10 V/0-20 mA
Rangos de tensión	0-10 V, 0-5 V +/-5 V, +/-2,5 V
Resolución	12 bits
Aislamiento galvánico	no
Número de salidas	-
Tipo de salida	-
Resolución	-
	11 bits corriente
Aislamiento galvánico	-
Regleta de conexión desenchufable	no
Dimensiones (A x A x P en mm)	71,2 x 80 x 62

Taula 21. Característiques del mòdul d'entrades analògiques. [12]

A.12 Dispositius de seguretat.

Botonera d'emergència.

Referència 3583320-1FA20



Taula 22. Ordre de comanda i característiques de la botonera d'emergència. [13]

Sensor de presència.

Sensor fotovoltaic de la marca SIEMENS referenciat com 3RG7824.

- Barreras fotoelèctricas para el tipo 4**
- Alcance de 0 a 60 m
 - Grado de protección IP 65
 - Luz infrarroja modulada en frecuencia
 - Control de ensuciamiento mediante LED integrado
 - Calefacción óptica integrada
 - Elevada resistencia mecánica y química gracias a la óptica de vidrio

Barreras fotoelèctricas		
Tipo según IEC/EN 61496	Tipo 2	Tipo 4
Tensión de empleo	24 V DC	24 V DC
Alcance de empleo	0 ... 120 m	0 ... 60 m
Alcance límite típico ¹⁾	0 ... 150 m	
Tipo de luz	Infrarroja (880 nm)	
Ángulo de apertura	máx. 4°	máx. 2°
Tamaño del obstáculo (diámetro)	mín. 9 mm	mín. 13 mm
Temperatura de empleo	-25 ... +60 °C	-25 ... +60 °C
Grado de protección	IP 65	IP 65
Conexión	Conector redondo M12	Pasacables PG
Referencia genérica	3RG7823	3RG7824

Taula 23. Propietats del sensor de seguretat fotovoltaic. [14]

ANNEX B. CÀLCULS

B.1 Introducció

En el present annex, calcularem cada un dels aspectes relacionats amb el dimensionament de la barrejadora bicònica.

En l'apartat de previsió de càrregues, determinarem l'estat de càrregues el qual treballarà el dipòsit bicònic. Dividirem dit estat en dos casos: estat de càrrega i descàrrega (comportament estàtic) i cas de fluïdificació (Moment el qual el gra flueix cap a l'altre part del dipòsit degut a la rotació).

Un cop determinades les condicions de càrrega més crítiques, dimensionarem el gruix mínim necessari del dipòsit mitjançant el Codi ASME i el mètode de membranes. El codi ASME és usat per a dipòsits a pressió. En el nostre cas, considerem la pressió originada pel producte granular com la pressió de treball, per tal d'obtenir una aproximació del gruix mínim recomanable.

El següent subapartats, es dimensionarà el motor necessari per la propulsió del sistema, juntament amb una estimació de les inèrcies corresponents per tal de reduir-les a l'eix de sortida del reductor. D'altra banda, es determinarà les relacions de transmissió necessàries.

Finalment, es comprovarà el coeficient de seguretat dels eixos soldats a les barrejadores, tant en comportament estàtic com a fatiga, juntament amb la comprovació dels rodaments utilitzats.

B.2 Previsió de càrregues.

A continuació, especificuem els hipotètics casos utilitzats per determinar un estat de càrregues.

Especificuem les condicions geomètriques i les característiques del material per, finalment, determinar les pressions que actuaran perpendicularment sobre la part bicònica (P_c), sobre la zona cilíndrica (P_l) i la pressió a suportar per la vàlvula (P_i).

Les càrregues determinades P_l , P_i i P_c , seran simètriques respecte l'eix de rotació en tot el dipòsit bicònic. Veure Figura 34.

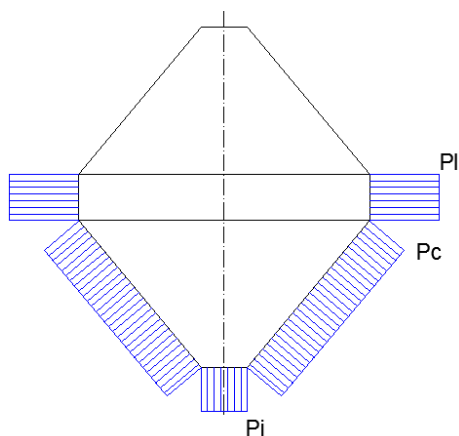


Figura 34. Pressions a obtenir sobre els diferents elements de la barrejadora degut al fluid granular.

B.2.1 Hipòtesis: Casos d'estudi durant el cicle de barrejat.

Tal i com hem comentat a la introducció, classificarem les condicions de càrrega en dos tipus.

El primer cas, inclou qualsevol estat el qual el flux granular presenta un comportament estàtic. En el comportament granular estàtic, la seva relació de pressions no segueix un comportament hidrostàtic lineal [15]. És per això que en el cas 1, utilitzarem com a referència l'Eurocodi UNE-ENV 1991-4 [16].

Dins aquest estat incloem la càrrega i descàrrega de la sitja i també un interval de temps durant la rotació, el qual, degut a la geometria cònica del dipòsit, el producte roman pràcticament estàtic. D'altra banda, tal i com veurem en l'apartat de previsió de càrregues durant càrrega i descàrrega, considerarem el canvi de con del producte durant la rotació, com una càrrega i descàrrega amb un grau elevat d'excentricitat.

D'altra banda, en el cas 2, el material fluidifica des de un costat del dipòsit fins a l'altre. En aquest cas, el material sí presenta un comportament hidrostàtic, cosa que el seu càlcul resultarà molt més simple.

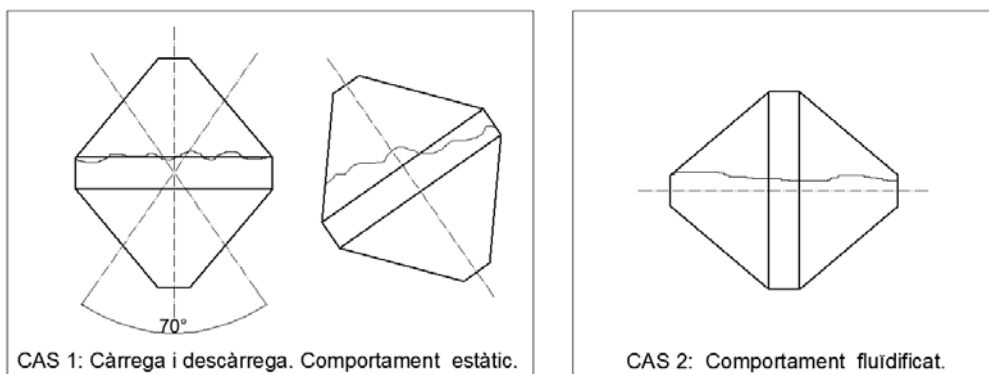


Figura 35. Representació gràfica dels dos casos. En el cas 1 podem observar el rang el qual considerem el comportament estàtic del material. Aquest rang és pròxim als 140°. En el cas 2 observem la hipòtesis estudiada en el cas del material fluidificant, el qual el producte flueix d'un costat del dipòsit a l'altre..

B.2.2 Dades: Característiques granulars del material i geometria.

A pesar que el barrejador serà usat per un nombre determinat de receptes, les característiques entre elles no varien, ja que el material base utilitzat per cada una d'elles serà el mateix. Així doncs, les característiques a tenir en compte són les següents:

Material	Densitat γ (kN/m ³)	Relació de presions K_s	Coefficient de fricció amb la paret (acer) μ	Màxim Coeficient de majoració de presiò. C_o
A	14	0,45	0,45	1,45

Taula 24. Propietats granulars del material. [16]

La geometria del dipòsit bicònic és la següent:

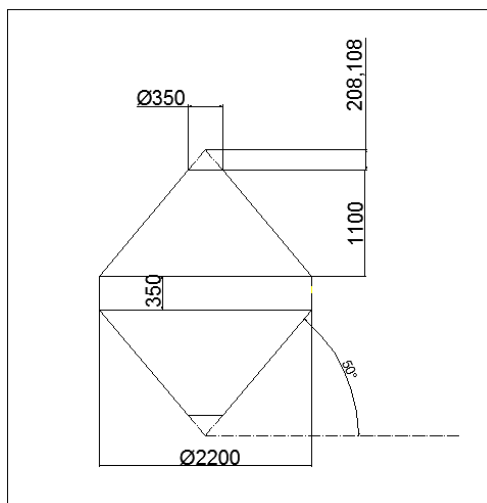


Figura 36. Dimensions de la barrejadora bicònica en mm.

Durant el càlcul de les pressions originades per la càrrega i descàrrega, considerem una excentricitat de càrrega pròxima al 25% del diàmetre del dipòsit.

B.2.3 Cas 1: Comportament granular estàtic.

Utilitzarem l'Eurocodi UNE-ENV 1991-4 [16] per la previsió de càrregues durant l'emplenat, buidat, i en el cas de repòs que adquirirà la massa granular durant el procés de barreja.

La norma UNE-ENV 1991-4, s'utilitza per el disseny de sitges. A pesar que no menciona cap sitja bicònica, considerem que el nostre sistema bicònic està format per dues sitges còniques unides per la seva zona central.

Les accions sobre la tolva venen condicionades per les propietats granulars del material, la condició de fricció de la superfície, la geometria i el mètode d'emplenat i buidat.

D'altra banda, és necessari determinar si el flux d'evacuació és en embut o massa, i de si el disseny del nostre sitja és considerat curt o esvelt. Ja que són factors a tenir en compte durant el seguiment de la norma.

Tipus de flux.

Obtindrem el tipus de flux d'evacuació a partir de l'angle d'inclinació de la part cònica de la sitja i l'angle de fricció entre el flux granular i la paret (α_w).

Així doncs, l'angle α_w , ve determinat per l'equació:

$$\alpha_w = \text{atan}(\mu) = \text{atan}(0,45) = 24,22^\circ$$

(1)

On μ és el valor de fricció entre el material i la paret de la tolva. Veure taula Taula 24.

D'altra banda, l'angle d'inclinació de la part cònica (α), ve determinada mitjançant l'equació trigonomètrica (2).

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{h}{\frac{(\emptyset_{\text{gran}} - \emptyset_{\text{petit}})}{2}}\right) = \text{atan}\left(\frac{1100}{\frac{(2200 - 350)}{2}}\right) = 49,93^\circ$$

(2)

On h , és l'altura del con.

\emptyset gran i petit, són els diàmetres centrals i d'extracció, respectivament. Veure Figura 36.

Segons la Figura 37, determinem el tipus de flux d'evacuació, que observem que és flux en embut.

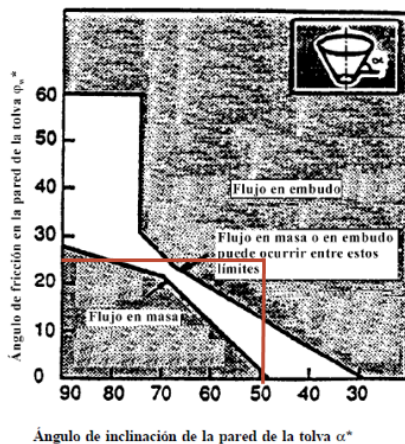


Figura 37. Gràfic d'obtenció de la tipologia de flux. [16]

Tipus de sitja.

La normativa especifica la distinció de dos tipologies de sitges. La seva determinació es basa en la següent relació:

$$k = \frac{htotal}{\varnothing_{gran}} = \frac{1100 + 350}{2200} = 0,6590$$

(3)

On $htotal$ és l'altura total de la part inferior de la sitja, és a dir, la suma del con inferior i el cilindre central.

\varnothing_{gran} , és el diàmetre central de la sitja. Veure Figura 36.

Segons norma, si $K < 1,5$, estem parlant de sitges curtes.

Obtenció de pressions de treball.

Generalment, la distribució de pressions sobre la paret de la nostre sitja serà la següent.

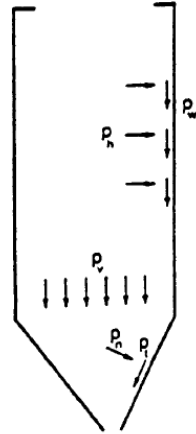


Figura 38. Distribució de les pressions. [16]

Pressions originades sobre la part cilíndrica de la sitja.**Accions fixes.**

Entenem com accions fixes i no variables, aquelles pressions que exerceix el material sobre les parets. Posteriorment s'hi hauran de sumar les variables originades per la càrrega i descarrega.

La pressió P_v , aplicada sobre l'inici de la part cònica, ve donada per les següents expressions:

$$P_v = \frac{\gamma \cdot A}{K_s \cdot \mu \cdot U} \cdot C_z = 4,5974 \text{ kN/m}^2$$

(4)

On $A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 1100^2 = 3,80 \text{ m}^2$. Àrea de la part cilíndrica

$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$. Pes específic del producte

$K_s = 0,45$. Relació de pressions horitzontals i verticals.

$\mu = 0,45$. Coeficient de fricció amb la paret.

$U = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 1100 = 6,911 \text{ m}$. Perímetre interior.

$$C_z = 1 - e^{\left(-\frac{z}{z_0}\right)} = 0,1209$$

(5)

On $z=350$ mm. Profunditat de la zona cilíndrica.

$$z_0 = \frac{A}{K_S \cdot \mu \cdot U} = 2716,04 \text{ mm}$$

(6)

La pressió P_{wf} , originada per la fricció entre el material i la paret es pot calcular a partir de l'equació (7):

$$P_{wf} = \gamma \cdot \frac{A}{U} \cdot C_z \cdot C_w = 0,93 \text{ kN/m}^2$$

(7)

On A , γ , U i C_z , queden determinats a l'equació (4)

$C_w=1$. Coeficient per a sitges curtes.

Les carregues laterals de la part cilíndrica, començaran essent un valor nul, i acabaran adquirint el valor màxim obtingut a partir l'equació (8)

$$P_{hf} = C_h \cdot \frac{\gamma \cdot A}{\mu \cdot U} \cdot C_z = 2,06 \text{ kN/m}^2$$

(8)

On A , γ , U , μ C_z , queden determinats a l'equació (4)

$C_h=1$, valor unitari per a sitges curtes.

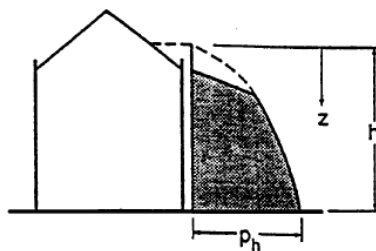


Figura 39. Distribució de pressions de la part cilíndrica de la sitja. [16]

Accions variables durant emplenat i buidat.

Durant el procés d'emplenat i buidat de la sitja, apareixen accions fixes i accions locals.

