



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Química Ind. Pla 2002

Títol: Estandardització i sistematització del procés de selecció de vàlvules de bola segons condicions preestablertes

Document: Memòria

Alumne: Ester Robles Santos

Director/Tutor: Dr. José Alberto Méndez González

Departament: Eng. Química, Agrària i Tecn. Agroalimentària

Àrea: Enginyeria química

Convocatòria (mes/any): Febrer 2013

1 ÍNDEX

1.1 ÍNDEX GENERAL

1	ÍNDEX.....	3
1.1	ÍNDEX GENERAL	4
1.2	ÍNDEX DE FIGURES	6
1.3	ÍNDEX DE TAULES	7
2	GLOSSARI	8
3	OBJECTE I ENTORN	10
3.1	ENTORN I PRESENTACIÓ	11
3.2	SITUACIÓ ACTUAL DEL SECTOR	12
3.3	EMPRESA OBSERVADA.....	13
3.3.1	DIAGRAMA DE TREBALL CONVENCIONAL DAVANT D'UNA COMANDA.....	14
3.3.2	SIMULACIÓ DEL DIAGRAMA DE TREBALL UTILITZANT L'EINA PROPOSADA	15
3.3.3	DIAGRAMA DE TREBALL AMB L'ÚS DE L'EISVAL DAVANT D'UNA COMANDA	16
3.3.4	COMPARACIÓ DELS DIAGRAMES DE TREBALL CONVENCIONAL I AMB L'ÚS DE L'EISVAL	17
3.3.5	DIFERÈNCIES AMB L'IMPLANTACIÓ DE L'EINA PROPOSADA A L'EMPRESA	18
3.3.6	OBJECTIU I AVANTATGES DE L'ÚS DE L'EINA PROPOSADA	19
4	EL PRODUCTE: VÀLVULES DE BOLA	20
4.1	INTRODUCCIÓ AL PRODUCTE: VÀLVULES DE BOLA.....	21
4.2	FUNCIONAMENT.....	22
4.3	NORMATIVA, PT-RATING I DIÀMETRE DE PAS.....	24
4.3.1	NORMATIVES INTERNACIONALS.....	24
4.3.2	PRESSURE RATING I P-T RATING	26
4.3.3	DIÀMETRE DE PAS DE LA VÀLVULA.....	27
4.4	DISSENYS.....	28
4.4.1	VÀLVULA DE BOLA FLOTANT (FLOATING BALL VALVE).....	28
4.4.2	VÀLVULA DE BOLA SUPORTADA (TRUNNION BALL VALVE)	29
4.4.3	DISSENY ADEQUAT I RAÓ.....	31
4.4.4	PARTS DE LA VÀLVULA	32
4.4.5	JUNTES	37
5	MATERIALS D'UNA VÀLVULA DE BOLA.....	42
5.1	ELS MATERIALS I LES SEVES PROPIETATS	43
5.2	MATERIALS METÀL·LICS	44
5.2.1	COMPOSICIÓ.....	44
5.2.2	CLASSIFICACIÓ DELS METALLS	47
5.3	MATERIALS DE JUNTES.....	58
5.3.1	COIXINETS	58
5.3.2	JUNTES DE GRAFIT	60
5.3.3	Juntes tòriques.....	61
5.3.4	Juntes lip seals	63
5.4	MATERIALS DE SEIENTS.....	64
5.4.1	SEIENTS TERMOPLÀSTICS: FLOATING BALL VALVES	64
5.4.2	SEIENTS TERMOPLÀSTIC-METALL: TRUNNION BALL VALVES.....	66
5.4.3	SEIENTS METALL-METALL: FLOATING BALL VALVES I TRUNNION BALL VALVES.....	67
6	CONDICIONANTS PER A LA SELECCIÓ DE VÀLVULES DE BOLA.....	68
6.1	CLASSIFICACIÓ DELS CONDICIONANTS	69
6.2	INTRODUCCIÓ ALS CONDICIONANTS FISCOQUÍMICS DEL FLUID	70
6.3	SEGONS LA TEMPERATURA DEL FLUID.....	71
6.4	SEGONS LA PRESSIÓ DE SERVEI	76
6.5	SEGONS LA COMPATIBILITAT QUÍMICA DELS MATERIALS AMB EL FLUID	77
6.6	APARENÇA I GRANULOMETRIA.....	78

6.7	CONDICIONANTS EXTERNNS	79
6.7.1	CONDICIONS AMBIENTALS	79
6.7.2	OPERABILITAT	80
6.7.3	PINTURA.....	80
7	COMPARATIVA DE MATERIALS SEGONS ELS CONDICIONANTS DEL FLUID	82
7.1	SEGONS DE LA TEMPERATURA DEL FLUID.....	83
7.1.1	METALLS	83
7.1.2	JUNTES	89
7.1.3	SEIENTS	91
7.2	SEGONS LA PRESSIÓ DEL FLUID.....	93
7.2.1	METALLS	93
7.2.2	JUNTES	93
7.2.3	SEIENTS	94
7.3	SEGONS LA COMPATIBILITAT QUÍMICA AMB EL FLUID	95
7.3.1	METALLS	95
7.3.2	JUNTES	99
7.3.3	SEIENTS	102
8	SELECCIÓ DEL PRODUCTE: L'EISVAL.....	105
8.1	SUPORT INFORMÀTIC	106
8.2	FUNCIONAMENT.....	107
8.2.1	CONDICIONS PREESTABLERTES.....	107
8.2.2	PASSOS A SEGUIR.....	107
8.2.3	CODI UTILITZAT	107
8.3	EL FUTUR DE L'EISVAL	108
9	PLEC DE CONDICIONS	109
9.1	ÚS DE L'EINA INFORMÀTICA	110
9.1.1	DESCRIPCIÓ DE LES CONDICIONS.....	110
9.2	DADES PREESTABLERTES.....	111
9.2.1	DESCRIPCIÓ DE LES CONDICIONS.....	111
9.2.2	RESUM DE CONDICIONS PER A LES DADES PREESTABLERTES:	111
9.3	CONDICIONANTS DEL PRESSURE RATING, TEMPERATURA I COMPATIBILITAT FISICOQUÍMICA AMB EL FLUID	112
10	PRESSUPOST	113
10.1	INTRODUCCIÓ	114
10.2	HORES INVERTIDES.....	115
10.3	MATERIAL	116
10.4	PRESSUPOST TOTAL.....	117
11	BIBLIOGRAFIA	118
11.1	LLIBRES CONSULTATS	119
11.2	NORMATIVA INTERNACIONAL CONSULTADA.....	119
11.3	CATÀLEGS COMERCIALS CONSULTATS	121
11.4	CONSULTES WEB	125