Les accions locals són càrregues uniformes aplicades a qualsevol punt de la part cilíndrica de la sitja. Genèricament, s'apliquen només al llarg d'una longitud S a la part central. En el nostre cas, al tractar-se d'una sitja curta, la sumarem homogèniament a la pressió Ph_f .

$$Pp = 0,2 \cdot \beta \cdot Ph_f = 0,2 \cdot 2 \cdot 2,0688 = 0,8275 \text{ kN/m}$$

(9)

$$\beta = 1 + 4 \cdot \frac{ei}{dc} = 1 + 4 \cdot 0,25 = 2$$

(10)

On $Ph_f = 2,0688$. Valor màxim de pressió horitzontal. Obtingut a equació (8).

$Ei/dc = 0,25$. Grau d'excentricitat de l'abocament de la càrrega. Considerem el 25%, ja que durant la rotació, la càrrega entrarà molt descentrada.

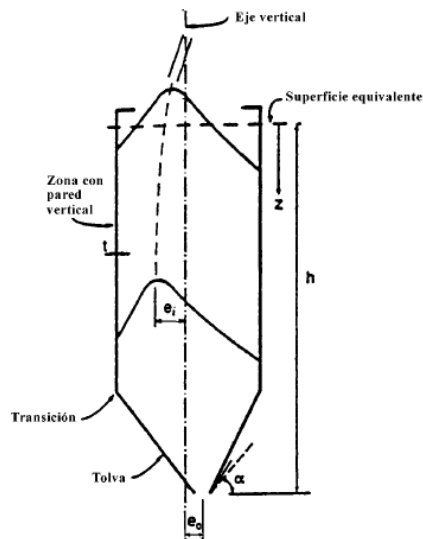


Figura 40. Informació sobre el grau d'excentricitat de l'abocament del material. [16]

Pel que fa a les pressions fixes d'emplenat i buidat, aplicades al fons del cilindre, les obtindrem amb les equacions següents.

$$Pv, sq = \left(Pv1 + (Pv2 - Pv3) \cdot \frac{1,5 \cdot D - h}{1,5 \cdot D - h1} \right) = (4,59 + (7,56 - 3,97) \cdot \frac{1,5 \cdot 0,05 - 0,35}{1,5 \cdot 0,05 - 0,03})$$

$$= 8,977 \frac{kN}{m^2}$$

(11)

On $Pv1 = 4,59 \text{ kN/m}$.Obtingut de l'equació (4), amb $z=h1$. Veure Figura 41.

$$Pv2 = \gamma \cdot h2 = 14 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,54 \text{ m} = 7,56 \text{ kN/m}$$
 Veure Figura 41.

$Pv3 = 3,97 \text{ kN/m}$. Obtingut de l'equació (4), amb $z=h$. Veure Figura 41.

$D = 0,05 \text{ m}$. Veure Figura 41

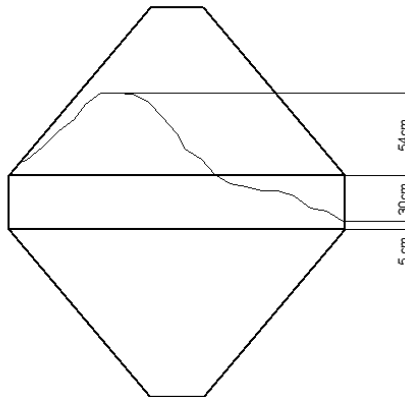


Figura 41. Obtenció gràfica dels valors h, h1, h2 i D.

Gràficament, obtenim els valors requerits a l'equació (14).

$H1 = 30 \text{ cm}$. Distància entre línia equivalent i superfície inferior del material.

$H2 = 54 \text{ cm}$. Distància entre la línia equivalent i la superfície superior del material.

$D = 5 \text{ cm}$. Distància entre part inferior cilíndrica i superfície del material.

$H = 35 \text{ cm}$.

Pressions originades sobre la part cònica.

Les pressions originades a la part plana del fons del con, les obtindrem a partir de l'equació (4), com si es tractés d'un cilindre amb l'altura total de material.

$$Pv' = Cb \cdot \frac{\gamma \cdot A}{Ks \cdot \mu \cdot U} \cdot Cz = 15,729 \text{ kN/m}^2$$

(12)

On $Cb = 1,2$. Majoració segons norma.

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 1100^2 = 3,80 \text{ m}^2. \text{ Àrea de la part cilíndrica}$$

$$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3. \text{ Pes específic del producte}$$

$$Ks = 0,45. \text{ Relació de pressions horitzontals i verticals.}$$

$$\mu = 0,45. \text{ Coeficient de fricció amb la paret.}$$

$$U = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 1100 = 6,911 \text{ m. Perímetre interior.}$$

$$Cz = 1 - e^{(-\frac{z}{z_0})} = 0,4136$$

On $z = 1450 \text{ mm}$. Profunditat total.

$$z_0 = \frac{A}{Ks \cdot \mu \cdot U} = 2716,04 \text{ mm}$$

Les pressions originades sobre la paret cònica, les obtindrem a partir del següent procediment.

$$Pn = Pn3 + Pn2 + (Pn1 - Pn2) \cdot \frac{x}{lh}$$

(13)

$$\begin{aligned} Pn1 &= Pv0 (Cb \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = 13,574 \cdot (1,2 \cdot \cos^2 40,06 + \sin^2 40,06) \\ &= 15,165 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

(14)

$$Pn2 = Cb \cdot Pv0 \cdot \cos^2 \alpha = 1,2 \cdot 13,574 \cdot \cos^2 40,06 = 9,542 \text{ kN/m}^2 \quad (15)$$

$$Pn3 = 3 \cdot \frac{A}{U} \frac{(\gamma \cdot Ks)}{\sqrt{\mu}} \cdot \sin^2 \alpha = 3 \cdot \left(\frac{3,801}{6,911} \right) \cdot \frac{14 \cdot 0,45}{\sqrt{0,45}} = 6,418 \text{ kN/m}^2 \quad (16)$$

On $Cb=1,2$. Majoració segons norma.

$lh = 1100/\sin 40,06 = 1709,136$ mm. Veure figura.

X és el valor que pren des de la part inicial fins lh.

$Pn1$ i $Pn2$, és la pressió degut a l'emplenament de la sitja.

$Pn3$, pressió originada per el material emmagatzemat per sobre la transició.

Els valors A,U,Ks, γ , μ , són calculats a l'equació (4).

$Cb = 1,2$. Coeficient de majoració.

$Pv0 = Pv + Pv,sq = 4,597 + 8,977 = 13,574 \text{ kN/m}^2$ Pressió màxima originada sobre a transició per el material emmagatzemat a la zona cilíndrica. Es té en compte tant la pressió fixa com la variable degut a l'emplenament.

$\alpha = 40,06$. Angle d'inclinació respecte la vertical.

Així doncs, la càrrega Pn valdrà,

$$\text{per } x = 350/\sin 40,06 = 271,912 \text{ mm} \rightarrow Pn' = 16,853 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{per } x = lh = 1709,136 \text{ mm} \rightarrow Pn'' = 21,583 \text{ kN/m}^2$$

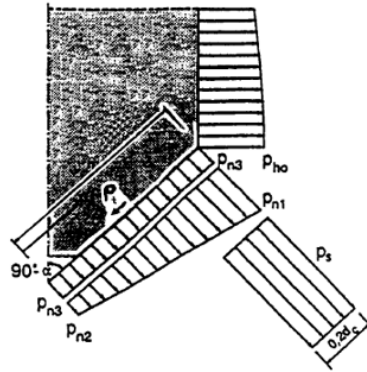


Figura 42. Distribució de pressions sobre la paret cònica. [16]

En el cas de tractar-se, segons apartat Dades: Característiques granulars del material i geometria.B.2.2, d'una evacuació de flux de tipus embut, menyspreem la força P_s i P_t , originades per la fricció.

B.2.4 Cas 2: Comportament granular fluïdificat.

Tal i com hem aclarit a la introducció, estudiarem el comportament del fluid durant el seu moviment des de una part del dipòsit cap a l'altre. Durant aquest cas, el material presentarà petites velocitats de desplaçament.

Cal recordar que el producte ocupa aproximadament un 62% del volum total. Per això considerem que el nivell de producte és pròxim als 200mm sobre l'eix central de revolució.

La distribució de pressions serà la següent:

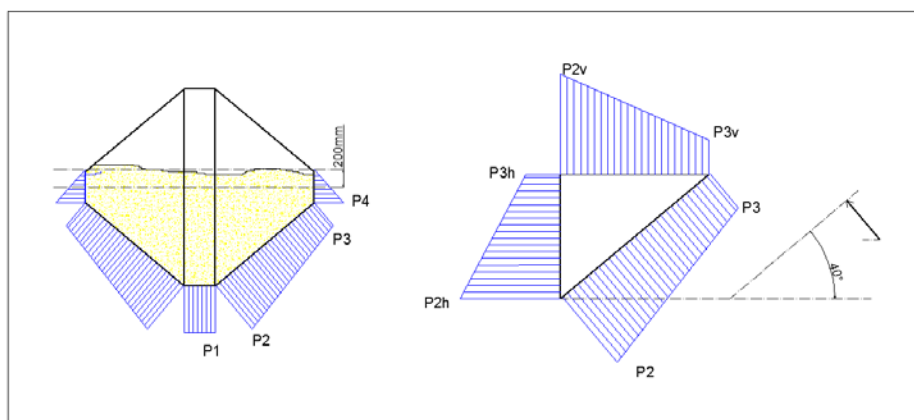


Figura 43. Diagrama de pressions Cas 2. Detall de l'obtenció de la paret inclinada

Utilitzarem la fórmula d'obtenció de pressions hidrostàtiques d'un fluid:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

(17)

On $\rho = 1427,115 \text{ kg/m}^3$. Densitat

$G = 9,81 \text{ m/s}^2$. Gravat

$H = 350/2 + 200 = 375 \text{ mm}$ (altura per P4, P3h i P3v)

$1100+200= 1300\text{mm}$ (altura per P1, P2h i P2v)

Majorem per un factor $C_b=1,2$. Obtenim que els resultats són:

$$P1 = 21,84 \text{ kN/m}^2$$

$$P3v = P3h = 6,3 \text{ kN/m}^2$$

$$P2v = P2h = 12,6 \text{ kN/m}^2$$

$$P4 = 6,3 \text{ kN/m}^2$$

La placa està inclinada $40,06^\circ$. La seva reacció serà perpendicular. Descomponem cada component (vertical/horitzontal) en una força perpendicular a la placa i una paral·lela, que en el nostre cas és irrellevant.

Obtenim la pressió perpendicular màxim que haurà de suportar la xapa. Veure figura anterior.

$$P3 = P3v \cdot \cos(40,06) + P3h \cdot \sin(40,06) = 8,87 \text{ kN/m}^2$$

$$P2 = P2v \cdot \cos(40,06) + P2h \cdot \sin(40,06) = 17,74 \text{ kN/m}^2$$

B.2.5 Resultats.

Resumim els resultats d'ambdós casos i escollim el valor màxim més desfavorable.

Cas 1		Cas 2		Resultat final	
Variable	Valor (kN/m)	Variable	Valor (kN/m)	Variable	Valor (kN/m)
Pwf	0,930977	-	-		
Phf + Pp	2,896374	P1	21,84	PI	21,84
Pv'	15,72948	P4	6,3	Pi	15,72948
Pn'	16,8531	P2	8,87	Pc	21,583
Pn''	21,583	P3	17,74		

Taula 25. Resultats dels casos 1 i 2.

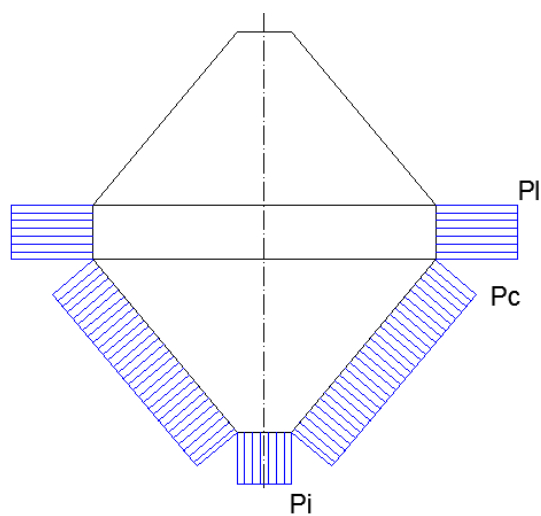


Figura 44. Estat de càrregues.

B.2.6 Conclusions.

Així doncs, dimensionarem la sitja per l'estat de càrregues de la figura anterior.

Els valors seran:

$$P_i = 15,72 \text{ kN/m}^2$$

$$P_C = 21,58 \text{ kN/m}^2$$

$$P_L = 21,84 \text{ kN/m}^2$$

El fet de tractar-se d'un sitja d'evacuació en embut, i a fi de simplificar els càlculs, ometrem les friccions originades.

Els valors ja estan majorats segons norma (cas 1) i per un factor $C_b=1,2$ (cas 2).

PL serà la pressió a suportar per la vàlvula.

B.3 Dimensionament de gruixos del dipòsit bicònic.

A continuació es dimensionarà els gruixos per suportar les condicions establertes a l'apartat B.2.

El sistema utilitzat és el Codi ASME Secció VIII Divisió 3: Boiler and pressure vessel code [17] . D'altra banda, en cas de donar-se una sèrie de condicions geomètriques, el codi recomana la comprovació per el mètode de membranes per tal de avaluar la discontinuïtat entre la zona cilíndrica i cònica , que queda especificat en el llibre Pressure Vessel design Handbook, Bednar [18].

B.3.1 Dades: Material, Soldadura i Condicions de càrrega.

A continuació determinem el material utilitzat, així com la eficiència de la soldadura, molt a tenir en compte durant el dimensionament de gruix segons codi Asme.



Material utilitzat.

Les característiques mecàniques de l'acer inoxidable usat són les següents:

Tensió admissible : 195 Mpa

Coefficient de poisson: 0,29

Eficiència de la soldadura.

TIPOS NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA JUNTA, E		
		Cuando la junta es:		
		a. Radiografiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1	 <p>Juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse esta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
2	 <p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar</p> <p>En juntas circunferenciales únicamente</p>	0.90	0.80	0.65

Taula 26. Valors d'eficiència de soldadura. [17]

Segons la taula anterior, considerant un únic cordó de soldadura, l'eficiència serà 0,80.

Condicions de càrrega.

Calculat a l'apartat B.2, dimensionarem un dipòsit bicònic on la part cònica ha de suportar 21,58 kN/m, i la part cilíndrica 21,84 kN/m.

En l'apartat de dimensionament per el mètode de membranes, considerem una pressió homogènia en tot el dipòsit de 21,84 kN/m, que és la màxima de les dos anteriors, ja que el mètode utilitzat només contempla els dipòsits sota pressió homogènia.