1.2 ÍNDEX DE FIGURES

FIGURA 1 – TRUNNION BALL VALVE AMB EL PAS TOTALMENT OBERT	22
FIGURA 2 – TRUNNION BALL VALVE AMB EL PAS TOTALMENT TANCAT.....	23
FIGURA 3 – PT-RATING DEL MATERIAL WCB SEGONS TAULA DE LA NORMATIVA ASME B.16.34 ED. 2008	26
FIGURA 4 – RANG DE DIÀMETRES DE PAS MÉS UTILITZATS PER VÀLVULES I EQUIVALÈNCIES NPS I DN SEGONS LA NORMATIVA API 6D ISO 14313 23 RD ED. 2002	27
FIGURA 5 – FLOATING BALL VALVE	28
FIGURA 6 – TRUNNION BALL VALVE	29
FIGURA 7 – DOUBLE PISTON EFFECT	30
FIGURA 8 – PARTS D'UNA VÀLVULA DE TRES PECES SEGONS LA NORMATIVA API 6D ISO 14313 23 RD ED.	32
FIGURA 9 – PARTS D'UNA TRUNNION BALL VALVE	33
FIGURA 10 – BOLA D'UNA FLOATING BALL VALVE	35
FIGURA 11 – BOLA D'UNA TRUNNION BALL VALVE FINS A 6"X4"	35
FIGURA 12 – SIMULACIÓ DEL DISSENY D'UNA BOLA D'UNA TRUNNION BALL VALVE PER MIDES IGUAL O SUPERIORS A 6"	36
FIGURA 13 – PARTS DE L'ESTOPADA	37
FIGURA 14 – SECCIÓ TRANSVERSAL D'UNA JUNTA TÒRICA.....	38
FIGURA 15 – SECCIÓ TRANSVERSAL D'UNA JUNTA TÒRICA ENCAPSULADA	38
FIGURA 16 – SECCIÓ TRANSVERSAL D'UNA JUNTA LIP SEAL	39
FIGURA 17 – POSICIÓ DE JUNTES TÒRIQUES / LIP SEALS EN UNA TRUNNION BALL VALVE	39
FIGURA 18 – POSICIÓ DELS COIXINETS EN UNA TRUNNION BALL VALVE	40
FIGURA 19 - POSICIÓ DE LES JUNTES DE SEGURETAT AL FOC EN UNA TRUNNION BALL VALVE.....	40
FIGURA 20 – DIAGRAMA RPCM	43
FIGURA 21 – ESTRUCTURA MOLECULAR DEL PTFE PUR.....	58
FIGURA 22 – ESTRUCTURA MOLECULAR DEL PTFE MODIFICAT	59
FIGURA 23 – DETALL DE LA SECCIÓ TRANSVERSAL DEL SEIENT D'UNA TRUNNION BALL VALVE.....	66
FIGURA 24 – PARTS D'UNA VÀLVULA DE BOLA EN CONTACTE AMB EL FLUID (EN BLAU)	70
FIGURA 25 – PARTS D'UNA VÀLVULA DE BOLA EXPOSADDES ALS AGENTS EXTERNS (MARCADES EN GROC).....	79
FIGURA 26 – PERCENTATGE DE CADA TIPUS DE METALL A LA TAULA DE TEMPERATURES MÀXIMES.....	83
FIGURA 27 - PERCENTATGE DE CADA GRUP METÀL·LICS PER TEMPERATURA MÀXIMA DEL FLUID.....	83
FIGURA 28 – RESISTÈNCIA DE L'ACER AUSTENÍSTIC GRAU DUPLEX A LES TEMPERATURES ELEVADES	85
FIGURA 29 – PERCENTATGE DE CADA TIPUS DE METALL A LA TAULA DE TEMPERATURES MÍNIMES	86
FIGURA 30 – PERCENTATGE DE CADA GRUP METÀL·LICS PER TEMPERATURA MÍNIMA DEL FLUID.....	87
FIGURA 31 – TEMPERATURA MÀXIMA PER A LES JUNTES.....	89
FIGURA 32 – TEMPERATURA MÍNIMA PER A LES JUNTES	90
FIGURA 33 – TEMPERATURA MÀXIMA PER ALS SEIENTS	91
FIGURA 34 – TEMPERATURA MÍNIMA PER ALS SEIENTS.....	92
FIGURA 35 – PRESSIÓ MÀXIMA DEL FLUID PER A LES JUNTES.....	93
FIGURA 36 – PRESSIÓ MÀXIMA DEL FLUID PER ALS SEIENTS	94
FIGURA 37 - COMPARATIVA DE LA COMPATIBILITAT QUÍMICA DELS METALLS Nº1	95
FIGURA 38 - COMPARATIVA DE LA COMPATIBILITAT QUÍMICA DELS METALLS Nº2	96
FIGURA 39 - COMPARATIVA DE LA PRESÈNCIA DE CLOR DELS FLUIDS AMB ELS QUE ELS METALLS SÓN COMPATIBLES QUÍMICAMENT	97
FIGURA 40 - COMPARATIVA DE LA COMPATIBILITAT QUÍMICA DE LES JUNTES Nº1	99
FIGURA 41 - COMPARATIVA DE LA COMPATIBILITAT QUÍMICA DE LES JUNTES Nº2	99
FIGURA 42 - COMPARATIVA DE LA PRESÈNCIA DE CLOR EN ELS FLUIDS AMB ELS QUE LES JUNTES SÓN COMPATIBLES QUÍMICAMENT	100
FIGURA 43 - COMPARATIVA DE LA COMPATIBILITAT QUÍMICA DELS SEIENTS Nº1.....	102
FIGURA 44 - COMPARATIVA DE LA COMPATIBILITAT QUÍMICA DELS SEIENTS Nº2.....	102
FIGURA 45 - COMPARATIVA DE LA PRESÈNCIA DE CLOR EN ELS FLUIDS AMB ELS QUE LES JUNTES SÓN COMPATIBLES QUÍMICAMENT	103
FIGURA 46 – FULLES DE L'EISVAL QUE L'USUARI HA D'UTILITZAR	110

1.3 ÍNDEX DE TAULES

TAULA 1 – DIAGRAMA DE TREBALL CONVENCIONAL DAVANT D’UNA COMANDA	14
TAULA 2 – DIAGRAMA DE TREBALL AMB L’ÚS DE L’EISVAL DAVANT D’UNA COMANDA	16
TAULA 3 – COMPARACIÓ DELS DIAGRAMES DE TREBALL CONVENCIONAL I AMB L’ÚS DE L’EISVAL	17
TAULA 4 – CONSEQÜÈNCIES DE L’ÚS DE L’EISVAL	19
TAULA 5 – TIPUS DE DISSENYS PER A CADA MIDA I PRESSIÓ	31
TAULA 6 – RELACIÓ DEL TIPUS DE JUNTES AMB LA POSICIÓ EN <i>FLOATING BALL VALVES</i> I <i>TRUNNION BALL VALVES</i>	41
TAULA 7 – COMPOSICIÓ DE <i>CARBON STEEL (CS)</i> I <i>LOW TEMPERATURE CARBON STEEL(LTCS)</i>	48
TAULA 8 – ACERS INOXIDABLES AUSTENÍSTICS	49
TAULA 9 - ACERS INOXIDABLES MARTENSÍTICS	49
TAULA 10- ACERS INOXIDABLES FERRÍTICS	50
TAULA 11 - COMPARATIVA DELS GRAUS D’ACERS INOXIDABLES I LES SEVES PROPIETATS	52
TAULA 12 – ALIATGES AL-CU I LA SEVA COMPOSICIÓ	54
TAULA 13 – FAMÍLIA D’ALIATGES AMB BASE DE NÍQUEL	55
TAULA 14- COMPOSICIÓ DE LES ALIATGES AMB BASE DE NÍQUEL	57
TAULA 15 - TEMPERATURA MÀXIMA DE SERVEI DELS METALLS MÉS EMPRATS EN LA FABRICACIÓ DE VÀLVULES DE BOLA	71
TAULA 16 – TEMPERATURA MÍNIMA DE SERVEI DELS METALLS MÉS EMPRATS EN LA FABRICACIÓ DE VÀLVULES DE BOLA	73
TAULA 17 – TEMPERATURES MÍNIMES I MÀXIMES DE SERVEI PER ALS MATERIALS DE JUNTES MÉS EMPRATS EN LA FABRICACIÓ DE VÀLVULES DE BOLA	75
TAULA 18 – TEMPERATURES MÍNIMES I MÀXIMES DE SERVEI PER ALS MATERIALS DE SEIENTS MÉS EMPRATS EN LA FABRICACIÓ DE VÀLVULES DE BOLA	75
TAULA 19 – PRESSIÓ DE SERVEI MÀXIMA QUE PODEN RESISTIR ELS MATERIALS DE JUNTES MÉS EMPRATS EN LA FABRICACIÓ DE VÀLVULES DE BOLA	76
TAULA 20 – PRESSIÓ DE SERVEI MÀXIMA QUE PODEN RESISTIR ELS MATERIALS DE SEIENTS MÉS EMPRATS EN LA FABRICACIÓ DE VÀLVULES DE BOLA	76
TAULA 21 - METALLS: PERCENTATGE DE FLUIDS AMB PRESÈNCIA DE CLOR I PERCENTATGE D’INCERTESA	98
TAULA 22 – HORES INVERTIDES PER FER EL PFC	115
TAULA 23 – INVERSIÓ EN MATERIAL PER FER EL PFC	116
TAULA 24 – PRESSUPOST TOTAL	117

2 GLOSSARI

PN	Pressió Nominal
DN	Diàmetre Nominal
NPS	<i>Nominal Pipe Size</i>
CS	<i>Carbon Steel</i>
LTCS	<i>Low Temperatura Carbon Steel</i>
SS	<i>Stainless Steel</i>
DSS	<i>Duplex Stainless Steel</i>
SDSS	<i>Super Duplex Stainless Steel</i>
AS	<i>Alloy Steel</i>
PTFE	Politetrafluoroetilè
PTFE MOD	Politetrafluoroetilè modificat
PTFE RCAR	Politetrafluoroetilè amb càrrega de carboni
PTFE MOD RCAR	Politetrafluoroetilè modificat amb càrrega de carboni
PPVE	Perfluoropropil vinil èter
AED	<i>Anti Explosive Decompression</i>
HNBR	<i>Hydrogenated Nitrile Rubber</i>
NBR	<i>Acrylonitrile Butadiene Rubber</i>
FKM	<i>Fluoroelastomer o fluorocarbon</i>
PEEK	Polièter eter cetona
M-M	Metall-Metall
M-M WC	Metall-Metall de Carbur de Tungstè
M-M CrC	Metall-Metall de Carbur de Crom
LNG	<i>Liquified Natural Gas</i>
VOC	<i>Volatile organic compound</i>

3 OBJECTE I ENTORN

3.1 ENTORN I PRESENTACIÓ

La gran majoria de les indústries proveïdores de vàlvules treballen a partir de dissenys i materials estandarditzats, fruit aconseguit al llarg de molts anys d'estudi del producte i aplicables per a una àmplia gama d'aplicacions, donant un resultat i comportament raonables.

Les vàlvules de bola han sofert una gran adaptació a la indústria química durant els últims 25 anys, a causa dels avanços a la tecnologia dels elastòmers i plàstics i perfeccionament de les eines per produir boles en sèrie.

En molts casos es requereix un producte absolutament òptim, amb l'assegurança de la reduïda probabilitat de fallida i de l'adequació total d'acord amb una necessitat concreta. Aquesta demanda de requisits comporta l'estudi exhaustiu del fluid, de la futura localització del producte i de l'ambient al qual estarà sotmès. Això crea la necessitat de recol·lectar gran quantitat d'informació i d'emprar moltes hores de feina per analitzar-la i treure'n un resultat profitós. Per tant, el fet d'estandarditzar i sistematitzar el procés de selecció de vàlvules de bola segons condicions preestablertes és una tasca important i útil per a la indústria del disseny i fabricació vàlvules de bola.

Es presenta l'eina informàtica anomenada **EISVAL** (Eina Informàtica per a la Selecció de Vàlvules). Es tracta d'una eina informàtica creada amb el sistema *Visual Basic* d'Excel. A partir de les condicions entrades el sistema, i d'un estudi exhaustiu d'estructura i propietats, és capaç d'escollir la vàlvula de bola adequada i òptima, definint el disseny i els materials de cadascuna de les seves parts.

3.2 SITUACIÓ ACTUAL DEL SECTOR

El llistat de les empreses més importants en el sector es troba a l'Annex 1.

3.3 EMPRESA OBSERVADA

Empresa de la província de Girona fundada als anys 50 dedicada exclusivament a la fabricació i comercialització de vàlvules per al servei de les indústries química, petroquímica, del gas i de plantes de procés, entre d'altres.

Els tipus de vàlvules dins del rang en què treballen són vàlvules de papallona (*butterfly valves*) i vàlvules de bola (*ball valves*), essent el percentatge de vendes un 38% *butterfly valves* i un 62% *ball valves*. Les segones ofereixen un grau d'estanqueïtat superior i una pèrdua de càrrega inferior. Tot i tenir un preu més elevat, les seves bones propietats fan que siguin les més demandades pels clients.

La gran demanda de *ball valves* procedeix sobretot de les següents indústries:

- Plantes petrolíferes
- Plantes petroquímiques
- Indústria farmacèutica

La producció flexible i automatitzada i el seu creixement progressiu des de la seva fundació faciliten l'expansió mundial del producte, essent la primera empresa del sector a Espanya en servei adaptat a les necessitats del client complint totes les normatives internacionals.

3.3.1 DIAGRAMA DE TREBALL CONVENCIONAL DAVANT D'UNA COMANDA

La taula 1 sintetitza el procediment emprat globalment des de la petició de l'oferta de vàlvules de bola, passant per la fase de comanda, fins a l'entrega del producte.

Taula 1 – Diagrama de treball convencional davant d'una comanda

Prèvia i contínua campanya de *marketing*...

TREBALL COMERCIAL PREVI A COMPRA	1. RECEPCIÓ DE LA PETICIÓ D'OFERTA
	Via e-mail, FAX, correu convencional...
	2. ESTUDI DEL PRODUCTE ADIENT SEGONS NECESSITATS PREESTABLERTES
	Entre 1 dia i 2 setmanes segons complexitat. Estudi de les condicions preestablertes, recerca de la construcció i els materials òptims, proves necessàries, pintura i packing
	3. PREPARACIÓ DE L'OFERTA AMB EL MILLOR EQUILIBRI QUALITAT-COST-PREU
	Entre 1 dia i 3 dies segons complexitat. Recerca del millor cost en el mercat en el menor temps d'entrega de cada material, calcular el cost de proves, pintura, packing i enviament si s'escau
	4. ACCEPTACIÓ DE L'OFERTA I ENVIAMENT DE L'ORDRE DE COMPRA
	S'estableix un període màxim de validesa de l'oferta (2 setmanes, 1 mes, 2 mesos) segons client i tipus d'oferta. Excedit el temps, es requereix alertar al client i revisar els preus
	5. REVISIÓ DE L'ORDRE DE COMPRA, COMPROVANT QUE COÏNCIDEIXI AMB L'OFERTA
	És possible rebre variacions o comentaris que obliguin a la revisió de l'oferta. En aquest cas, caldria retornar al punt 2
6. REVISIÓ DE L'EQUILIBRI COST-PREU	
A causa del temps passat des de l'enviament de l'oferta fins a la recepció de l'ordre de compra, és necessari revisar i comprovar els costos, per tal de mantenir un bon marge de benefici	
7. ENVIAMENT CONFORMITAT DE L'ORDRE DE COMPRA	
La conformitat de l'empresa a l'ordre de compra rebuda equival a l'acceptació de tots els punts tècnics de l'ordre de compra i de tots els termes que hi apareixen (termini d'entrega, termes de pagament, d'enviament, d'embalatge...)	
PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE	
Definir totes les tasques del projecte, assignar la responsabilitat i establir el termini de temps per a cadascuna d'elles. Cal tenir en compte la dependència entre tasques i donar prioritat a les que precisen un temps més llarg per tal de no allargar el termini l'entrega.	
TASQUES POSTERIORES A LA COMPRA	8. COMPRA DEL MATERIAL I REVISIÓ/CREACIÓ DEL DISSENY
	Revisar dissenys existents o bé fer-ne de nous per a la compra en curs. Si el temps necessari és superior a 1 o 2 dies, cal fer una estimació de la quantitat de material metàl·lic a comprar.
	És important avançar les compres, sobretot dels materials que precisen tractament, per no patir retards respecte el temps promès d'entrega i per esquivar el perill d'augment del cost.
	9. INFORMATITZACIÓ DE COMPONENTS, EXECUCIÓ DE PLÀNOLS
	Registre de tots els components necessaris amb completa descripció, plànol, quantitat i preu, i relacionar-los amb l'estat de la compra. Permet dur a terme el seguiment de l'arribada i del marge econòmic de cada component.
	Cada vàlvula ha de tenir el seu plànol general, amb la identificació de cadascuna de les seves parts amb completa descripció, seccions, detalls i cotes necessàries, i normatives que segueix el producte.
	10. MUNTATGE DEL PRODUCTE
	Un cop arriba tot el material a la fàbrica es procedeix al muntatge.
	11. PROVES
	Si és necessari, es fan les proves pertinents.
	12. PINTURA
	Es pinta amb el sistema de pintura definit
	13. PACKING
Embalatge segons les dimensions i propietats, tenint en compte les condicions preestablertes	

3.3.2 SIMULACIÓ DEL DIAGRAMA DE TREBALL UTILITZANT L'EINA PROPOSADA

L'EISVAL és el primer pas de la creació d'un programa capaç de seleccionar el disseny, materials, pintura, tipus d'operador i proves òptims per a una aplicació concreta.

En aquesta etapa, s'ha creat una eina des de l'estudi de les propietats fisicoquímiques dels materials per poder escollir-ne els òptims, no per a la selecció del disseny, pintura, tipus d'operador i proves.

Es definiran paràmetres bàsics de disseny per tal de poder definir breument el tipus de vàlvula. La pintura i el tipus d'operador es consideren dues etapes posteriors a la selecció dels materials i, per tant, no s'han inclòs a l'eina.

Per al correcte funcionament de l'EISVAL cal acordar les següents suposicions / acords:

- Disseny creat: Es considera que el disseny de la vàlvula ja està creat previament a la utilització de l'EISVAL.
- Comanda EX-Works: El producte serà servit a les instal·lacions de l'empresa. És a dir, la data d'entrega serà igual a la data en la que el procés hagi acabat: producte empaquetat i preparat per a la recollida. Si el client requereix l'enviament del paquet, aquest temps no està inclòs dins del període promès d'entrega.

3.3.3 DIAGRAMA DE TREBALL AMB L'ÚS DE L'EISVAL DAVANT D'UNA COMANDA

La taula 2 mostra el procediment a seguir que facilita l'ús de l'eina proposada.

Taula 2 – Diagrama de treball amb l'ús de l'EISVAL davant d'una comanda

Prèvia i contínua campanya de *marketing*...

TREBALL COMERCIAL PREVI A COMPRA	1. RECEPCIÓ DE LA PETICIÓ D'OFERTA
	Entrada de les dades als apartats corresponents
	2. TASCA DE XEQUEIG
	L'EISVAL fa l'el·lecció del disseny i materials adequats segons les dades entrades
	3. PRESENTACIÓ DE L'OFERTA
	L'EISVAL prepara un resum de la selecció feta amb completa descripció de la vàlvula
4. ACCEPTACIÓ DE L'OFERTA I CONFIRMACIÓ DE LA COMPRA	
L'EISVAL consta d'una aplicació de confirmació de la compra. Amb la confirmació, el client accepta el producte ofertat i totes les condicions. Essent així, s'iniciaria el procés de compra. En el cas de voler adquirir un producte diferent a l'ofertat, es retornaria al punt 1	
PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE	
Definir totes les tasques del projecte, assignar la responsabilitat i establir el termini de temps per a cadascuna d'elles. Cal tenir en compte la dependència entre tasques i donar prioritat a les que precisen més temps per tal de no allargar el termini d'entrega.	
TASQUES POSTERIORES A LA COMPRA	5. COMPRA DEL MATERIAL
	Compra del material necessari segons l'ordre de compra
	6. MUNTATGE DEL PRODUCTE
	Un cop arriba tot el material a la fàbrica es procedeix al muntatge.
	7. PROVES
	Si és necessari, es fan les proves pertinents.
	8. PINTURA
	Es pinta amb el sistema de pintura definit
9. PACKING	
Embalatge segons les dimensions i propietats, tenint en compte les condicions preestablertes	

3.3.4 COMPARACIÓ DELS DIAGRAMES DE TREBALL CONVENCIONAL I AMB L'ÚS DE L'EISVAL

A la taula 3 es mostra la comparativa d'hores emprades des de l'entrada de la petició d'oferta fins a l'entrega del producte, fent ús del sistema de treball convencional i fent ús de l'eina proposada.