Dades geomètriques.

Radi interior = 1100 mm

$\alpha = 49,93$ (Angle respecte la vertical de la paret del con)

B.3.2 Dimensionament del gruix segons codi ASME.

El gruix de la part cilíndrica amb costura longitudinal vindrà determinat per la següent equació:

$$t = \frac{(P \cdot R)}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} = 0,154 \text{ mm.}$$

(18)

On $P = 21,84 \text{ kN/m}^2 = 0,02184 \text{ Mpa}$. Pressió de disseny.

$R = 1100 \text{ mm}$. Radi interior.

$S = 195 \text{ Mpa}$. Esforç que suporta material.

$E = 0,8$. Eficiència de la junta de soldadura.

Agafarem gruix de 1 mm.

Per tant, la nova pressió de treball del dipòsit serà:

$$P = \frac{S \cdot E \cdot t}{R + 0,6 \cdot t} = 0,1417 \text{ MPa.}$$

(19)

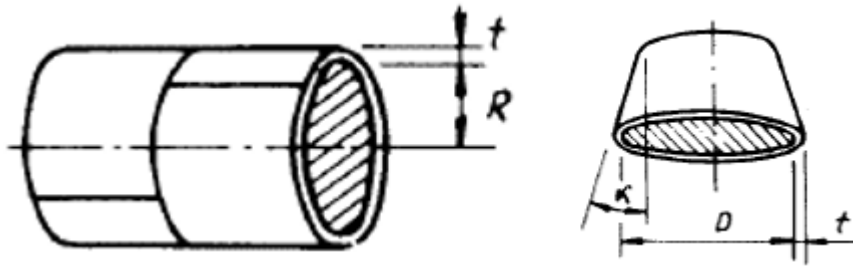


Figura 45. Casc cilíndric amb costura longitudinal i casc cònic. [17]

Pel que fa a la part cònica el gruix ve determinat per l'equació:

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (S \cdot E - 0,6 \cdot P)} = 0,198 \text{ mm}$$

(20)

On $P = 21,58 \text{ kN/m}^2 = 0,02158 \text{ MPa}$. Pressió de treball.

$D = 2200 \text{ mm}$. Diàmetre.

$\alpha = 49,93$. Angle respecte la vertical.

S, E . Determinats a Equació (16).

Agafarem un gruix de 1 mm. La nova pressió del dipòsit serà:

$$P = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot t \cdot \cos \alpha}{D + 1,2 \cdot t \cdot \cos \alpha} = 0,108 \text{ Mpa.}$$

(21)

B.3.3 Comprovació mètode membranes i discontinuïtat.

Càlcul de la tensió de membrana.

El codi ASME, segons l'angle d'inclinació de la part cònica respecte la vertical, aconsella comprovar les tensions amb el mètode de les membranes. Utilitzarem el procediment utilitzat en el llibre Pressure Vessel Design Handbook. [18]

Considerem una pressió homogènia de $21,84 \text{ kN/m}^2$, que és la màxima sobre con i cilindre.

L'esforç tangencial (σ_t) i longitudinal (σ_L), per $t=1\text{mm}$, a la part cilíndrica ve determinat per:

$$\sigma_t = \frac{P \cdot R}{t} = 24,04 \text{ Mpa.} \quad (22)$$

$$\sigma_L = \frac{P \cdot R}{2 \cdot t} = 12,02 \text{ Mpa.} \quad (23)$$

On tots els paràmetres queden determinats a l'equació (18).

L'esforç longitudinal (σ_L), i tangencial (σ_t) del con, ve determinat per:

$$\sigma_t = \frac{P \cdot \frac{R}{\cos \alpha}}{t} = 31,289 \text{ Mpa.} \quad (24)$$

$$\sigma_L = \frac{P \cdot R}{2 \cdot t \cdot \cos \alpha} = 15,694 \text{ Mpa.} \quad (25)$$

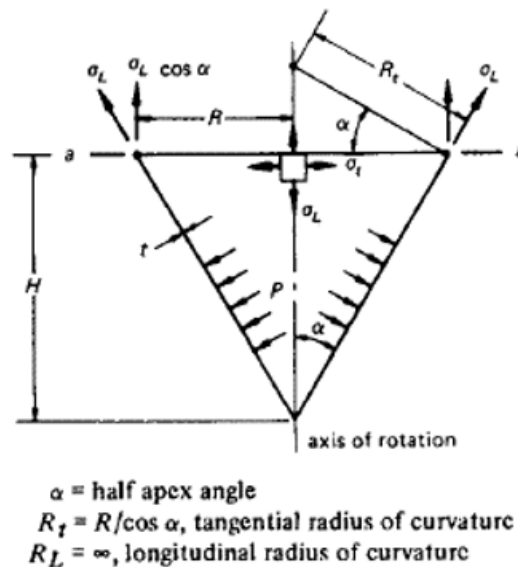


Figura 46. Diagrama de forces de la part cònica. [18]

Observem com cada una de les tensions en la direcció longitudinal i tangencial són molt inferiors que $S=195\text{Mpa}$.

Aquests valors són els valors de membrana sense tenir en compte els esforços deguts a l'alta discontinuïtat, que calcularem a continuació:

Comprovació per esforços de discontinuïtat.

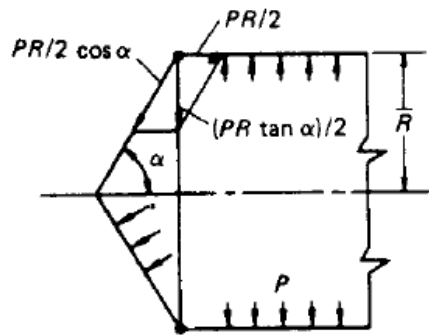


Figura 47. Distribució de pressions en un conjunt cilindre-con. [18]

Tal com podem veure a la figura anterior, apareix una tensió $(PR \tan \alpha / 2)$, que a mesura que l'angle α d'unió entre el con i el cilindre augmenta, s'incrementa. És un factor a tenir en compte, per això fem un anàlisi de discontinuïtat seguint el mètode del cilindre equivalent del llibre Pressure Vessel design Handbook, Bednar [18].

A més a més, a l'equació d'obtenció de la tensió tangencial, es tindrà en compte un moment (M) que s'origina degut a la tensió esmentada anteriorment.

Tensions de discontinuïtat originades al cilindre.

Les tensions longitudinals ($\rho L'$) i tangencials ($\rho t'$), juntament amb la tensió originada degut al moment en la transició originades al cilindre ($\rho tm'$), venen determinades per les següents equacions:

$$\rho L' = \frac{P \cdot R}{t_{cilindre}} \cdot \left(0,5 \pm X \cdot \sqrt{\frac{R}{t_{cilindre}}} \right) = 376,95 \text{ Mpa}, -352,92 \text{ Mpa.}$$

(26)

$$\rho tm' = \frac{P \cdot R}{t_{cilindre}} \cdot \left(1 - Y \cdot \sqrt{\frac{R}{t_{cilindre}}} \right) = -176,85 \text{ Mpa}$$

(27)

$$\rho t' = \rho t m \pm \frac{6 \cdot v \cdot M}{t_{\text{cilindre}}^2} = -71,21 \text{ Mpa}, -282,48 \text{ Mpa}.$$

(28)

Tensions de discontinuïtat originades al con.

$$\rho L' = \frac{P \cdot R}{t} \cdot \left(\frac{0,5}{n \cdot \cos \alpha} \pm U \cdot \sqrt{\frac{R}{t_{\text{con}}}} \right) = 380,63 \text{ Mpa}, -349,24 \text{ Mpa}.$$

(29)

$$\rho t m' = \frac{P \cdot R}{t} \cdot \left(\frac{1}{n \cdot \cos \alpha} - Y \cdot \sqrt{\frac{R}{t_{\text{con}}}} \right) = -169,48 \text{ Mpa}.$$

(30)

$$\rho t' = \rho t m \pm \frac{6 \cdot v \cdot M}{t_{\text{con}}^2} = -63,85 \text{ Mpa}, -275,12 \text{ Mpa}$$

(31)

On $P = 24,706 \text{ kN/m}^2 = 0,024706 \text{ Mpa}$. Pressió de disseny.

$R = 1100$. Radi de la sitja.

$t_{\text{cilindre}} = 1$. Gruix de xapa.

$t_{\text{con}} = 1$. Gruix de xapa.

$X = 0,4580$. Coeficient calculat a continuació.

$Y = 0,2521$. Coeficient calculat a continuació.

$U = 0,4580$. Coeficient calculat a continuació.

$V = 0,3$. coeficient de Possion.

$M = 60,70 \text{ Nmm}$. Moment generat a la transició.

Obtenció del moment aplicat a la transició.

$$M = Z \cdot \frac{2}{\beta} \cdot V2 = 60,7093 \text{ Nmm}$$

(32)

On :

$$V2 = k \cdot n \cdot \frac{[1 + V1 \cdot (n^2 - 1)]}{4 \cdot (k \cdot n^3 + 1)} = 0,1166$$

(33)

$$V1 = \frac{k [1 + n^2 \cdot (1 + 2 \cdot k \cdot n)]}{k \cdot n^4 + 2 \cdot k^2 \cdot n^3 + 2 \cdot k \cdot n^2 + 2 \cdot n + k} = 0,4666$$

(34)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{[3 \cdot (1 - v^2)]}{R^2 \cdot t^2}} = 0,03881 \text{ mm}$$

(35)

$$Z = \frac{P \cdot R \cdot \tan \alpha}{2} = 10,101 \text{ N/mm}$$

(36)

$$k = \sqrt{\frac{\cos \alpha}{n}} = 0,8748$$

(37)

$$n = \frac{t_{con}}{t_{cilindre}} = 1$$

(38)

On tots els paràmetres estan especificats a les equacions anteriors.

Obtenció dels paràmetres X,Y,U.

$\alpha = 15^\circ$						$\alpha = 30^\circ$					
<i>n</i>	1	1.25	1.5	1.75	2	<i>n</i>	1	1.25	1.5	1.75	2
<i>X</i>	0.155	0.159	0.1573	0.151	0.142	<i>X</i>	0.325	0.335	0.330	0.317	0.300
<i>Y</i>	0.087	0.068	0.0647	0.058	0.054	<i>Y</i>	0.179	0.152	0.135	0.122	0.113
<i>U</i>	0.155	0.104	0.070	0.049	0.0356	<i>U</i>	0.325	0.214	0.147	0.104	0.074
$\alpha = 45^\circ$						$\alpha = 60^\circ$					
<i>n</i>	1	1.25	1.5	1.75	2	<i>n</i>	1	1.25	1.5	1.75	2
<i>X</i>	0.533	0.552	0.545	0.524	0.496	<i>X</i>	0.837	0.871	0.863	0.833	0.789
<i>Y</i>	0.293	0.255	0.218	0.197	0.180	<i>Y</i>	0.461	0.383	0.334	0.300	0.271
<i>U</i>	0.533	0.352	0.242	0.172	0.125	<i>U</i>	0.837	0.557	0.387	0.272	0.197

Taula 27. Taula per obtenir valors X, Y i U. A través de l'angle d'inclinació i el valor n. [18]

Interpolant, obtenim que els valors valen:

$$X = 0,4580.$$

$$Y = 0,2521 .$$

$$U = 0,4580 .$$

B.3.4 Condicions de suma.

Segons Codi ASME, la suma de la tensió de membrana, ja sigui longitudinal o tangencial, més la tensió originada per discontinuïtat, han de complir les següents condicions:

$$\rho L + \rho L' \leq 3 \cdot S$$

(39)

$$\rho t + \rho t' \leq 1,5 \cdot S$$

(40)

Obtenim doncs, amb els resultats obtinguts a B.3.2 i B.3.3, els següents valors:

Tensions resultants al cilindre:

$$\rho L + \rho L' \leq 3 \cdot S \rightarrow 24,024 + 376,952 = 400,97 \text{ Mpa} < 585 \text{ Mpa}$$

$$\rho_t + \rho_t' \leq 1,5 \cdot S \rightarrow 12,012 + (-282,48) = |-270,47| \text{ Mpa} < 292,5 \text{ Mpa}$$

Tensions resultants al con:

$$\rho_L + \rho_L' \leq 3 \cdot S \rightarrow 15,69 + 380,63 = 396,32 \text{ Mpa} < 585 \text{ Mpa}$$

$$\rho_t + \rho_t' \leq 1,5 \cdot S \rightarrow 31,38 + (-275,12) = |-243,73| \text{ Mpa} < 292,5 \text{ Mpa}$$

Amb gruix 1 complim les condicions establertes per el codi.

B.3.5 Resultats

La taula resum dels càlculs és:

Mètode ASME				
Pressió màxima.			Condicció límit. (Mpa)	
	$\sigma_{con} =$	0,108497 Mpa < 195		OK
	$\sigma_{cil.} =$	0,141741 Mpa < 195		OK
Mètode discontinuïtat.				
Pressió màxima.			Condicció límit. (Mpa)	
Con	$\sigma_L =$	396,3292 Mpa < 585		OK
	$\sigma_T =$	-243,733 Mpa < 292,5		OK
Cilindre	$\sigma_L =$	400,9761 Mpa < 585		OK
	$\sigma_T =$	-270,476 Mpa < 292,5		OK

Taula 28. Resultats de les tensions màximes permeses en el dipòsit.

B.3.6 Conclusions.

Tal i com podem observar a la Taula 28, per un gruix $t=1\text{mm}$, compleix les pressions mínimes de disseny. No obstant, les pressions tangencials presenten un estret marge de seguretat, cosa que ens fa prendre la decisió de dimensionar el dipòsit amb un gruix $t = 2\text{mm}$.

B.4 Dimensionament del motor.

En el present apartat, dimensionarem el motor necessari per la rotació del mesclador bicònic, així com la relació de transmissió necessària i les inèrcies corresponents.

Primer de tot, calcularem la inèrcia reduïda a l'eix de sortida. A continuació, suposarem uns parells resistents degut a la rotació de dipòsit i els seus suports. Un cop determinats les inèrcies, els moments resistents i especificats els perfils d'acceleració, reduïrem aquests a la sortida del motor reductor, i comprovarem que el motor seleccionat compleix les exigències del sistema.

B.4.1 Dades

Les dades utilitzades per el càlcul de inèrcies, moments reduïts, potències, etc. Són les següents:

Dades geomètriques

A la següent figura podem observar les dimensions característiques de la nostre geometria.

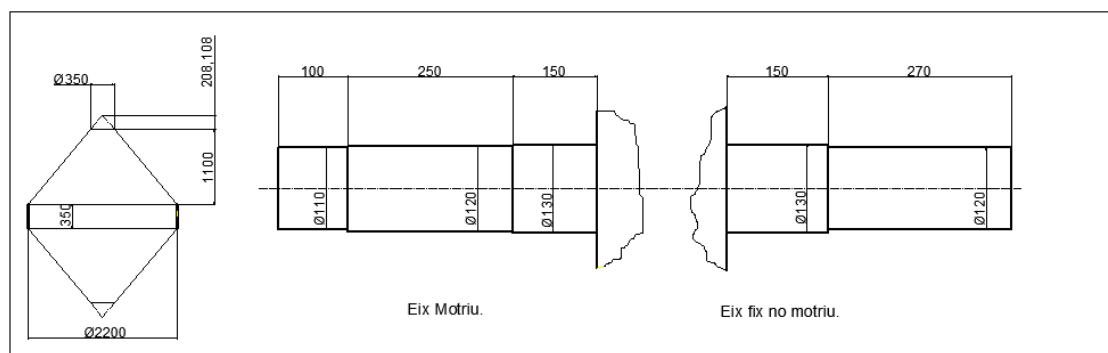


Figura 48. Dimensions eixos suport per a càlcul d'inèrcies.

Pes específic acer/material emmagatzemat.

Recordar que el pes específic del producte és de 14kN/m³ i la densitat de l'acer inoxidable utilitzat és de 7900 kg/m³.

B.4.2 Càlcul inèrcia a l'eix de rotació del barrejador.

Per tal de dimensionar el motor, és necessari obtenir una inèrcia aproximada de rotació sobre l'eix del barrejador. És per això que calcularem a continuació la inèrcia de la barrejadora, juntament amb eixos, plat i vàlvules.

La inèrcia la calcularem a partir de geometries còniques, i posteriorment restarem el con de la part superior, tenint en compte Steiner. [19]

$$I_{total} = I_{con.ple.gran} - I_{con.ple.petit} + I_{con.buit.gran} - I_{con.buit.petit} + I_{zona.central} + I_{eixos} + 2 \cdot I_{vàlvules}$$

(41)

Observem com dividim el sistema bicònic com un conjunt d'inèrcies.

Inèrcia del con complet amb material.

El seu volum serà:

$$V_{con} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3} = \frac{\pi \cdot 550^2 \cdot (1100 + 208,108)}{3} = 1,6575m^3$$

(42)

La seva àrea lateral ens permetrà obtenir el pes d'acer corresponent:

$$A_{lateral} = \pi \cdot r^2 \cdot \sqrt{h^2 + r^2} = \pi \cdot 550^2 \cdot \sqrt{(1100 + 208,108)^2 + 550^2} = 5,906351 m^2$$

(43)

Amb un gruix de 2mm, el seu volum serà:

$$V_{acer} = 5,906351 mm^2 \cdot 0,002mm = 0,0118127 m^3$$

(44)

La massa total serà:

$$M_{total} = V_{con} \cdot \gamma + V_{acer} \cdot g \cdot \frac{\rho}{g} = 1,6575m^3 \cdot \frac{14000 \frac{N}{m^3}}{9,81m/s^2} + 0,0119127m^3 \cdot 7900 kg/m^3$$

$$= 2458,786 kg$$

(45)

La seva inèrcia, respecte el seu centre de masses, ve determinada per:

$$I_{cdg} = \frac{3}{20} \cdot M \cdot \left(R^2 + \frac{H^2}{4} \right) = \frac{3}{20} \cdot 2458,786 \cdot \left(550^2 + \frac{(1100 + 208,108)^2}{4} \right)$$

$$= 604045063 kgmm^2$$

(46)

Amb Steiner, la inèrcia a l'eix central de rotació de la barrejadora, serà:

$$I_{con.ple.gran} = I_{cdg} + m \cdot d^2$$

$$= 604045063 kgmm^2 + 2458,786 kg \cdot \left(\frac{1100 + 208,108}{4} + \frac{350}{2} \right)^2$$

$$= 1223735702 kg \cdot mm^2$$

(47)

La distància és la suma entre el centre de gravetat del con (h/4) i la distància on comença el con respecte l'eix de rotació (350/2).

Inèrcia del con petit amb material.

Utilitzant exactament el procediment anterior, obtenim la inèrcia del con petit ple de material.

Així doncs tenim:

$$V_{con} = 0,00667412 m^3$$

$$V_{acer} = 0,0002288m^3$$

$$M_{total} = 11,3324 kg$$

$$I_{cdg} = 70,463,40 kg \cdot mm^2$$

$$I_{con.ple.petit} = 20026939,76 kg \cdot mm^2$$

On $H = 208,108 \text{ mm}$

$R = 175 \text{ mm}$

$D = 1100 + 175 + 208,108/4 = 1327,027 \text{ mm}$.

Inèrcia del con complet sense material.

Serà igual que el primer cas, en aquest cas, però, la massa serà únicament la de l'acer, ja que no hi ha material en el seu interior.

Així doncs, tenim que:

$$V_{acer} = 0,0118127 \text{ m}^3$$

$$M_{total} = 93,32 \text{ kg}$$

$$I_{cdg} = 22925823,2 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$$

$$I. \text{ con. buit. gran} = 46445455,84 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$$

Els valors d'altura, radi, i distància, són els mateixos que en el primer cas.

Inèrcia del con petit superior sense material.

Els valors obtinguts, seran:

$$V_{acer} = 0,0002288 \text{ m}^3$$

$$M_{total} = 1,8 \text{ kg}$$

$$I_{cdg} = 211240,1818 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$$

$$I. \text{ con. buit. petit} = 3194657,287 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$$

Els valors d'altura, radi, distància, etc. Són els mateixos que en el segon punt.

Inèrcia de les vàlvules.

Segons fitxa tècnica, tenen una massa de 6,57 kg.

La seva distància de l'eix de rotació serà de $1100 + 175 = 1275$ mm.

Amb Steiner i considerant inèrcia menyspreable, tenim que:

$$I_{\text{valvules}} = 14428632,18 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$$

Inèrcia cilindre central.

La part central girarà, segons l'eix radial que passa per el seu centre de gravetat. La part central estarà plena de material.

$$\begin{aligned} I_{\text{zona central}} &= \frac{1}{12} \cdot M \cdot (3 \cdot r^2 + h^2) = \frac{1}{12} \cdot 1936,94 \cdot (3 \cdot 550^2 + 350^2) \\ &= 605699373 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2 \end{aligned}$$

(48)

La seva massa la obtenim a partir de:

$$M_{\text{material}} = V \cdot \rho = \pi \cdot r^2 \cdot h' \cdot \frac{\gamma}{g} = \pi \cdot 550^2 \cdot 350 (3 \cdot 550^2 + 350^2) = 1898,726 \text{ kG}$$

(49)

$$M_{\text{acer}} = V \cdot \rho = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h' \cdot t \cdot \rho = 2 \cdot \pi \cdot 550 \cdot 2 \cdot 7900 = 38,22 \text{ kg}$$

(50)

$$M = 1898,726 + 38,22 = 1936,94 \text{ kg}$$

(51)

Inèrcia eixos.

La equació per obtenir la inèrcia d'un eix segons un eix axial que passa per el seu centre de gravetat és:

$$I = \frac{1}{2} M \cdot r^2$$

(52)

Segons les cotes de la Figura 48, tenim que la inèrcia total serà la suma de les inèrcies dels diferents trams d'eix, així doncs, amb un càlcul directe:

$$\begin{aligned}
 I_{eixos} &= 2 \cdot I' + I'' + I''' \\
 &= 2 \cdot \frac{\left(\pi \cdot 65^2 \text{mm}^2 \cdot 150 \text{mm} \cdot 7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot 65^2 \text{mm}^2}{2} \\
 &\quad + \frac{\left(\pi \cdot 60^2 \text{mm}^2 \cdot (270 + 250) \text{mm} \cdot 7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot 60^2 \text{mm}^2}{2} \\
 &\quad + \frac{\left(\pi \cdot 55^2 \text{mm}^2 \cdot 100 \text{mm} \cdot 7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot 55^2 \text{mm}^2}{2} = 256422,02 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Inèrcia total

Segons l'equació (41), la inèrcia total valdrà:

$$\begin{aligned}
 I_{total} &= I. \text{con. ple. gran} - I. \text{con. ple. petit} + I. \text{con. buit. gran} - I. \text{con. buit. petit} \\
 &\quad + I. \text{zona. central} + I. \text{eixos} + 2 \cdot I. \text{vàlvules} \\
 &= 1223735702 - 20026939,76 + 46445455,84 - 3194657,28 + 2 \\
 &\quad \cdot 14428632,18 + 605699373 + 256422,02 = 1882029042 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

(53)

$$I_{total} = 1882,02 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

B.4.3 Hipòtesis de càrrega dels parells resistents.

Moment resistent originat per el dipòsit ple.

La càrrega acumulada en el con durant el procés de rotació originarà un moment resistent a superar pel conjunt motriu quan aquesta es trobi a 90º respecte la horitzontal. Aquest moment serà màxim si el producte estigués compactat a un dels dos cons, però degut a la fluència del material, aquesta condició no es donarà mai. És per això que només considerarem un valor del 60% el Moment crític que origina aquesta condició.

D'altra banda, la part cilíndrica, s'equilibra per si sola. Veure la figura següent.

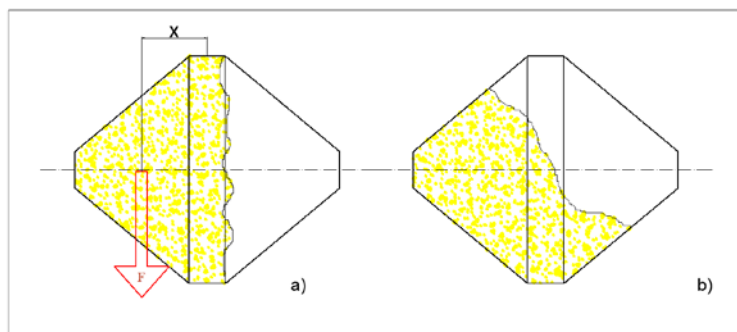


Figura 49. a) condició límit que es donaria per un angle de 90° i per una compactació total del material. b) cas real, on el moment que origina considerem un 60% el moment generat a a).

El pes del con (F) , segons l'apartat B.2, val:

$$F = 23,111 \text{ kNm}$$

La distància (x), vindrà determinada per la suma del centre de gravetat del con truncat i la meitat de la zona central:

$$\begin{aligned} cdg \text{ con truncat} &= h \frac{(R1^2 + 2 \cdot R1 \cdot R2 + 3 \cdot R2^2)}{4 \cdot (R1^2 + R1 \cdot R2 + R2^2)} \\ &= 1100 \frac{(1100^2 + 2 \cdot 1100 \cdot 175 + 3 \cdot 175^2)}{4 \cdot (1100^2 + 1100 \cdot 175 + 175^2)} = 323,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

(54)

$$X = 323,60 + 175 = 498,69$$

El moment serà:

$$Mp = 60\% \cdot 0,59869 \text{ m} \cdot 23,111 \text{ kN} \cdot \text{m} = 6915,39 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(55)

Parell aproximat provocat per les forces de fricció

Les dues reaccions sobre A i B, calculades a l'apartat B.5.2, són de 96,617 Kn en total. Considerant un coeficient de fricció $\mu=0,001$ (contacte entre rodaments), i tenint en compte un punt d'aplicació perifèric al diàmetre de l'eix de 120mm, tenim que el moment originat per la fricció és:

$$Mf = (96617 \text{ N} \cdot 0,001) \cdot 0,060 \cdot \text{m} = 5,797 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(56)

Moment resistent total a l'eix de rotació del dipòsit bicònic

$$M = M_p + M_f = 6921,189 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(57)

B.4.4 Taula resum: Dades i resultats.

La taula que engloba els resultats dels càlculs anteriors i les dades per tal de dimensionar i comprovar el motor és la següent:

Inèrcies	
Inèrcia dipòsit	1882,02 kg/m ²
Inèrcia Plat	5 kg/m ²
Inèrcia Pinyó	2 kg/m ²
Transmissió per cadena	
Relació	5
Rendiment	98 %
Motor	
Rendiment	89 %
Reductor	
relació	28,5
rendiment	93 %
Perfil acceleració	
wo	0 rad/s
wf	10 rad/s
t. arranc	6 s
epsilon	0,174533 rad/s ²
Moment resistent	
Mt	6921,189 N·m

Taula 29. Dades de treball per al dimensionament i comprovació del motor i la relació de transmissió.

B.4.5 Conjunt motor-reductor escollit.

Degut a la instal·lació del motor a l'interior de l'estructura, ens hem vist obligats a escollir un motor-reductor amb engranatge cònic helicoidal. D'aquesta manera el seu muntatge i accés, és molt més simple.

Així doncs, hem escollit un motor-reductor del catàleg MOTOX [6] de la casa siemens, amb un fre integrat.

La potència escollida és de 11kW, concretament el K.88-LA160MB4.

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida	Factor de servicio	Índice de reducción	Referencia	Código	Peso *) kg
	n_2 (50 Hz) min^{-1}	n_2 (60 Hz) min^{-1}	T_2 Nm	f_s	i_{tot}		(n.º polos)	
K.88-LA160MB4								
	51	61	2 051	0,8	28,50	2KJ1505 - ■JP13 - ■■M1		141

Taula 30. Característiques del conjunt motor-reductor escollit. [6]

Tamaño del motor IEC	Motor integrado LA/LG	Referencia		Código para potencia	Potencia asignada	Velocidad asignada	Par asignado	Intensidad asignada	Factor de potencia	Rendimiento	Par máximo
		9.ª pos.	10.ª pos.		P_N kW	n_N min^{-1}	T_N Nm	I_N 400 V A	$\cos \varphi$ 4/4 -	η con carga 4/4 %	T_R/T_N -
160M	LA160MB4	J	P	P71	11,00	1 460	71,90	21,50	0,84	88,5	2,7

Tamaño del motor IEC	Motor integrado LA/LG	Referencia		Código para potencia	Ruido: presión acústica	Ruido: nivel de potencia sonora	Momento de inercia	Peso
		9.ª pos.	10.ª pos.		$L_{p(A)}$ dB(A)	L_{WA} dB(A)	J_{mot} kgm ²	m_{mot} kg
160M	LA160MB4	J	P	P71	66	78	0,04300	84,0

Taula 31. Característiques del motor escollit. [6]

B.4.6 Parell resistent i inèrcia reduïts a la sortida del motor.