Taula 3 – Comparació dels diagrames de treball convencional i amb l'ús de l'EISVAL

DIAGRAMA NORMAL DE L'EMPRESA (SENSE L'ÚS DE L'EINA)		HORES / TASCA
TREBALL COMERCIAL PREVI A COMPRA	1. RECEPCIÓ DE LA PETICIÓ D'OFERTA	-
	2. ESTUDI DEL PRODUCTE ADIENT SEGONS NECESSITATS PREESTABLERTES	40
	3. PREPARACIÓ DE L'OFERTA AMB EL MILLOR EQUILIBRI QUALITAT-COST-PREU	24
	4. ACCEPTACIÓ DE L'OFERTA I ENVIAMENT DE L'ORDRE DE COMPRA	160
	5. REVISIÓ DE L'ORDRE DE COMPRA, COMPROVANT QUE COÏNCIDEIXI AMB L'OFERTA	2
	6. REVISIÓ DE L'EQUILIBRI COST-PREU	3
	7. ENVIAMENT CONFORMITAT DE L'ORDRE DE COMPRA	1
PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE		24
Definir totes les tasques del projecte, assignar la responsabilitat i establir el termini de temps per a cadascuna d'elles. Cal tenir en compte la dependència entre tasques i donar prioritat a les que precisen un temps més llarg per tal de no allargar el termini d'entrega.		
TASQUES POSTERIORIS A LA COMPRA	8. COMPRA DEL MATERIAL I REVISIÓ/CREACIÓ DEL DISSENY	80
	9. INFORMATITZACIÓ DE COMPONENTS, EXECUCIÓ DE PLÀNOLS	40
	10. MUNTATGE DEL PRODUCTE	40
	11. PROVES	20
	12. PINTURA	20
	13. PACKING	10
HORES TOTALS		464

(*) Suposem que el temps necessari és una setmana laboral, que equival a 40 hores de feina

(**) Suposem que el client triga 1 mes en enviar l'acceptació de l'oferta. Un mes equival a 160 hores laborals. Es considera en hores laborals perquè són les hores de feina emprades a l'espera.

DIAGRAMA NORMAL DE L'EMPRESA (SENSE L'ÚS DE L'EINA)		HORES / TASCA
TREBALL COMERCIAL PREVI A COMPRA	1. RECEPCIÓ DE LA PETICIÓ D'OFERTA	-
	2. TASCA DE XEQUEIG	0,17
	3. PRESENTACIÓ DE L'OFERTA	0,08
	4. ACCEPTACIÓ DE L'OFERTA I CONFIRMACIÓ DE LA COMPRA	40
PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE		24
Definir totes les tasques del projecte, assignar la responsabilitat i establir el termini de temps per a cadascuna d'elles. Cal tenir en compte la dependència entre tasques i donar prioritat a les que precisen un temps més llarg per tal de no allargar el termini d'entrega.		
TASQUES POSTERIORIS A LA COMPRA	5. COMPRA DEL MATERIAL	40
	6. MUNTATGE DEL PRODUCTE	40
	7. PROVES	20
	8. PINTURA	20
	9. PACKING	10
HORES TOTALS		194,25

(*) Es requereix que el client accepti la vigència de l'oferta d'1 setmana, per tal d'agilitzar el procés. A causa que ell mateix ha entrat les dades preestablertes, se suposa que no es precisa revisió de l'oferta, almenys per error humà.

3.3.5 DIFERÈNCIES AMB L'IMPLANTACIÓ DE L'EINA PROPOSADA A L'EMPRESA

3.3.5.1 ESTUDI I PRESENTACIÓ DE L'OFERTA

S'hi inverteixen 64 hores. Passen a ser substituïdes per altres dues tasques basades en el xoqueig d'informació i presentació de l'oferta, en les quals s'hi inverteixen 0,25 hores.

3.3.5.2 PERÍODE ESTABLERT PER A L'ACCEPTACIÓ DE L'OFERTA

Es posa com a condició que el client accepti l'oferta amb un termini de 40 hores laborables setmanals, el que equival a 1 setmana laboral. Superat aquest període l'oferta perd la validesa i el client ha de retornar a l'inici del procés.

Donant la llibertat d'entrar les dades preestablertes i obtenint al final del procés de la preparació de l'oferta la seva presentació per escrit, no es considera necessari un temps superior a 40 hores per tal que el client decideixi si vol comprar.

3.3.5.3 REVISIÓ DE L'OFERTA

S'inverteixen 5 hores en revisió de l'oferta. El fet que la validesa de l'oferta sigui d'una setmana permet confirmar que el cost del projecte no serà superior en el moment de l'acceptació, de manera que no és necessari revisar-la abans de la confirmació de la compra.

3.3.5.4 CONFIRMACIÓ DE L'ORDRE DE COMPRA

Ja que les tasques 5 i 6 han estat eliminades, la tasca 7 en la que l'empresa proveïdora envia la confirmació de l'ordre de compra resta de sentit. La confirmació de l'ordre de compra es produeix en el moment en el que el client accepta l'oferta i envia la seva confirmació. L'empresa proveïdora garanteix la seva conformitat.

3.3.5.5 REVISIÓ/CREACIÓ DEL DISSENY, INFORMATITZACIÓ DE COMPONENTS I EXECUCIÓ DE PLÀNOLS

Establert l'acord que el disseny ja està creat, l'arbre de codificació (codi de la vàlvula i tots els materials que la formen) i l'execució dels plànols es considera que també estan creats. En el moment de l'acceptació de l'oferta el sistema cercarà el codi de vàlvula corresponent i assignarà les compres necessàries.

3.3.6 OBJECTIU I AVANTATGES DE L'ÚS DE L'EINA PROPOSADA

3.3.6.1 DOBLE OBJECTIU

- Reducció de les hores invertides de l'enginyer químic en el procés de selecció del producte, des del moment en el que es rep la petició d'oferta fins a l'entrega del producte.
- Millorar la fiabilitat de l'oferta evitant part dels possibles errors humans.

En el procés ordinari es necessiten 464 hores de promig. Fent ús de l'EISVAL, la reducció és d'un 58,14%, resultant 194,25 hores.

3.3.6.2 AVANTATGES D'ASSOLIR L'OBJECTIU

Millor atenció al client

El fet de poder atendre'l en un període més curt sempre millora la seva atenció. La reducció, i en el millor dels casos eliminació, dels temps no productius d'espera repercuteix directament en futures comandes amb el mateix client, ampliant la cartera de clients fidels.

L'estimació de 20-28 setmanes laborals des de la petició d'oferta fins al moment de l'entrega del producte pot causar la retirada de la petició, havent perdut evidentment la venda i possiblement futures peticions del mateix client.

Optimització de les hores estalviades

- En el mateix client directament, tant millorant la comunicació directa com entregant la documentació requerida en menor període de temps que amb el procés ordinari.
- Innovació i actualització dels materials i preus, dissenys, pintures, packings, proves...
- Es recomana fer servir l'eina com a un instrument de suport per a l'enginyer, no com a eina substitutiva. S'ha creat amb focus de millora i suport, no d'eliminació de personal.

Conseqüències de l'ús de l'EISVAL:

La taula 4 mostra les conseqüències directes, a curt i llarg termini de l'ús de l'EISVAL:

Taula 4 – Conseqüències de l'ús de l'EISVAL

CONSEQÜÈNCIES DIRECTES	CONSEQÜÈNCIES A CURT TERMINI	CONSEQÜÈNCIES A LLARG TERMINI
Reducció període de temps entre petició d'oferta i l'entrega del producte Augment de la fiabilitat de l'oferta Millora de l'atenció directa al client	Més clients fidels Millor reputació al sector	Creixement de l'empresa

4 EL PRODUCTE: VÀLVULES DE BOLA

4.1 INTRODUCCIÓ AL PRODUCTE: VÀLVULES DE BOLA

Una vàlvula és un dels elements mecànics bàsics a les indústries de processos químics. Fa la funció de regular, restringir o desviar corrents de fluids. La variable controlada és el cabal i l'objectiu és aconseguir-ne el valor desitjat.

A les vàlvules de bola (*ball valves*) l'element de control de circulació és una bola perforada amb un orifici del mateix diàmetre que el pas de la vàlvula, per tal d'assegurar-ne el pas total del fluid en la seva posició totalment oberta. Aquest element està connectat a un eix que és el que permet canviar-ne la posició, connectat alhora a una maneta o palanca quan el parell de la vàlvula és baix o bé amb reductors, actuadors o motors quan aquest és elevat.

És un tipus de vàlvula molt versàtil, amb un temps de tancament curt, d'utilització senzilla, de pes i dimensions menors i més compacta que altres vàlvules per a la mateixa mida de canonada i pressió de fluid, cost relativament baix, alta capacitat de fluid, permet un tancament hermètic amb poques fugues, temps de vida d'aproximadament de 25 anys i requereix poc manteniment. És per totes aquestes raons que són les vàlvules estàndard a la majoria de plataformes petrolíferes fora de la costa, refineries de petroli i plantes de processos químics, essent òptimes des de l'aplicació per a instal·lacions del control d'aigua fins als fluids més agressius.