Tenint en compte es característiques de la Taula 31, podem obtenir el moment resistent (M_t) a la sortida del reductor.

$$M_t = \frac{M}{\eta} \cdot i = \frac{6921,189}{0,98 \cdot 0,93 \cdot 0,89} \cdot \left(\frac{1}{5} \cdot \frac{1}{28,5} \right) = 59,87 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(58)

El parell d'arrancada serà:

$$M_{arranc.} = Mt + \varepsilon \cdot I_r = 59,87 + 0,11744 \cdot 24,87 = 62,79 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (59)$$

La inèrcia reduïda a la sortida de l'eix del motor, utilitzada a l'equació anterior, serà:

$$I_r = \frac{I}{(\eta \cdot i^2)} = \frac{1882,02 + 5}{0,98 \cdot 0,93 \cdot 0,89 \cdot (5 \cdot 28,5)^2} + \frac{2}{0,89 \cdot 0,93 \cdot 28,5^2} = 0,11744 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (60)$$

On l'acceleració angular ε l'obtenim amb la taula anterior, aplicant la corresponent relació de transmissió:

$$\varepsilon = \left(\frac{\omega_f - \omega_i}{t} \right) \cdot \frac{1}{i} = \frac{\left(1,068 \frac{\text{rad}}{\text{s}} - 0 \right)}{6\text{s}} \cdot (5 \cdot 28,5) = 25,365 \text{ rad/s}^2 \quad (61)$$

La potència nominal serà:

$$Pot. \text{ nom} = M \cdot \omega = 59,87 \cdot 152,21 = 9,11 \text{ kW} \quad (62)$$

Essent la velocitat angular $\omega = 1,06 \text{ rad/s} \cdot 5 \cdot 28,5 = 152,21 \text{ rad/s}$ (sortida de l'eix)

La potència necessària, amb rendiments aplicats, és de 9,11 kW < 11kW, per tant és correcte.

El moment nominal de rotació de l'eix motor, segons la taula de característiques, és de 71,9Nm. El nostre cas és necessari 62,79 , per tant, és correcte.

B.4.7 Dimensionament transmissió per cadena.

Determinem el nombre de dents el qual tindrà la relació plat/pinyó [20].

La relació de transmissió per cadena entre la sortida del reductor i l'eix de la barrejadora té un valor $i = 5$, és a dir, reduirà la velocitat 5 vegades.

$$i = 5 = \frac{Z_{conduïda}}{Z_{conductor}} = \frac{85}{17} = 5$$

(63)

El diàmetres corresponents seran:

$$\varnothing = \frac{t}{\sin \frac{180}{Z}}$$

(64)

Per un Pas (t) de 15,975 mm, i per Zconductor = 17 i Zconduïda = 85, tenim que els diàmetres primitius són:

$$\varnothing_{17} = 86,39 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{85} = 429,61 \text{ mm}$$

La tensió que haurà de suportar la cadena serà:

$$T = \frac{\text{Parell}}{\frac{\varnothing_{17}}{2}} \cdot f_p = 52,18 \text{ kN}$$

(65)

On Parell = $71,9 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 28,5 = 2049,15 \text{ N} \cdot \text{m}$. Parell nominal de sortida del reductor, sense tenir en compte el rendiment.

$f_p = 1,1$. Factor de servei obtingut a la taula següent:

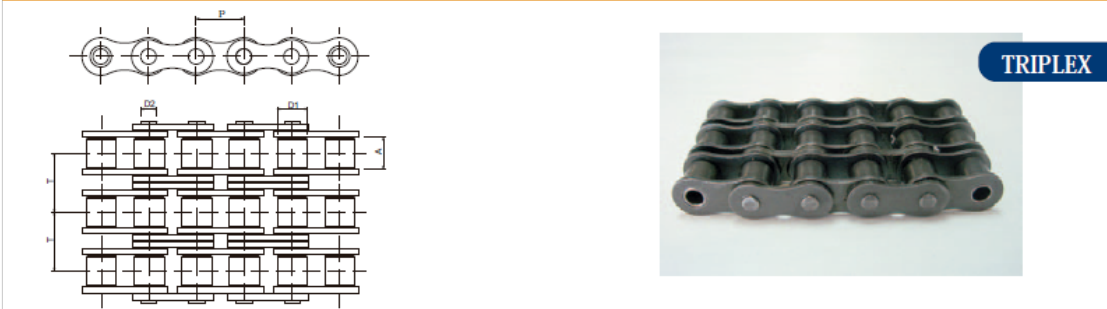
Tabla 24 – Factores de servicio para cadenas de rodillos

Características de la máquina	Nº de dientes del piñón				
	17	19	21	23	25
Constante	1.1	1.0	0.9	0.85	0.75
Medianamente impulsiva	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2
Altamente impulsiva	2.2	2.0	1.8	1.7	1.6

CONSTANTE Agitadores de líquidos. Alternadores y generadores (excluyendo soldadura). Sopladores y ventiladores de aire inducido centrifugamente. Embotelladoras. Compresores y bombas rotativas. Transportadores y elevadores de alimentación uniforme. Tambores de secado. Hornos de curtiembre, etc. Escaleras mecánicas. Líneas de ejes de transmisión para máquinas herramientas. Fabricación de papel (máquinas para papel, calandras). Máquinas de imprenta. Máquinas de labrar madera.

Taula 32. Factors de servei per cadena de rodets. [20]

Al catàleg comercial MOBLAT, seleccionem una cadena Triplex que permeti suportar la càrrega esmentada anteriorment.



Número cadena	P	A mín.	D1 max.	D2 max.	T	Carga de rotura mín. en N	Sup. de trabajo en cm ²	Peso en Kg/m
05B-3	8	3	5	2,31	5,64	11100	0,33	0,54
06B-3	9,525	5,72	6,35	3,28	10,24	24900	0,84	1,18
08B-3	12,7	7,75	8,51	4,45	13,92	47500	1,51	2,0
10B-3	15,875	9,65	10,16	5,08	16,59	66700	2,02	2,8

Taula 33. Característiques de la cadena seleccionada. [7]

B.4.8 Resultats.

Els resultats comparatius amb les prestacions que ofereixen, segons catàleg, del motor i la cadena queden resumits a la següent taula:

Motor			
Pot. Nom.	9,11 kW	< 11kW	OK
Parell arranc	62,79 Nm	< 71,9 Nm	OK
Parrell nom.	59,87 Nm	<71,9 Nm	OK
Cadena			
Z conductora	17 dents		
Z conduïda	85 dents		
Pot trans.	52,18 kN	< 66,7 kN	OK

Taula 34. Resultats: Potències necessàries del motor. Detalls transmissió per cadena.

B.4.9 Conclusions.

Tal i com podem veure a la taula anterior, el motor MOTOX el K.88-LA160MB4 i la cadena Triplex 10B-3, compleixen les exigències del sistema.

Tot i semblar que el motor està sobredimensionat, cal recordar que en cap moment s'ha majorat la càrrega d'aplicació a l'eix de sortida del motor.

També podem observar com el parell d'arrancada que pot arribar a proporcionar el reductor es pròxim a les 2,7 vegades el nominal. Per tal de pal·liar aquest enorme parell, es modularà l'arrancada a través d'un variador de freqüència.

B.5 Comprovació eix i rodaments.

En el següent apartat, calcularem els coeficients de seguretat a nivell estàtic i a fatiga de l'eix de suport de la barrejadora bicònica i comprovarem el dimensionament dels rodaments.

B.5.1 Dades i hipòtesis de càrrega.

L'eix soldat a la part dreta (eix motriu) , presentarà unes càrregues majors, degut a l'enorme torçor i tallant generat per la Tensió (T) del plat de transmissió. Ubiquem les seccions just abans del punt d'aplicació considerat de les fores R2 i T, i just després del canvi de secció, ja que existiran concentració de tensions.

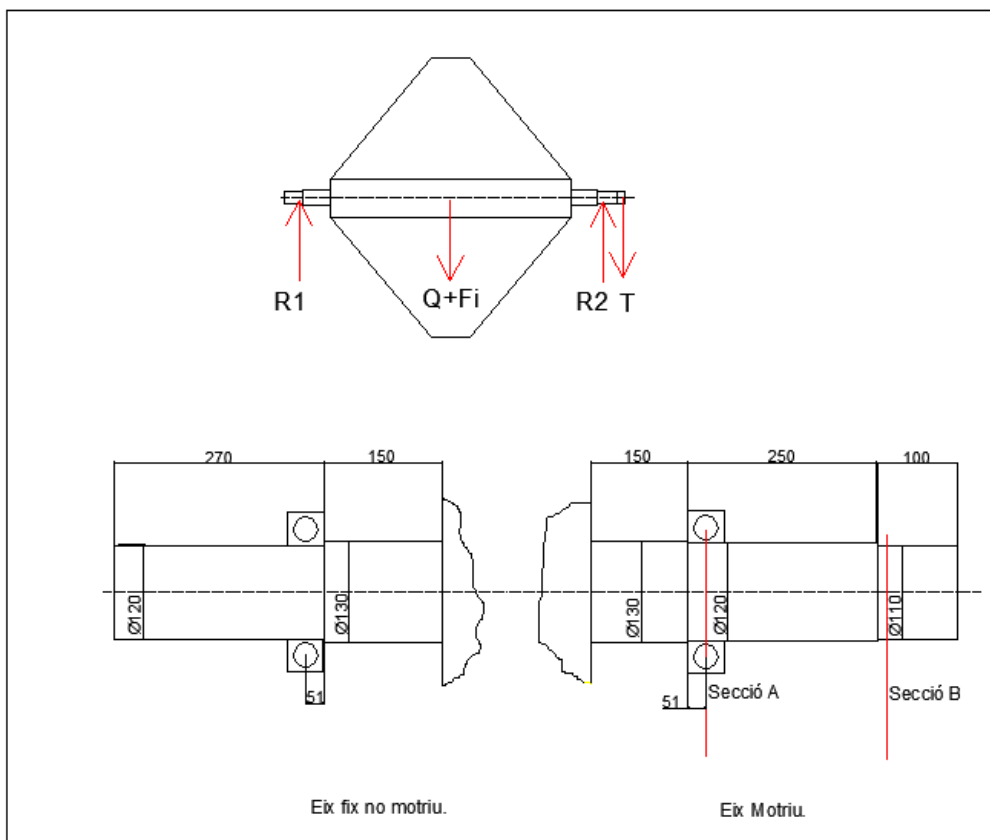


Figura 50. Càrregues considerades. Dimensions dels eixos. Determinació de seccions d'anàlisi.

Pel que fa a l'eix ubicat a la part esquerra (no motriu), no considerarem cap secció d'anàlisi. Tot i que està convenientment ranurat per la connexió de cables a través del col·lector, la relació secció- esforços continua essent molt elevada.

Pel que fa a la previsió de càrregues, considerem una força Q equivalent al pes de la barrejadora plena de producte, amb un plus F_i degut a una descentralització del centre de gravetat del producte, que origina la força inercial.

D'altra banda, la tensió T , serà la tensió originada pel torçor nominal que ens proporciona el motor. Aquesta Tensió, al estar aplicada al diàmetre primitiu de la politja, generarà un Torçor que serà màxim i constant a l'eix dret, anirà decaient durant la longitud de l'eix fins a ser nul a l'eix no motriu fix.

Dades utilitzades durant el càlcul		
Pes dipòsit	44,235	kN
Massa	54,61111	Kg
excentricitat	1	m
Radi primitiu	429,6172	mm
Tensió cadena	47,43689	kN

Taula 35. Dades generals utilitzades durant el càlcul.

El material utilitzat serà el mateix que en el dipòsit: Acer inoxidable austenític, amb un límit elàstic $S_y = 195\text{Mpa}$ i un límit a ruptura $S_{ut}=700\text{Mpa}$. [17]

Els gruixos dels rodaments, estan extrets del catàleg corresponent.

Les seccions d'anàlisi, seran les següents:

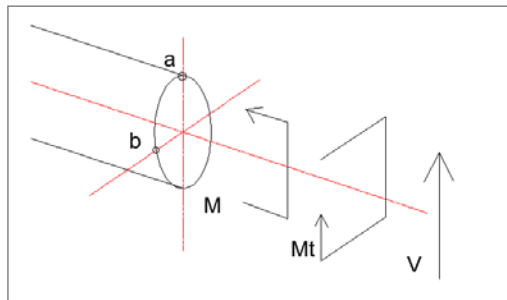


Figura 51. Seccions a analitzar.

El punt superior (a), la tensió originada per el moment M serà màxima, juntament amb el tallant originat pel torçor. D'altra banda, al punt central (b), el tallant (V) tindrà valor màxim, juntament amb el tallant originat per M_t .

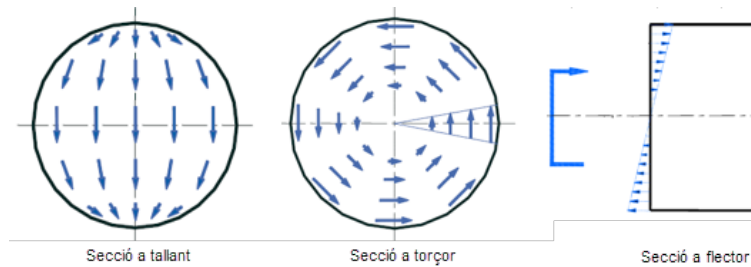


Figura 52. Comportament d'una secció circular davant un Tallant, un Moment torçor i un Moment flector. [21]

B.5.2 Diagrama del cos lliure.

Tal i com podem observar a la Figura 50 hem de determinar la càrrega Q , Fi i T , i posteriorment determinar les reaccions $R1$ i $R2$.

El pes Q , segons l'apartat **Error! No s'ha trobat l'origen de la referència.** val:

$$Q = 44,235 \text{ kN}$$

La força inèrcia, la obtindrem a partir de:

$$Fi = m \cdot e \cdot \omega = 4,94 \text{ kN}$$

(66)

On $m = 44235/9,81 = 4509,2 \text{ kg}$

$$\omega = 1,047 \text{ rad/s}$$

$e = 1\text{m}$. Excentricitat crítica considerada.

Pel que fa a la tensió T , segons l'annex de dimensionament del motor, el valor de tensió serà $52,18\text{kN}$. Cal dividir per el factor de majoració que s'ha utilitzat per majorar la cadena. Per tant el valor de tensió serà la suma de $47,43 \text{ kN}$.

Amb el diagrama del cos lliure de la figura anterior. Calculem sumatori de forces i moments, per tal d'obtenir $R1$ i $R2$.

$$\sum Fv \rightarrow Q + Fi + T = R1 + R2 \rightarrow R1 = 44,235 + 4,94 + 47,43 - R2 \rightarrow$$

$$R1 = 96,605 - R2$$

(67)

$$\sum M, R1 \rightarrow (Q + Fi) \cdot \left(51 + 150 + \frac{2200}{2}\right) - R2 \cdot (51 + 150 + 2200 + 150 + 51) + T \cdot \left(51 + 150 + 2200 + 150 + 250 + \frac{100}{2}\right) \rightarrow R2 = 76,56 \text{ kN}$$

(68)

Amb l'equació (67) i (68), obtenim que:

$$R1 = 20,04 \text{ kN}$$

$$R2 = 76,56 \text{ kN}$$

El Torçor (Mt), es generarà amb la tensió T, ja que està aplicada a una distància de l'eix de rotació. Aquesta distància l'obtenim a B.4.7, i és el radi primitiu del plat. La tensió té un valor de 47,43 kN.

$$\varnothing 85 = 429,61 \text{ mm}$$

$$Mt = T \cdot \frac{\varnothing 85}{2} = 47,43 \cdot 0,214805 = 10,19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(69)

B.5.3 Càlcul d'esforços en seccions.