Les dues bases que defineixen un tipus de vàlvula són: el disseny i els materials. Cal cercar la correcta conjugació d'ambdues bases que proporcioni l'estanqueïtat òptima, la màxima seguretat i l'adequació total al fluid i a l'ambient.

4.2 FUNCIONAMENT

El funcionament d'una vàlvula de bola (*ball valve*) es basa en la força que transmet l'eix, perpendicular a la direcció del fluid, cap a l'obturador produint un moviment rotatori de 90º que permet obrir o tancar el pas del fluid ràpidament.

En les vàlvules de bola l'orifici de pas de fluid es comporta com una àrea continuament variable. Quan el pas està totalment obert, el cabal circula sense turbulència, assolint el seu valor màxim.

Les vàlvules de bola estan dissenyades per al seu funcionament amb el pas totalment obert o totalment tancat (*ON-OFF*), és a dir servei de bloqueig o tancament. En aquestes dues posicions, la pèrdua de càrrega és mínima i en el millor dels casos nul·la. En posició parcialment oberta, la pressió exercida pel fluid és superior en una part del seient i, com a conseqüència, el seient es deforma i provoca possibles futures fugues.

Les següents figures (figura 1 i figura 2) mostren la secció transversal d'una vàlvula de bola suportada (*trunnion ball valve*) amb el pas totalment obert i amb el pas totalment tancat.

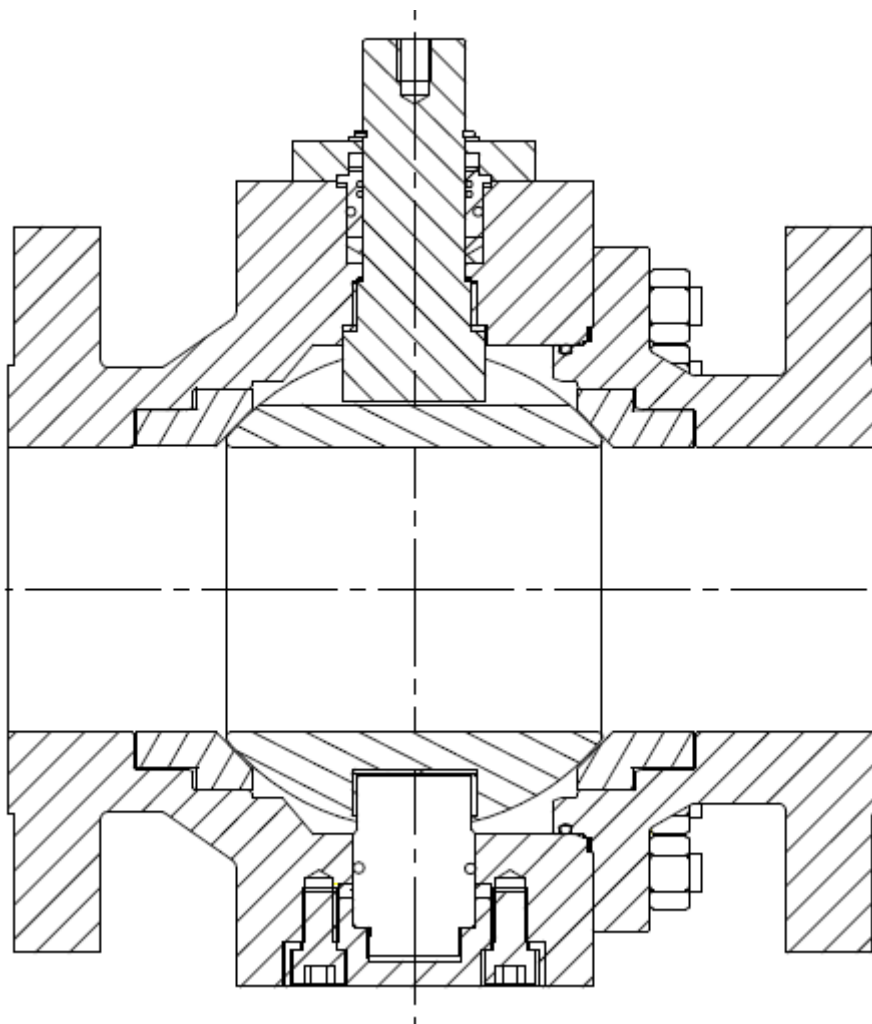


Figura 1 – *Trunnion ball valve* amb el pas totalment obert

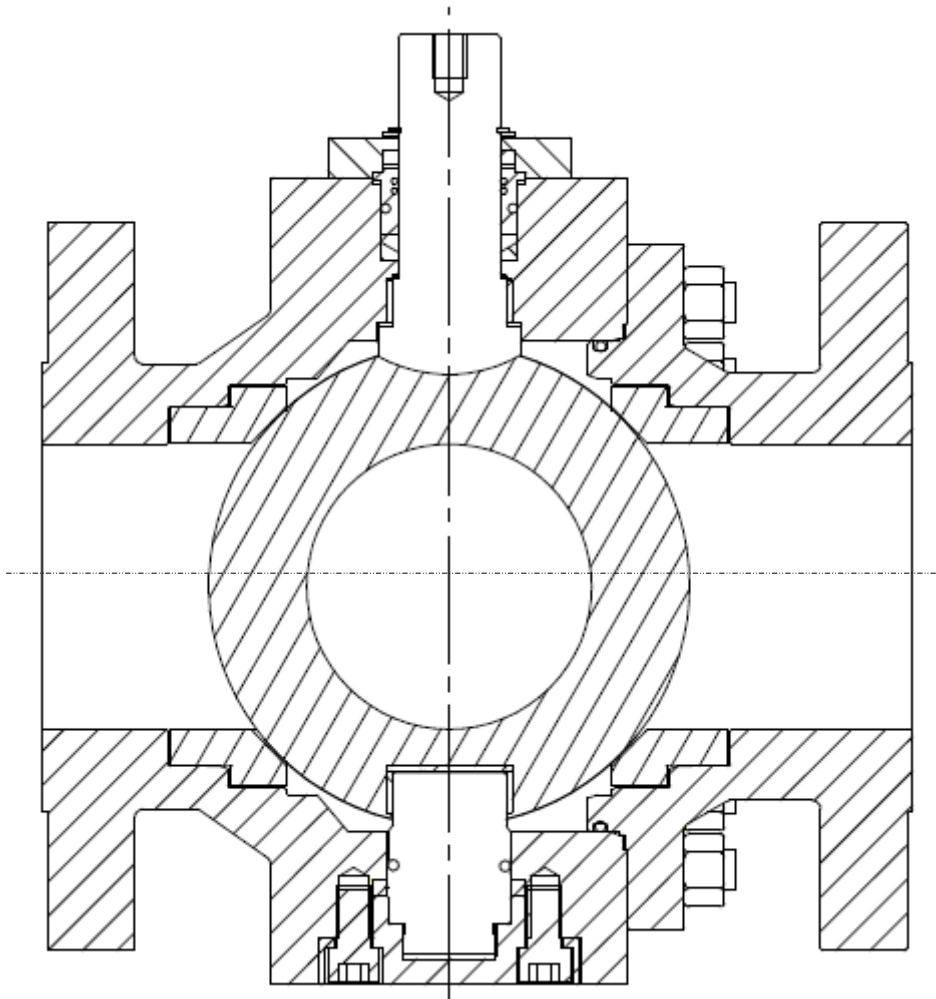


Figura 2 – Trunnion ball valve amb el pas totalment tancat

4.3 **NORMATIVA, PT-RATING I DIÀMETRE DE PAS**

Els proveïdors o fabricants tenen el seu propi disseny per tal d'assolir la millora del producte i la màxima competitivitat al sector. Tot i que no hi ha dissenys estandarditzats i globalitzats, tots els dissenys han de complir les normatives internacionals.

4.3.1 **NORMATIVES INTERNACIONALS**

Segons la normativa ANSI (*American National Standards Institute*)

- **API 6D / ISO 14313** – *Petroleum and gas natural industries. Pipeline transportation systems. Pipeline valves.*
- **ASME B1.20.1** – *Pipe Threads, General Purpose*
- **ASME B16.5** – *Standards of Pipes and Fittings*
- **ASME B16.10** – *Face-to-Face and End-to-End Dimensions of Valves*
- **ASME B16.11** – *Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded.*
- **ASME B16.20** – *Dimensions of Spiral Wound gaskets*
- **ASME B16.21** – *Non-metallic Flat Gaskets for Pipe Flanges.*
- **ASME B16.25** – *Butwelding Ends.*
- **ASME B16.34** – *ANSI Valve Ratings, Standards and design*
- **BS 2080** – *Face-to-face, center-to-face, end-to-end and center-to-end dimensions of valves.*
- **ISO 5711** – *Industrial valves. Dimensions valve/gear*
- **ISO 5752** – *Metal valves for use in flanged pipe systems - Face-to-face and centre-to-face dimensions*
- **ISO 7268** – *Pipe components. Definition of nominal pressure.*
- **ISO 6708** – *Pipework components -- Definition and selection of DN*
- **ISO 17292** – *Metal ball valves for petroleum, petrochemical and allied industries*
- **MSS SP-6** – *Standard finishes for contact faces of pipe flanges.*
- **MSS SP-25** – *Standard marking system for valves, fittings, flanges and unions.*
- **MSS SP-44** – *Steel pipeline flanges*
- **MSS-SP-91** – *Guidelines for Manual Operation of Valves.*
- **UNE EN 558-1** – *Válvulas industriales. Dimensiones entre caras opuestas y dimensiones del centro a una cara de válvulas metálicas para utilizar en sistemas de canalizaciones con bridas*

Segons la normativa DIN (*Deutsches Institut für Normung*)

- **API 6D / ISO 14313** – *Petroleum and gas natural industries. Pipeline transportation systems. Pipeline valves.*
- **ASME B1.20.1** – *Pipe Threads, General Purpose*
- **ASME B16.5** – *Standards of Pipes and Fittings*
- **ASME B16.10** – *Face-to-Face and End-to-End Dimensions of Valves*
- **ASME B16.11** – *Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded.*
- **ASME B16.20** – *Dimensions of Spiral Wound gaskets*
- **ASME B16.21** – *Nonmetallic Flat Gaskets for Pipe Flanges.*
- **ASME B16.25** – *Butwelding Ends.*
- **ASME B16.34** – *ANSI Valve Ratings, Standards and design*
- **DIN 2526** – *Standard Flange Facings*

- **DIN 3202-4** – *Face-to-face and center-to-face dimension of valves. Valves with female thread connection.*
- **DIN 3339** – *Valves. Body component materials.*
- **DIN 3357-1** – *Metal ball valves. General requirements and methods of test.*
- **DIN 3357-2** – *Full bore steel ball valves.*
- **DIN 3357-3** – *Reduced bore steel ball valves.*
- **DIN 3357-4** – *Full bore non-ferrous metal ball valve.*
- **DIN 3357-5** – *Reduced bore non-ferrous metal ball valve*
- **DIN EN 12982** – *End-to-end and center-to-end dimensions for butt welding end valves.*
- **DIN EN 12516-2** – *Industrial valves. Shell design strength. Part 2: Calculation method for Steel valve shells.*

4.3.2 PRESSURE RATING i P-T RATING

El *pressure rating* defineix la relació entre la pressió i la temperatura màximes que pot resistir una vàlvula. La normatives API 6D i ISO 17292 s'estableixen els següents *pressure ratings*: 150#, 300#, 600#, 800#, 900#, 1500#, 2500#. Es designen amb el símbol “#” i les unitats són lb/in², essent 150# l'equivalent a 150 lb/in², per exemple.

Les equivalències de *pressure rating* a pressió nominal (PN), són les següents:

PN 20 – 150#	PN 50 – 300#	PN 100 – 600#	
PN 138 – 800#	PN 150 – 900#	PN 250 – 1500#	PN 420 – 2500#

La pressió nominal es designa amb les lletres “PN” davant del valor i la unitat és el bar.

El *P-T Rating* d'una vàlvula ens defineix la relació entre la pressió i la temperatura. A les normatives ASME B16.5 i ASME B16.34 s'especifica quina és la taula de *P-T Rating* a seguir per a cada tipus de material. La normativa engloba els materials en diferents grups. Per exemple, el grup 1.1 engloba certs materials, entre ells ASTM A216 WCB i ASTM A350 LF2. Això significa que ambdós materials tenen la mateixa relació pressió-temperatura. Les taules ens permeten relacionar quina és la pressió màxima que pot suportar la vàlvula a certa temperatura, tenint un *pressure rating* concret.

El següent exemple mostra el *PT-Rating* del material ASTM A216 WCB, basat en la Figura 3:

El cos d'una vàlvula de material ASTM A216 WCB, essent el *pressure rating* 300# i la temperatura a la qual s'exposa el material 150°C, és capaç de suportar una pressió de treball de 45,1 bar.

A 105 (1)(2)	A 515 Gr. 70 (1)	A 696 Gr. C (5)	A 672 Gr. B70 (1)
A 216 GR. WCB (1)	A 516 Gr. 70 (1)(3)	A 350 Gr. LF6 Cl. 1 (4)	A 672 Gr. C70 (1)
A 350 Gr. LF2 (1)	A 537 Cl. 1 (5)	A 350 Gr. LF3 (6)	

NOTES:
(1) Upon prolonged exposure to temperatures above 425°C, the carbide phase of steel may be converted to graphite. Permissible, but not recommended for prolonged usage above 425°C.
(2) Only killed steel shall be used above 455°C.
(3) Not to be used over 455°C.
(4) Not to be used over 260°C.
(5) Not to be used over 370°C.
(6) Not to be used over 345°C.

A – Standard Class

Temperature, °C	Working Pressures by Class, bar						
	150	300	600	900	1500	2500	4500
-29 to 38	19.6	51.1	102.1	153.2	255.3	425.5	765.9
50	19.2	50.1	100.2	150.4	250.6	417.7	751.9
100	17.7	46.6	93.2	139.8	233.0	388.3	699.0
150	15.8	45.1	90.2	135.2	225.4	375.6	676.1
200	13.8	43.8	87.6	131.4	219.0	365.0	657.0
250	12.1	41.9	83.9	125.8	209.7	349.5	629.1
300	10.2	39.8	79.6	119.5	199.1	331.8	597.3
325	9.3	38.7	77.4	116.1	193.6	322.6	580.7
350	8.4	37.6	75.1	112.7	187.8	313.0	563.5
375	7.4	36.4	72.7	109.1	181.8	303.1	545.5
400	6.5	34.7	69.4	104.2	173.6	289.3	520.8
425	5.5	28.8	57.5	86.3	143.8	239.7	431.5

Figura 3 – *PT-Rating* del material WCB segons taula de la normativa ASME B.16.34 ed. 2008

4.3.3 DIÀMETRE DE PAS DE LA VÀLVULA

El diàmetre de pas de la vàlvula o diàmetre nominal (DN) és la mida interior de les connexions de sortida, les quals es connecten a la línia o canonada. A les normatives internacionals tant es fa servir DN (diàmetre nominal en mm) com NPS (*nominal pipe size* en polzades).

A les vàlvules de pas total (*full bore*), el diàmetre nominal i el diàmetre de pas de fluid són iguals. A les de pas reduït (*reduced bore*), el diàmetre nominal és superior al diàmetre de pas del fluid, de manera que el diàmetre de les parts internes, com ara bola i seients, és inferior a la mida interna de les connexions de sortida.

DN (mm)	NPS (inches)	Pressure class			
		PN 20 to 100 (Class 150 to 600)	PN 150 (Class 900)	PN 250 (Class 1500)	PN 420 (Class 2500)
15	1/2	13	13	13	13
20	3/4	19	19	19	19
25	1	25	25	25	25
32	1 1/4	32	32	32	32
40	1 1/2	38	38	38	38
50	2	49	49	49	42
65	2 1/2	62	62	62	52
80	3	74	74	74	62
100	4	100	100	100	87
150	6	150	150	144	131
200	8	201	201	192	179
250	10	252	252	239	223
300	12	303	303	287	265
350	14	334	322	315	—
400	16	385	373	360	—
450	18	436	423	—	—
500	20	487	471	—	—
550	22	538	522	—	—
600	24	589	570	—	—
650	26	633	617	—	—
700	28	684	665	—	—
750	30	735	712	—	—
800	32	779	760	—	—
850	34	830	808	—	—
900	36	874	855	—	—
950	38	925	—	—	—
1000	40	976	—	—	—
1050	42	1020	—	—	—
1200	48	1166	—	—	—
1350	54	1312	—	—	—
1400	56	1360	—	—	—
1500	60	1458	—	—	—

Figura 4 – Rang de diàmetres de pas més utilitzats per vàlvules i equivalències NPS i DN segons la normativa API 6D ISO 14313 23rd ed. 2002

La figura 4 mostra l'equivalència entre NPS i DN (requadre taronja). El rang de mides globalment més utilitzades en vàlvules parteix en 1/2" fins a 30" (requadre verd). Aquesta taula només mostra les mides de pas total. El rang de pas reduït parteix de 1/2" x 3/8" fins a 30" x 24".

4.4 DISSENY

4.4.1 VÀLVULA DE BOLA FLOTANT (*FLOATING BALL VALVE*)

La bola no es troba subjectada amb fermesa (*floating*). Són els seients els que tenen una posició fixa. Quan la vàlvula està tancada, la pressió del fluid empeny a la bola cap al seient secundari i es produeix el tancament. Aquesta construcció s'utilitza a baixes pressions i per a mides petites de vàlvula (on és més senzill el disseny de l'alineació de la bola amb els seients).