A partir de l'equació (67) i (68), obtenim que els esforços tallants, torçors i el moment flector a cada secció val:

Secció A

$$M = 11,622 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

$$V = 29,04 \text{ kN}$$

$$T = 10,19 \text{ kN}$$

Secció B

$$M = 2,372 \text{ Kn}\cdot\text{m}$$

$$V = -47,44 \text{ kN}$$

$$T = 10,19 \text{ kN}$$

B.5.4 Comportament estàtic: Metodologia.

Obtindrem el factor de seguretat (n) a partir de l'anàlisi amb el teorema de l'energia de distorsió (Punt b) i el de les tensions principals (punt a), ja que en el nostre cas presenta uns valors més conservadors que mitjançant el de tensió tallant màxima. [21]

Calculem el valor de les tensions originades per el moment flector, el torçor i el tallant.

La tensió en una secció circular, degut al moment flector, ve determinada per:

$$\sigma(M) = \frac{M \cdot 32}{\pi \cdot d^3} \cdot kt$$

(70)

La tensió en una secció circular, degut a moment torçor, ve determinada per:

$$\tau(Mt) = \frac{T \cdot 16}{\pi \cdot d^3} \cdot Kts$$

(71)

La tensió originada pel tallant, ve determinada per:

$$\tau(V) = \frac{4}{3} \cdot \frac{V}{A}$$

(72)

Punt a.

Un cop determinades les tensions dels dos punts, obtenim les tensions principals mitjançant:

$$\sigma_{a,b} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

(73)

En tots els casos, ens trobarem en el cas que:

$$\sigma_a \geq 0 \geq \sigma_b$$

Per tant, la condició serà:

$$\sigma_a - \sigma_b \geq S_y$$

$$n = \frac{S_y}{(\sigma_a - \sigma_b)}$$

(74)

Punt b

En el cas del punt central on només hi actua tallant, utilitzem el teorema de l'energia de distorsió, que presenta, en casos de tensió tallant pura, un comportament més conservador.

$$\sigma' = \sqrt{3 \cdot (|\tau(Mt)| + |\tau(V)|)^2}$$

(75)

I el corresponent factor de seguretat (n), serà:

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

(76)

B.5.5 Comportament estàtic: Càlculs.**Secció A**

En la secció A, tenim que:

$$\sigma(M) = \frac{11,622 \text{ kn} \cdot \text{m} \cdot 32}{\pi \cdot 0,12 \text{ m}^3} \cdot \text{kt} = 68,508 \text{ Mpa} \cdot \text{Kt}$$

La part superior treballarà a compressió.

$$\tau(Mt) = \frac{10,19 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 16}{\pi \cdot 0,12^3} \cdot \text{Kts} = 30,033 \text{ Mpa} \cdot \text{Kts}$$

$$\tau(V) = \frac{4}{3} \cdot \frac{29,04}{\pi \cdot \left(\frac{0,12}{2}\right)^2} = 3,42 \text{ Mpa}$$

Els factors de concentració de tensions Kt i Kts no es tenen en compte durant l'anàlisi estàtic.

Punt a. Secció A.

Obtenim que les tensions principals amb l'equació (73) són:

$$\begin{aligned}\sigma_a &= 79,8 \text{ Mpa} \\ \sigma_b &= -11,30 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Per tant, el factor de seguretat (n), segons equació (74) valdrà:

$$n = \frac{195}{(79,8 - (-11,3))} = \mathbf{2,14} \rightarrow \mathbf{OK!}$$

Punt b. Secció A.

Seguint el teorema l'energia de distorsió de l'equació (75) i (76), obtenim que:

$$\sigma' = \sqrt{3 \cdot (|\tau(Mt)| + |\tau(V)|)^2} = \sqrt{3 \cdot (30,03 + 3,42)^2} = 57,94 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{195}{57,94} = \mathbf{3,361} \rightarrow \mathbf{OK!}$$

Secció B

En la secció B, tenim que:

$$\sigma(M) = \frac{-2,372 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 32}{\pi \cdot 0,11\text{m}^3} \cdot kt = -18,15 \text{ Mpa} \cdot Kt$$

La part superior treballarà a tracció.

$$\tau(Mt) = \frac{10,19 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 16}{\pi \cdot 0,11^3} \cdot Kts = 38,99 \text{ Mpa} \cdot Kts$$

$$\tau(V) = \frac{4}{3} \cdot \frac{-47,44}{\pi \cdot \left(\frac{0,11}{2}\right)^2} = -6,65 \text{ Mpa}$$

Els factors de concentració de tensions Kt i Kts no es tenen en compte durant l'anàlisi estàtic.

Punt a. Secció B.

Obtenim que les tensions principals amb l'equació (73) són:

$$\sigma_a = 30,95 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_b = -49,1 \text{ Mpa}$$

Per tant, el factor de seguretat (n), segons equació (74), valdrà:

$$n = \frac{195}{(30,95 - (-49,1))} = 2,43 \rightarrow \mathbf{OK!}$$

Punt b. Secció B.

Seguint el teorema l'energia de distorsió de l'equació (75) i (76), obtenim que:

$$\sigma' = \sqrt{3 \cdot (|\tau(Mt)| + |\tau(V)|)^2} = \sqrt{3 \cdot (38,99 + 6,65)^2} = 79,06 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{195}{79,06} = 2,46 \rightarrow \mathbf{OK!}$$

B.5.6 Comportament a fatiga. Generalitats.

Determinem en quin punt es troba la màquina, si en vida finita o en vida infinita. [21]

Considerem:

$$10 \frac{\text{hores}}{\text{dia}} \cdot 15 \frac{\text{minuts}}{\text{cicle}} \cdot 3 \frac{\text{cicles}}{\text{hora}} \cdot 20 \text{ anys} \cdot 250 \text{ dies laborales a l'any} =$$

$$= 2250000 \text{ minuts} \cdot 10 \frac{\text{rev}}{\text{minut}} = 2,25 \cdot 10^7 \text{ cicles.}$$

(77)

A la figura següent, veiem que es tracta d'un cas de vida infinita:

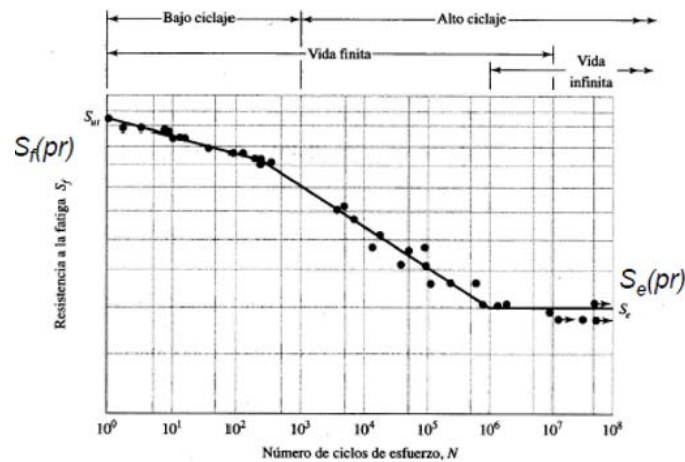


Figura 53. Relació nombre de cicles d'esforç - tipologia de vida de la màquina. [21]

B.5.6.1 Obtenció resistència \$S_e\$.

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f \cdot S_e'$$

(78)

On $S_e = 0,5 \cdot S_{ut} = 350 \text{ Mpa.}$

$K_a = 0,7841.$ Factor per a mecanitzat.

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b = 4,45 \cdot 700^{-0,086} = 0,7841$$

(79)

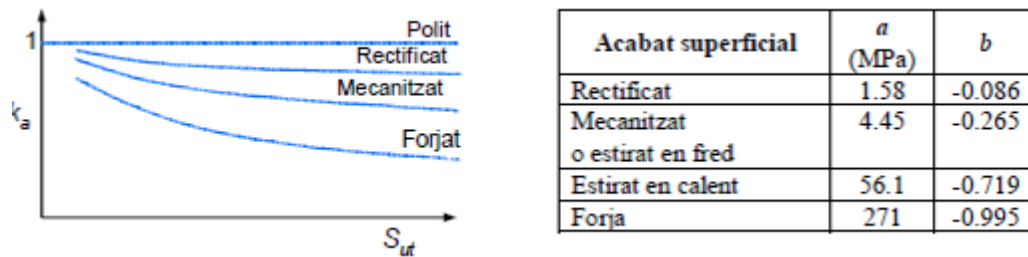


Figura 54. Factor Ka en relació al seu acabat superficial. [21]

$K_b = 0,75856$ per a secció A. $K_b = 0,76693$.

$$K_b = 0,859 - 0,000837 \cdot d$$

(80)

$K_c = 1$. Coeficient de factor de càrrega. Considerem flexió. Tot i treballar a torsió també, si treballa combinat a flexió és millor considerar $K_c = 1$. En cas de torsió pura, posteriorment corregirem el valor S_e per compensar aquest factor.

$K_d = 1$. Factor de temperatura. K_d pren valor 1 si treballa a temperatures menors de 250°C.

$K_e = 1$. Efectes diversos. Considerem unitari. Posteriorment ja tindrem en compte el factor de concentració de tensions.

Així doncs obtenim els resultats següents:

Secció A **$S_e = 208,193$ Mpa**

Secció B **$S_e = 210,491$ Mpa**

B.5.6.2 Factors K_{ft} i K_{fts}

El factor de concentració de tensions (k_f), la obtenim en funció del coeficient (q) de sensibilitat i el valor K_t obtingut a partir de taules i les condicions geomètriques de l'eix.

$$K_f = 1 + q (K_t - 1)$$

(81)

Sensibilitat (q)	Estàtic σ_m	Fatiga σ_a
Mat. Dúctil	$q=0$	$q>0$
Mat. Fosa	$q=0.2$	$q=0.2$

Taula 36. Factors de sensibilitat q . Per a anàlisis estàtic i material dúctil la sensibilitat q pren un valor 0. A fatiga, pren un valor entre 0 i 1. [21]

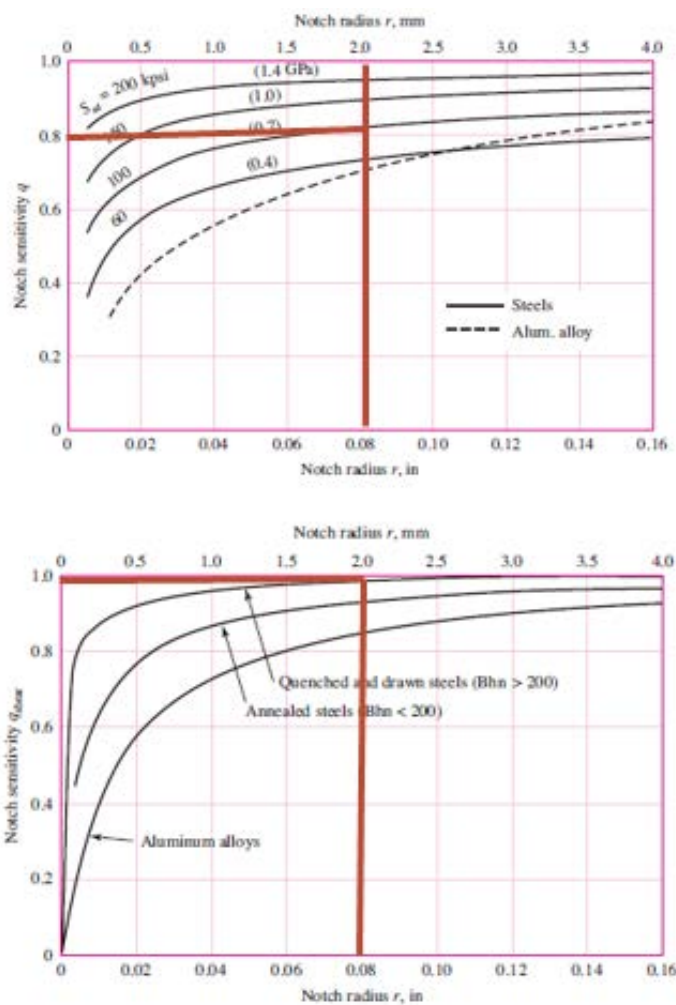


Figura 55. Taules per obtenir el valor de sensibilitat q . A la taula superior obtenim q per a materials a flexió i a la inferior la sensibilitat q per esforços a torsió. [21]

Per a esforços a flexió axial, obtenim el valor de sensibilitat $q = 0,8$ (amb $0,7\text{Gpa}$ de S_{ut} i 2mm de radi de entalladura). A la gràfica inferior, per acers templets i el $r=2\text{mm}$, $q=1$.

Obtenció K_t i K_{ts} .

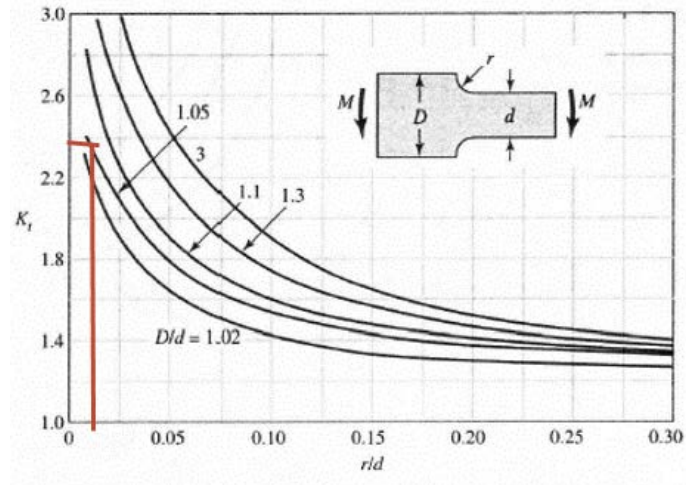


Figura 56. Obtenció del factor K_t . Valor igual per les dues seccions. [21]

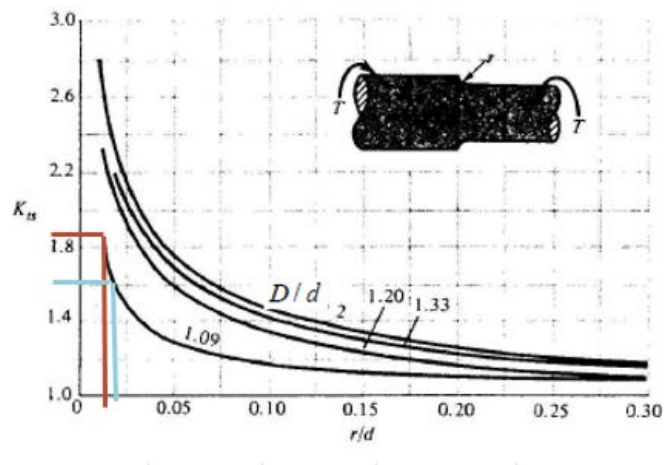


Figura 57. Obtenció K_{ts} per esforços de torsió. En vermell secció A. En blau secció B. [21]

On per la secció A: $D/d = 130/120 = 1,08$

$r/d = 2/120 = 0,016$

Obtenim que:

$$K_t = 2,4$$

$$K_{ts} = 1,85$$

Amb l'equació (85), obtenim que per la secció A:

$$K_{ft} = 2,12$$

$$K_{fts} = 1,85$$

I per la secció B

$$D/d = 120/110 = 1,09$$

$$r/d = 2/110 = 0,018$$

Obtenim que:

$$K_t = 2,4$$

$$K_{ts} = 1,6$$

Amb l'equació (85), obtenim que per la secció B:

$$K_{ft} = 2,12$$

$$K_{fts} = 1,6$$

B.5.7 Comportament a fatiga: Metodologia

L'estat de cada secció d'anàlisi, serà el que podem veure a la figura següent:

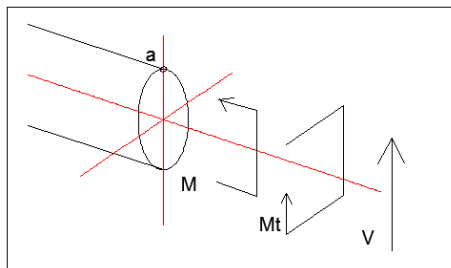


Figura 58. Punts a estudiar amb comportament a fatiga.