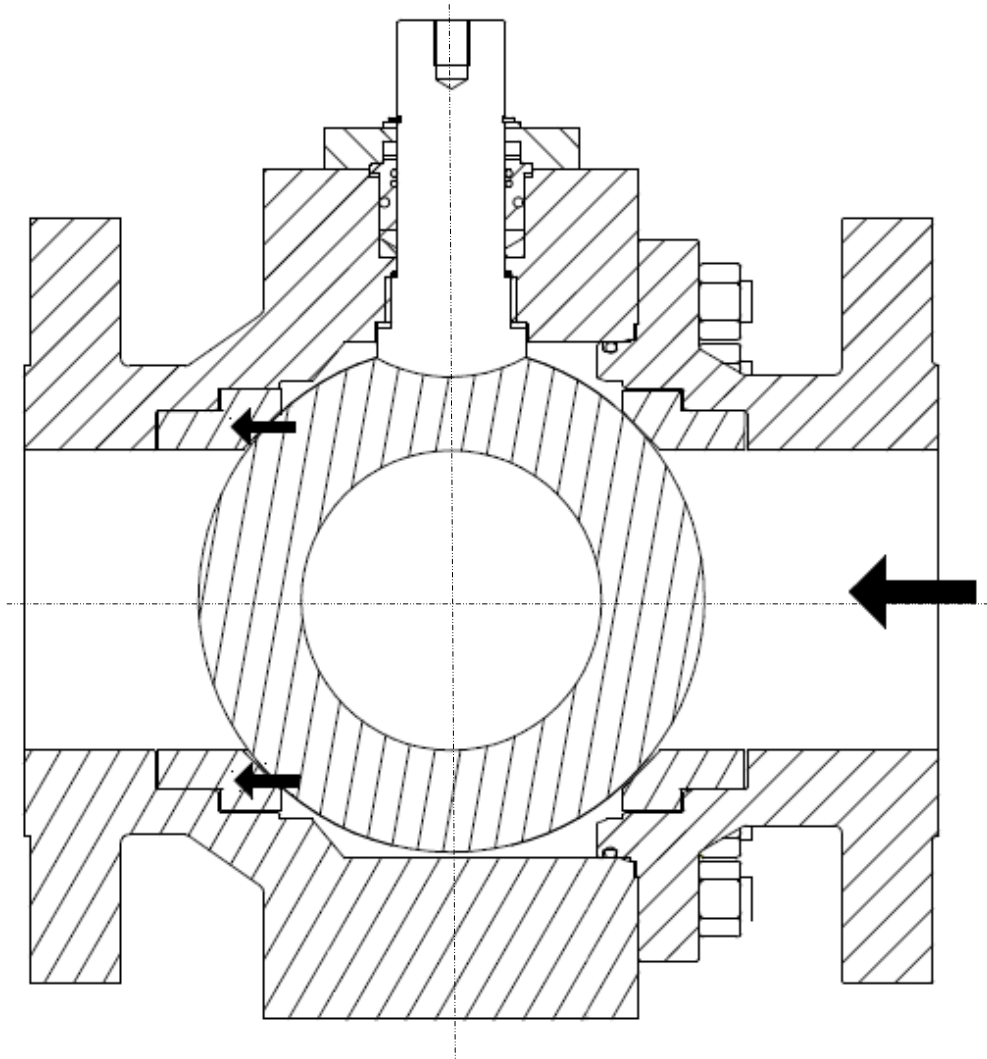


Figura 5 – *Floating ball valve*

La figura 5 mostra com la pressió exercida pel fluid és rebuda per la bola. Tanmateix, la bola fa ús d'aquesta pressió per desplaçar-se en la direcció i sentit de la força del fluid, és a dir, contra els seients secundaris.

En les *floating ball valves* per alta pressió (a partir de 600#), com que la bola rebria una pressió de fluid massa elevada que provocaria el trencament del seient, el disseny s'adapta afegint un eix inferior que manté la bola suportada. Els seients segueixen en posició immòbil i la bola és la responsable del tancament. Es garanteix el correcte funcionament de la vàlvula evitant sobrepressió al seient.

4.4.2 VÀLVULA DE BOLA SUPORTADA (*TRUNNION BALL VALVE*)

La bola està suportada per dos eixos, un superior i un inferior, i els seients són mòbils. Quan la vàlvula està tancada, la pressió del fluid és presa per les molles del seient primari, les quals causen el desplaçament del seient cap a la bola produint el tancament.

Les vàlvules de bola suportada són resistents a altes pressions.

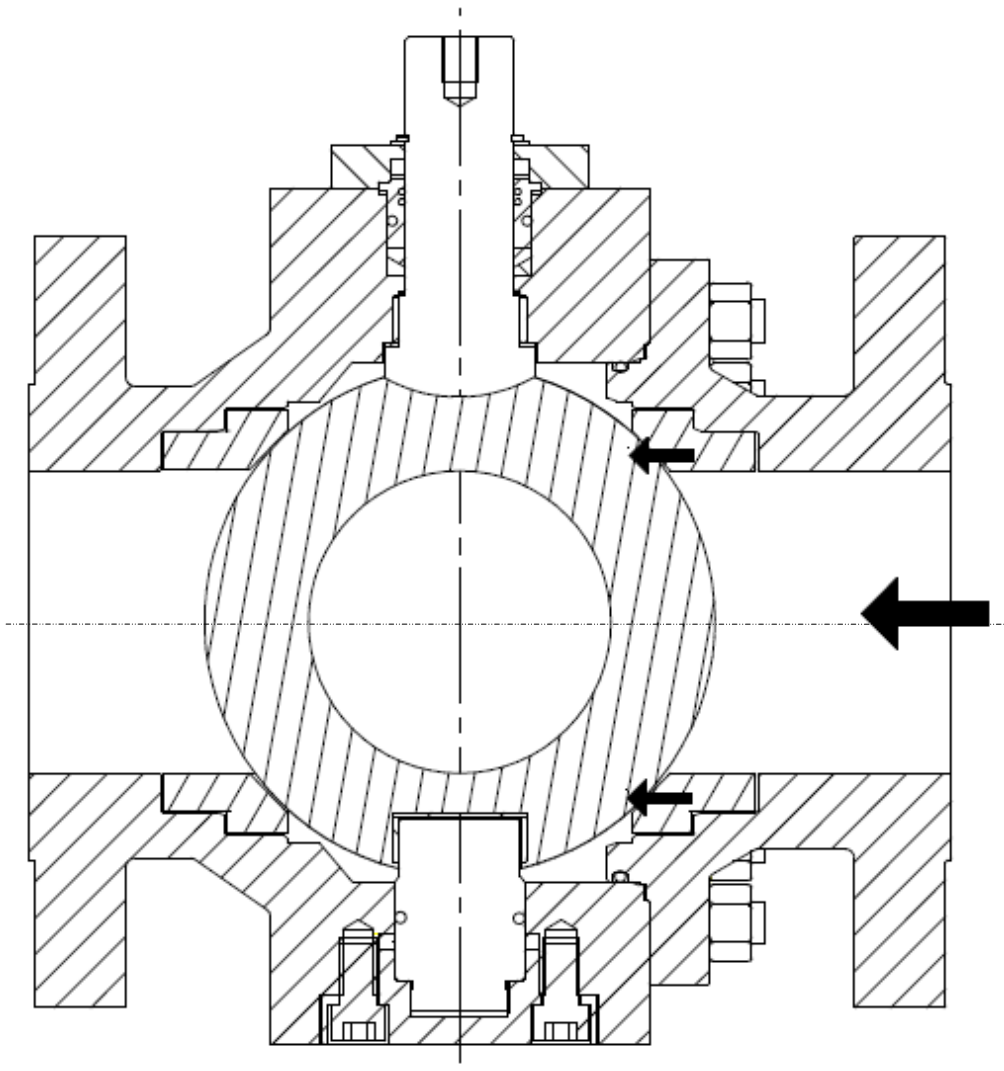


Figura 6 – *Trunnion ball valve*

La figura 6 mostra com la pressió del fluid és la causant del desplaçament dels seients primaris cap a la bola.

El disseny anomenat *double piston effect* (figura 7) és el següent pas evolutiu de les *trunnion ball valves*. Per a vàlvules a alta pressió el seient primari no tanca al 100% contra la bola, de manera que es produeix fuga de fluid. Aquest fluid s'ubica a la cavitat morta de la vàlvula. La sobrepressió dins la cavitat morta que fa que el seient secundari es desplaci contra la bola, impedit que el fluid surti per la línia o canonada en el mateix sentit d'entrada a la vàlvula.

Les molles del seient primari són les que, en el cas que la pressió del fluid dins la cavitat morta superi la pressió de treball de la vàlvula, desplacen el seient primari separant-lo de la bola. El fluid retorna a la línia o canonada en el sentit contrari del fluid.