La metodologia utilitzada per el punt a, serà:

Punt a

En el punt superior a, tindrem una tensió tallant deguda al torçor, que serà constant durant el cicle. També tindrem una tensió de flexió deguda al moment flector que variarà, seguint una funció sinusoidal amb un valor màxim i un valor mínim.

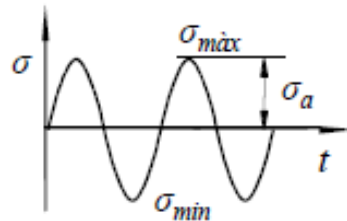


Figura 59. Comportament de la tensió originada en el punt a degut al moment flector. [21]

Així doncs, la tensió deguda al moment torçor, el seu valor màxim i mínim seran zero (ρa) en relació al seu valor mitjà (ρm), mentre que aquest prendrà un valor diferent de 0.

D'altra banda, el valor mitjà (ρm) de tensió originat per el moment serà zero, i el màxim i mínim (ρa), tindrà el seu valor màxim.

Per cada cas, obtenim:

Per el moment flector:

$$\rho m = 0$$

$$\rho a \neq 0$$

Per el torçor:

$$\tau m \neq 0$$

$$\tau a = 0$$

Un cop obtinguts els valors de tensions fluctuants, utilitzem el criteri de Von misses [21]:

$$\rho' a = \sqrt{(Kft \cdot \rho a)^2 + 3 \cdot (Kfts \cdot \tau m)^2}$$

(82)

$$\rho'm = \sqrt{(Kft \cdot \rho m)^2 + 3 \cdot (Kfts \cdot \tau m)^2} \quad (83)$$

El seu coeficient de seguretat, l'obtindrem a partir de l'equació:

$$\frac{\rho a}{Se} + \frac{\rho m}{Sut} = \frac{1}{n} \quad (84)$$

On en valor de Se, l'obtenim multiplicant Se' per els diferents valors obtinguts anteriorment.

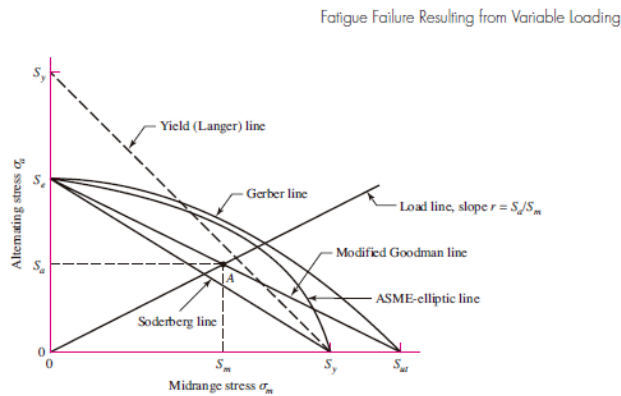


Figura 60. Línies d'obtenció de coeficients de seguretat. En el nostre cas, seleccionem el criteri modificat de Goodman, que és una de les més restrictives. [21]

B.5.8 Comportament a fatiga: càlculs.

Així doncs, obtenim que els diferents factors de seguretat:

Secció A

Punt a

Combinació de tensions, originades per el moment (fluctua) i el torçor (constant).

Per el moment flector:

$$\rho m = 0$$

$$\rho a = 68,5 \text{ Mpa}$$

Per el torçor:

$$\tau m = 30,03$$

$$\tau a = 0$$

Els valors són els mateixos que els calculats en l'apartat B.5.4 Comportament estàtic.

Així doncs, segons criteri de Von Misses per tensions fluctuants i l'equació (82) i (83), tenim que:

$$\rho' a = \sqrt{(Kft \cdot \rho a)^2 + 3 \cdot (Kfts \cdot \tau m)^2} = \sqrt{(2,12 \cdot 68,5)^2 + 3 \cdot (1,85 \cdot 0)^2} = 145,247 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho' m &= \sqrt{(Kft \cdot \rho m)^2 + 3 \cdot (Kfts \cdot \tau m)^2} = \sqrt{(2,12 \cdot 0)^2 + 3 \cdot (1,85 \cdot 30,03)^2} \\ &= 96,234 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

On els valors kft i kfts, estan calculats a l'apartat B.5.6.2 Factors Kft i Kfts.

El factor de seguretat (n), serà segons l'equació (84):

$$\frac{\rho a}{S_e} + \frac{\rho m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \rightarrow \frac{145,247}{208,193} + \frac{96,234}{700} = \frac{1}{n} \rightarrow n = 1,19 \rightarrow \mathbf{OK!}$$

On $S_e = 208,193 \text{ Mpa}$. Calculat anteriorment.

$S_{ut} = 700 \text{ Mpa}$.

Secció B

Punt a

Combinació de tensions, originades per el moment (fluctua) i el torçor (constant).

Per el moment flector:

$$\rho m = 0$$

$$\rho a = -18,15 \text{ Mpa}$$

Per el torçor:

$$\tau_m = 38,99$$

$$\tau_a = 0$$

Els valors de tensió són els mateixos que els calculats en l'apartat 0 Comportament Estàtic.

Així doncs, segons criteri de Von Misses per tensions fluctuants i l'equació (82) i (83), tenim que:

$$\rho'_a = \sqrt{(Kft \cdot \rho_a)^2 + 3 \cdot (Kfts \cdot \tau_m)^2} = \sqrt{(2,12 \cdot -18,15)^2 + 3 \cdot (1,6 \cdot 0)^2} = 38,48 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho'_m &= \sqrt{(Kft \cdot \rho_m)^2 + 3 \cdot (Kfts \cdot \tau_m)^2} = \sqrt{(2,12 \cdot 0)^2 + 3 \cdot (1,6 \cdot 38,99)^2} \\ &= 108,054 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

On els valors kft i kfts, estan calculats a l'apartat B.5.6.2 Factors Kft i Kfts.

El factor de seguretat (n), serà segons l'equació (84):

$$\frac{\rho_a}{S_e} + \frac{\rho_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \rightarrow \frac{38,48}{210,491} + \frac{108,054}{700} = \frac{1}{n} \rightarrow \mathbf{n = 2,96 \rightarrow OK!}$$

On $S_e = 210,491 \text{ Mpa}$. Calculat anteriorment.

$$S_{ut} = 700 \text{ Mpa}$$

B.5.9 Comprovació dels rodaments

A continuació, comprovarem que els coixinets aguanten en càrrega estàtica i a fatiga. Obtenim les dades característiques del rodament a partir del catàleg SNR.

Diámetro del eje		Denominación		Dimensiones principales [mm]												
d		L	H	A1	A	J	N	N1	L1	H1	H2	s1	B	B1	s	
[mm]																
120	UCP324	570	160,0	88	140	450	40	55	140	65	320	-	-	126,0	51,0	

Cuerpo del soporte		Rodamiento inserto		Japones protec. foros abiertos		Japones protec. foros cerrados **		Capacidad dinámica		Capacidad estática		Peso		Diámetro del eje	
D1	D2	G	Z	Dz					C _r	C _{0r}					d
									[kN]	[kN]			[kg]		[mm]
163,0	-	M10x1	-	-	P324	UC324	-	-	228,00	208,00			58,8		120

Figura 61. Característiques dels rodaments seleccionats. [2]

Tot i que són rodaments treballen únicament en força radial, considerem que el que està fix, és a dir, el suport instal·lat sobre el suport no motriu, presenta una lleugera càrrega axial, originada o bé per dilatacions o per desalineacions.

En el càlcul del diagrama del cos lliure, obtenim que les reaccions són:

$$R1r = 20,14 \text{ kN (Força radial. Suport fix, no motriu)}$$

$$R1a = 10\% \cdot 20,14 = 2,014 \text{ kN (Força axial)}$$

$$R2r = 76,48 \text{ kN (Força radial. Suport flotant, motriu)}$$

Per a rodaments que treballen axial i radialment, hem d'obtenir la força de treball equivalent (P), a partir de la següent expressió:

$$P1 = X \cdot R1r + Y \cdot R1a$$

(85)

En el cas del rodament flotant R2, només treballa radialment, per tant, podem dir que:

$$P2 = R2r = 76,48 \text{ kN}$$

Un cop calculades les respectives P equivalents, comprovem si el rodament aguanta a fatiga i a estàtic.

Condicció a estàtic: $P < C_0$

(86)

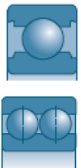
Cicles de vida de treball a fatiga: $L = \left[\frac{C}{P}\right]^a$

(87)

On $a=3$ per a rodaments de rodes

Càlcul P1 equivalent.

Tal i com podem observar a l'equació (85), és necessària la obtenció d'uns paràmetres X i Y. Dits paràmetres els podem obtenir a la següent taula:

Type	Cross-section	Series	Contact angle	F_a/C_0	e	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
						X	Y	X	Y
Single- or double-row radial contact ball bearings		60-62-63-64 160-618-619 622-623 42-43		0.014	0.19	1	0	0.56	2.30
				0.028	0.22				1.99
				0.056	0.26				1.71
				0.084	0.28				1.55
				0.110	0.30				1.45
				0.170	0.34				1.31
				0.280	0.38				1.15
				0.420	0.42				1.04
				0.560	0.44				1.00

Taula 37. Taula per a determinar els factors X i Y del rodament escollit. [2]

Obtenim la relació e, a partir de la següent relació (e') i les taules de catàleg:

$$e' = \frac{R1a}{C_0} = \frac{2'014}{208} = 0,00968$$

(88)

Obtenim, amb una petita interpolació, el valor e , a partir de l'entrada del valor e' (F_a/C_o).

$$e = 0,1807$$

Comprovem si la relació entre esforç radial i axial és menor o major que e , per tal d'obtenir els valors X i Y .

$$\frac{R_{1a}}{R_{1b}} = \frac{2,014}{20,14} = 0,1 < 0,1807.$$

Obtenim que $X = 1$ i $Y = 0$.

Per tant, a partir de l'equació (85):

$$P_1 = X \cdot R_{1r} + Y \cdot R_{1a} = P_{1r} = 20,14 \text{ kN}$$

Comprovació cicles de vida del rodament

Calculat a l'apartat anterior tenim:

$$P_1 = 20,14 \text{ kN}$$

$$P_2 = 76,48 \text{ kN}$$

A partir de l'equació (87), obtenim els cicles de vida de cada rodament.

$$L_1 = \left[\frac{C}{P_1} \right]^a = \left[\frac{228}{20,14} \right]^3 = 2927 \cdot 10^6 \text{ cicles}$$

$$L_2 = \left[\frac{C}{P_2} \right]^a = \left[\frac{228}{76,48} \right]^3 = 26,49 \cdot 10^6 \text{ cicles}$$

A l'apartat B.5.6, em determinat que la vida útil estimada de la màquina seria de l'ordre de $2,25 \cdot 10^7$, podem veure com els rodaments estan correctament escollits per la vida útil estimada.

Comprovació a estàtic

Comprovem si aguanta estàticament, a partir de l'equació (86).

$$P1 = 20,14 \text{ kN} < Co = 208 \text{ kN} \rightarrow OK!$$

$$P2 = 76,48 \text{ kN} < Co = 208 \text{ kN} \rightarrow OK!$$

B.5.10 Resultats

La taula amb els corresponents coeficients de seguretat de l'eix és la següent:

Secció A	Estàtic	n(a)= 2,140256 n(b)= 3,365054
	Fatiga	n(a)= 1,197493
Secció B	Estàtic	n(a)= 2,435496 n(b)= 2,466439
		Fatiga

Taula 38. Resultats coeficients de seguretat

Pel que fa als rodaments, la taula de resultats serà:

Suport	Descripció	Càrregues	Estàtic		Fatiga		
1	Fix	R1a = 2,01 kN R1r = 20,1 kN	P1= 20,1 kN	< 208 kN OK!	L1= 292,7 · 10 ^7	Cicles	> 2,25 · 10 ^7 OK!
2	Mòbil	R1a = 0 kN R1r = 76,5 kN	P2= 76,5 kN	< 208 kN OK!	L2= 2,65 · 10^7	Cicles	> 2,25 · 10 ^7 OK!

Taula 39. Resultats càrregues rodaments.

B.5.11 Conclusions

Podem observar com la secció crítica serà la A, sobretot en el comportament a fatiga, que tindrem un coeficient $n=1,19$, que és molt ajustat.

A nivell estàtic, cap dels factors de seguretat serà inferior a 2.

D'altra banda, la secció B presenta coeficients de seguretat molt elevats, per tant, el fet de ignorar el mecanitzat del xaveter a l'eix, no seria transcendental.

D'altra banda, els rodaments seleccionats compleixen amb la càrrega necessària, tant en estàtic, com en la duració dels cicles de vida.

ANNEX C. MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT

C.1 Manual d'ús.

- Escollir la recepta o tipologia de producte a produir.
- Localitzar i aproximar a la tamisadora, els diferents subproductes el qual formaran el producte final.
- A través de la pantalla tàctil, especificar la recepta escollida a la unitat de control.
- Aquesta última, especificarà que col·loquis la mànega de la unitat tamisadora a l'interior del dipòsit de subproducte pertinent i esperarà que confirmis l'acció.
- Un cop confirmada mitjançant la pantalla tàctil, la unitat controladora activarà la bomba de la tamisadora, propulsant a través d'ella, el producte granular a l'interior del dipòsit de mescla.
- Quan la unitat controladora detecti, mitjançant les cèl·lules de càrrega, que s'ha arribat al nivell de pes del subproducte 1, aleshores parará la bomba de propulsió i especificarà, mitjançant la pantalla, a quin subproducte "n" l'operari ha de col·locar la mànega de la tamisadora. L'operari repetirà el passos anteriors tantes vegades com de subproductes estigui format el producte final.
- Una vegada compost el producte, la unitat controladora tancarà la vàlvula i iniciarà la rotació.
- Al finalitzar la mescla i amb el dipòsit posicionat, la pantalla especificarà que l'operari col·loqui un dipòsit a la part inferior i que confirmi la seva tasca, per tal d'obrir la vàlvula i evacuar el producte.
- L'operari especifica que l'evacuació s'ha acabat i es tanca la vàlvula.
- El control queda pendent de iniciar un nou procés de mescla.

C.2 Manual de manteniment.

C.2.1 Lubricació del reductor Siemens.

Es revisarà, cada 6 mesos, el nivell de lubricant el qual treballa el reductor i la brutícia que conté el lubricant. A ser possible, es realitzarà un anàlisi de qualitat de l'oli, per tal de determinar possibles entrades de sòlids no desitjats, degradació prematura del lubricant i desgasts anòmals de la màquina.

L'oli lubricant es canviarà com a mínim un cop cada dos anys o 1000 hores de funcionament. En cas de substitució del tipus d'oli, evacuar completament l'oli utilitzat i comprovar que no existeix incompatibilitats entre l'oli nou i el vell.

El reductor ja ve carregat del respectiu lubricant de la fàbrica. Els lubricants utilitzats han de complir la norma DIN51502.

Es recomanable utilitzar oli lubricant de qualitat CLP, que contingui substàncies actives contra la corrosió, la resistència a l'envelliment i la reducció de la zona de desgast.

Lubricants recomanats:

- Energol GR-XF 460 (BP)
- Alpha MAX 460 (Castrol)
- Optigear BM 460 (Optimol)

C.2.2 Manteniment del motor Siemens.

S'ha de realitzar un manteniment periòdic que revisin els següents punts:

- És necessari comprovar les connexions y la selectivitat de totes les proteccions que actuen sobre el motor, per tal de mantenir protegits a l'equip.
- Inspeccionar el funcionament a intervals de temps regulars.
- Eliminar restes de pols, oli i brutícia de la tapa del ventilador per tal de garantir una correcta refrigeració i refredament del motor.
- Controlar les condicions dels retens.
- Comprovar connexions mecàniques amb el suport i revisar estat del conjunt de l'eix de propulsió (passador, anell de fixació i pinyó).
- Controlar condicions dels rodaments autolubricants del motor. Comprovar vibracions i sorolls anòmals.
- Comprovar la junta de fricció del fre, verificar que no existeixen jocs perillosos i comprovar el parell resistent que pot proporcionar.

C.2.3 Manteniment conjunt pinyó, cadena i plat.

El manteniment periòdic ha de seguir les següents pautes:

- Verificar el muntatge del plat i el pinyó als respectius eixos. Comprovar que no existeixen jocs i que existeix un ajustatge.
- Neteja general de restes de lubricant de la cadena i els plats.
- Lubricar el conjunt, a poder ser amb el motor en marxa.

El lubricant ha de poder penetrar amb eficàcia a la cadena de transmissió i proporcionar una alta resistència a la corrosió.

El lubricant recomanat és el Cheterton 601 (ASTM D 2422, DIN 51 519).

C.2.4 Suports amb rodaments SNR.

Els rodaments SNR venen lubricats de per vida. Tot i així, es recomanable una substitució periòdica de la seva grassa lubricant.

Periòdicament, s'injectarà grassa a través dels punts engrassadors de cada suport, fins que tota la grassa bruta surti per les respectives juntes.

És indispensable utilitzar una grassa estàndard de les següents característiques:

- Base de sabó de liti.
- Consistència DIN 51818 NLGI II.
- Viscositat 100 cSt.

C.2.5 Manteniment vàlvules amb actuator.

Periòdicament s'ha de realitzar les següents tasques de manteniment:

- Revisar estat de la junta de la vàlvula de papallona i comprovar que compleix els criteris d'estanqueïtat.
- Revisar les parts en contacte amb producte no pateixen degradació degut al contacte repetit amb el medi agressiu.
- Revisar connexions de l'actuator elèctric.

C.2.6 Col·lector per a connexions rotatives.

És recomanable una inspecció periòdica (anualment o cada 50 milions de revolucions) dels següents punts:

- Revisar connexions de les senyals de potència i senyal, tant en la part rotativa com en la part mòbil.
- Revisar i en cas de ser necessari, substituir, l'anell rotatiu de contacte de cada connexió.

C.2.7 Quadre elèctric/componentes varis.

És important seguir les següents recomanacions:

- Revisar i netejar els ventiladors extractors i impulsors d'aire del quadre elèctric.
- Revisar connexions del quadre. És altament recomanable realitzar un anàlisi termogràfic per tal de detectar punts calents, que signifiquen males connexions, contactors danyats o mal funcionament del sistema.
- Revisar sensor de posicionament: correcta posició i activació.
- Calibrar el sistema de pesatge de les cèl·lules de càrrega. Fer pesades de prova y substituir els valors establerts per als nous obtinguts, per tal d'obtenir pesatges invariables i més eficaços.

C.2.8 Manteniment Legal.

Per tal de fer del mesclador una màquina segura, es comprovarà cada 8 hores, que els dispositius d'aturada d'emergència (sensor i botonera) interrompen el cicle de treball.

C.2.9 Taula orientativa de freqüències de manteniment preventiu.

A continuació s'adjunta una taula a ser usada preferentment per a garantir el correcte funcionament del sistema.

REGISTRE DE MANTENIMENT MESCLADOR BICÒNIC. (1/2)

Zona	Descripció	Freqüència
Reductor.	Revisar lubricant, nivell de brutícia, impureses. Realitzar anàlisis de l'oli.	6 mesos.
	Substituir completament oli lubricant.	2 anys.
Motor	Comprovar les connexions y la selectivitat de totes les proteccions que actuen sobre el motor, per tal de mantenir protegits a l'equip.	6 mesos.
	Inspeccionar el funcionament a intervals de temps regulars.	6 mesos.
	Eliminar restes de pols, oli i brutícia de la tapa del ventilador per tal de garantir una correcta refrigeració i refredament del motor.	6 mesos.
	Controlar les condicions dels retens.	6 mesos.
	Comprovar connexions mecàniques amb el suport i revisar estat del conjunt de l'eix de propulsió (passador, anell de fixació i pinyó).	6 mesos.
	Controlar condicions dels rodaments autolubricants del motor. Comprovar vibracions i sorolls anòmals.	6 mesos.
	Comprovar la junta de fricció del fre, verificar que no existeixen jocs perillosos i comprovar el parell resistent que pot proporcionar.	6 mesos.
Plat, Pinyó i cadena.	Verificar el muntatge del plat i el pinyó als respectius eixos. Comprovar que no existeixen jocs i que existeix un ajustatge.	6 mesos.
	Neteja general de restes de lubricant de la cadena i els plats.	6 mesos.
	Lubricar el conjunt, a poder ser amb el motor en marxa.	6 mesos.

REGISTRE DE MANTENIMENT MESCLADOR BICÒNIC. (2/2)

Zona	Descripció	Freqüència
Suports SNR.	Revisar lubricació. Engrassar si fos necessari.	Anualment.
Vàlvules amb actuator.	Revisar estat de la junta de la vàlvula de papallona i comprovar que compleix els criteris d'estanqueïtat.	6 mesos.
	Revisar les parts en contacte amb producte no pateixen degradació degut al contacte repetit amb el medi agressiu.	6 mesos.
	Revisar connexions de l'actuator elèctric.	6 mesos.
Col·lector per a connexions rotatives.	Revisar connexions de les senyals de potència i senyal, tant en la part rotativa com en la part mòbil.	6 mesos.
	Revisar i en cas de ser necessari, substituir, l'anell rotatiu de contacte de cada connexió.	Anualment.
Quadre elèctric/components variis.	Revisar i netejar els ventiladors extractors i impulsors d'aire del quadre elèctric.	6 mesos.
	Revisar connexions del quadre. És altament recomanable realitzar un anàlisi termogràfic.	6 mesos.
	Revisar sensor de posicionament: correcta posició i activació.	6 mesos.
	Calibrar el sistema de pesatge de les cèl·lules de càrrega.	2 anys.
Registre legal.	Revisar funcionament sensor i botonera d'emergència que interrompen el procés	8 hores.

ANNEX D. ESPECIFICACIONS ELECTRÒNIQUES

D.1 Introducció.

En el present annex, s'especifiquen les característiques generals de la programació i configuració pel que fa al comandament i a la maniobra dels diferents dispositius que componen el sistema d'automatització del mesclador bicònic.

D.2 Paràmetres: entrades i sortides.

A continuació s'especifiquen les alimentacions pertinents de cada component, així com les senyals que aquests emetran o rebran, siguin digitals o analògiques.

Component	Alimentació	Entrades/Sortides	Descripció.	Ref:
Variador Freqüència	400-480v	Entrada digital	Senyal de posta en marxa del motor	ACT1
		Entrada digital	Senyal de reducció de velocitat.	ACT2
		Entrada digital	Senyal de frenada del motor	DAC1
Vàlvules	230 V	Entrada digital	Activació d'obertura de la vàlvula d'admissió.	OV1
		Entrada digital	Activació tancament vàlvula d'admissió.	TA1
		Sortida digital	Final de carrera en obertura vàlvula admissió.	FC1
		Sortida digital	Final de carrera en tancament vàlvula d'admissió.	FC2
		Entrada digital	Activació d'obertura de la vàlvula extracció.	OV2
		Entrada digital	Activació tancament vàlvula extracció.	TA2
		Sortida digital	Final de carrera en obertura vàlvula extracció.	FC3
		Sortida digital	Final de carrera en tancament vàlvula extracció.	FC4
cèl·lula de càrrega	5-12V	Sortida analògica	Valor analògic cèl·lula 1 (2mV/V)	CC1
		Sortida analògica	Valor analògic cèl·lula 2 (2mV/V)	CC2
Sensor posicionament	10-15V	Sortida digital	Senyal digital que detecta la posició.	POS1
Tamisadora prop.	380 V	Entrada digital	Senyal d'entrada activadora	TAM1

Taula 40 Entrades i sortides del sistema.

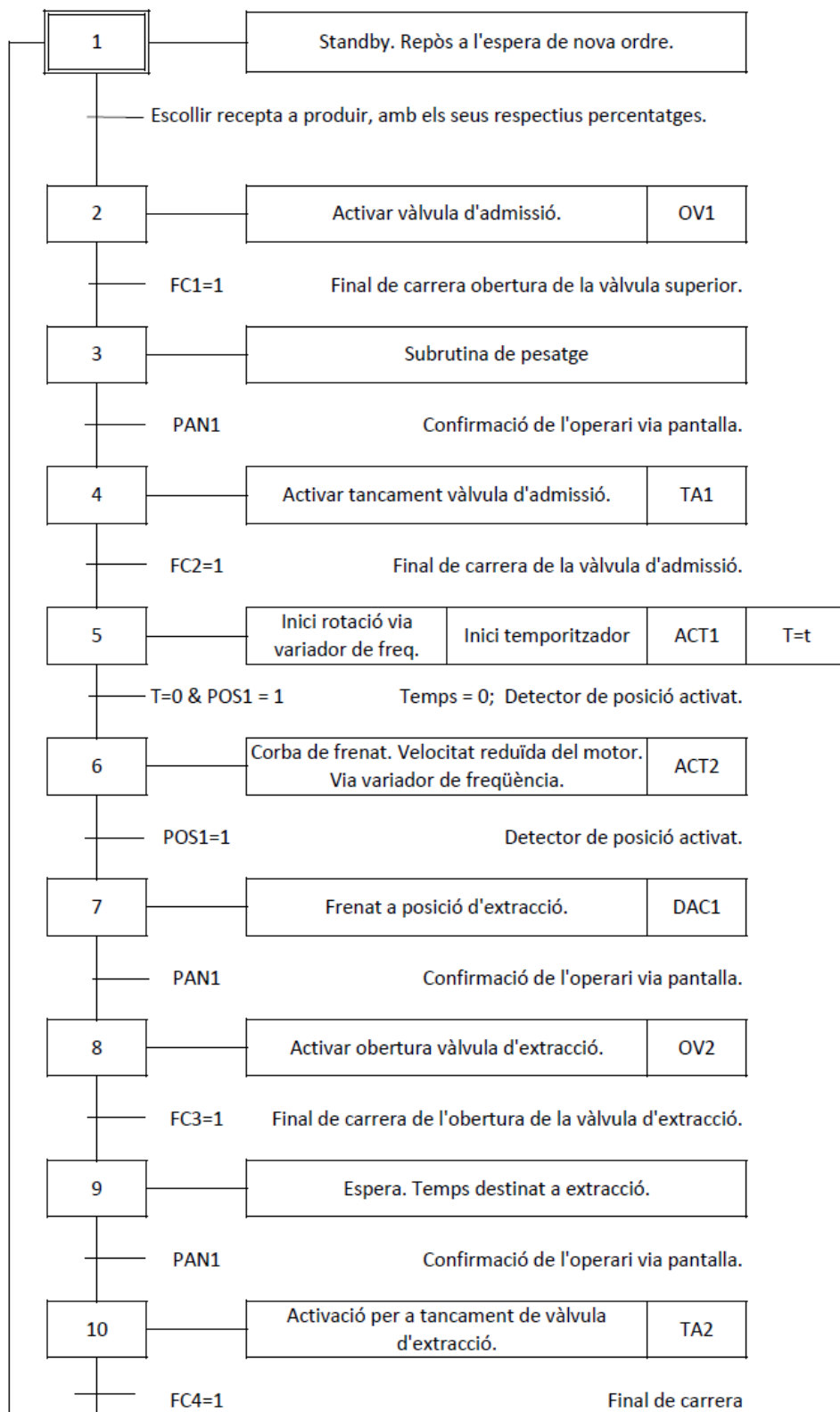
D.3 Paràmetres de maniobra.

A continuació s'exposen els valors a programar al PLC segons cada recepta.

	Descripció	Ref
Confirmació de panel	Confirmació mitjançant pantalla	PAN1
	nombre de recepta	m
	temps de barreja	t
Paràmetres a programar	subproducte que compona barreja total	n
	nombre de subproductes per mescla	y
	pes de cada component en funció de n	P(n)

Taula 41 Paràmetres a programar al PLC..

D.4 Programació GRAFCET.



Subrutina de pesatge.