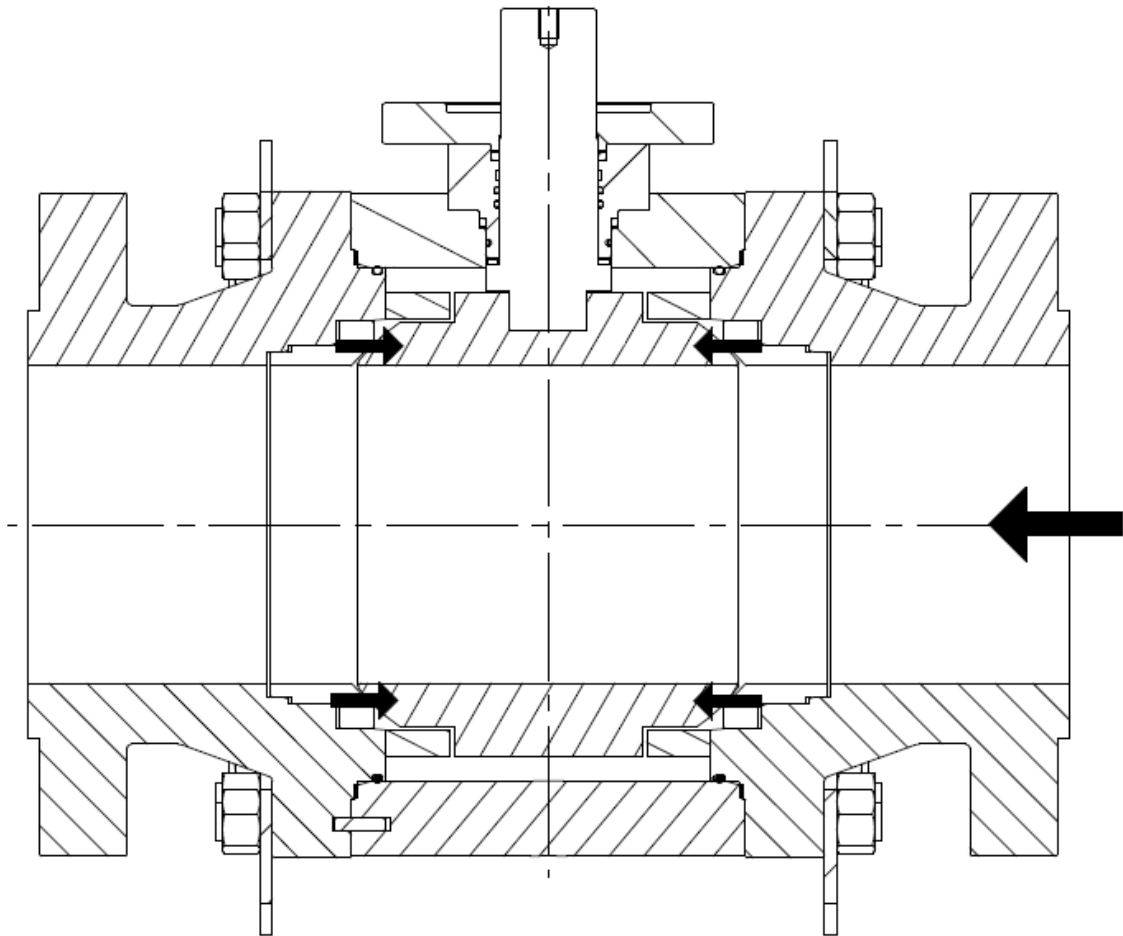


Figura 7 – Double piston effect

La figura 7 mostra com el seient primari no tanca al 100% i el fluid entra a la cavitat morta (espai lliure entre la bola i el cos). La sobrepressió dins de la cavitat morta condueix el seient secundari a tancar contra la bola. Consisteix en el doble tancament proporcionat per l'acció del seient secundari. En el moment en el que el seient primari tanca, es crea una diferència de pressió a la cavitat morta entre la bola i el cos/tapa. Aquesta diferència de pressió condueix el seient primari a tancar contra la bola.

4.4.3 DISSENY ADEQUAT I RAÓ

Floating ball valve, vàlvula recomenada per a aplicacions a alta i baixa pressió i mides de vàlvula petites.

-*Floating ball valves* a baixa pressió: només per a pressions de 150# i 300# i mides fins a 6". Disseny amb la bola totalment lliure i els seients suportats.

-*Floating ball valves* a alta pressió: només per a pressions a partir de 600# i mides fins a 6". Disseny amb la bola semisuportada i els seients suportats.

Trunnion ball valve, vàlvula recomenada per a aplicacions a alta o baixa pressió i mides de vàlvula grans.

-*Trunnion ball valves* per a mides inferiors o iguals a 6" a pressions superiors a 300# i vàlvules a partir de 6" totes les pressions.

L'ús de vàlvules amb bola suportada en aplicacions on es podrien emprar vàlvules amb bola flotant és una inversió perduda, ja que la vàlvula amb bola flotant ja ens estaria oferint bones prestacions. Tanmateix, l'ús de vàlvules amb bola flotant en aplicacions on s'hi haurien d'emprar vàlvules amb bola suportada és perillós. La sobrepressió podria provocar el trencament dels seients, fugues i fins i tot explosió.

La taula 5 resumeix el tipus de disseny adequat per a cada mida i pressió:

Taula 5 – Tipus de dissenys per a cada mida i pressió

MIDES	PRESSIÓ	CONTRUCCIÓ	ECONÒMICAMENT RECOMENABLE
1/2" FINS A 3/4"	150# / 300#	FLOTANT	SÍ
1/2" FINS A 3/4"	600# / 2500#	FLOTANT	SÍ
1" FINS A 6"x4"	150# / 300#	FLOTANT	SÍ
1" FINS A 6"x4"	150# / 300#	SUPPORTADA	NO
1" FINS A 6"x4"	600# / 2500#	FLOTANT	SÍ
1" FINS A 6"x4"	600# / 2500#	SUPPORTADA	NO
6" FINS A 30"	600# / 2500#	SUPPORTADA	SÍ
6" FINS A 8"	150# / 300#	FLOTANT	NO
6" FINS A 8"	150# / 300#	SUPPORTADA	SÍ
10" FINS A 30"	150# / 300#	SUPPORTADA	SÍ

4.4.4 PARTS DE LA VÀLVULA

Les parts principals són les següents: cos, tapa/es, obturador, eix, seients, estopada, juntes i cargols. La següent figura (Figura 8) indica les parts que ha de tenir una vàlvula segons la normativa API 6D.

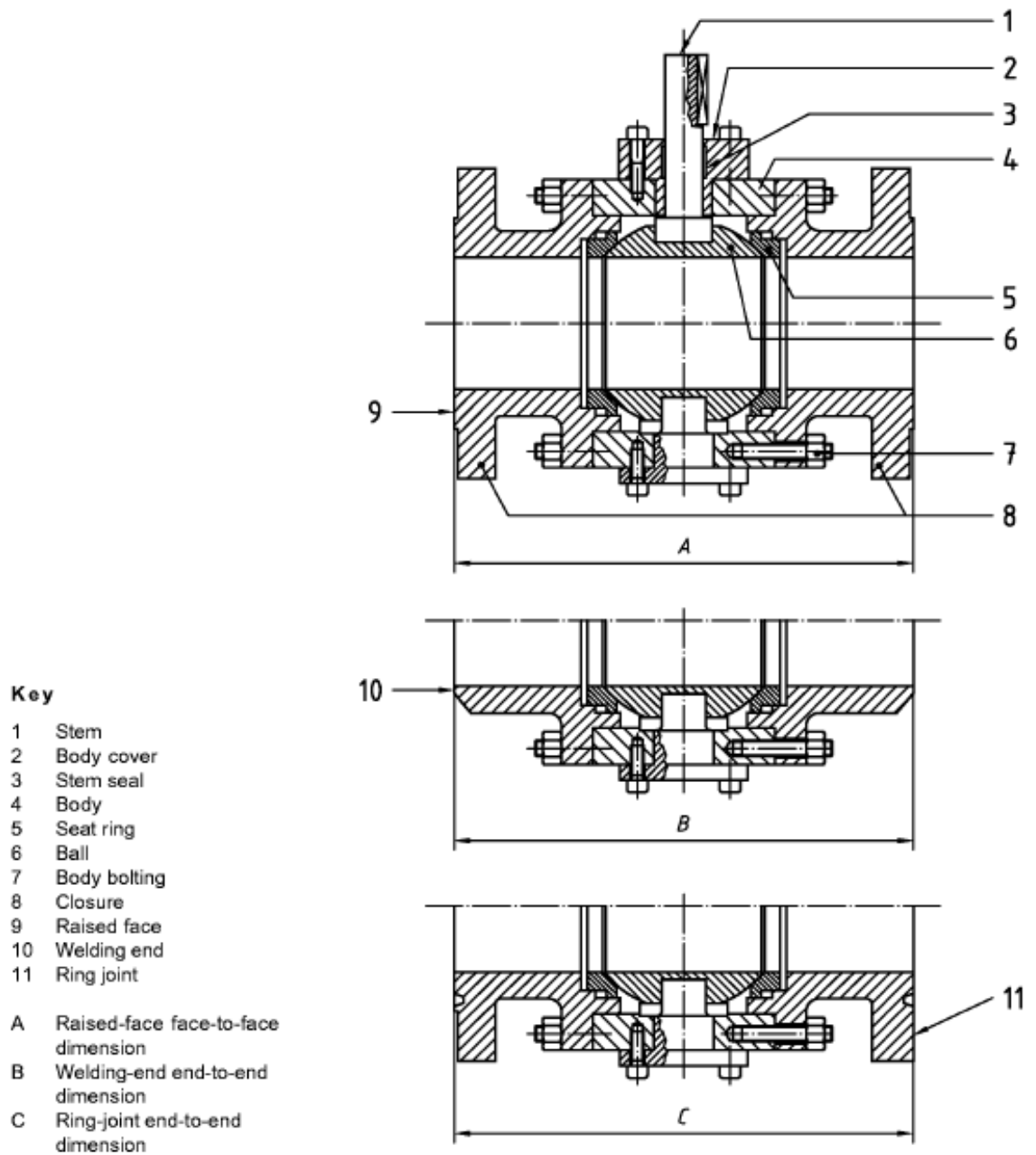


Figura 8 – Parts d’una vàlvula de tres peces segons la normativa API 6D ISO 14313 23rd ed.

La figura 9 indica quines són les parts d'una *trunnion ball valve* més detalladament.

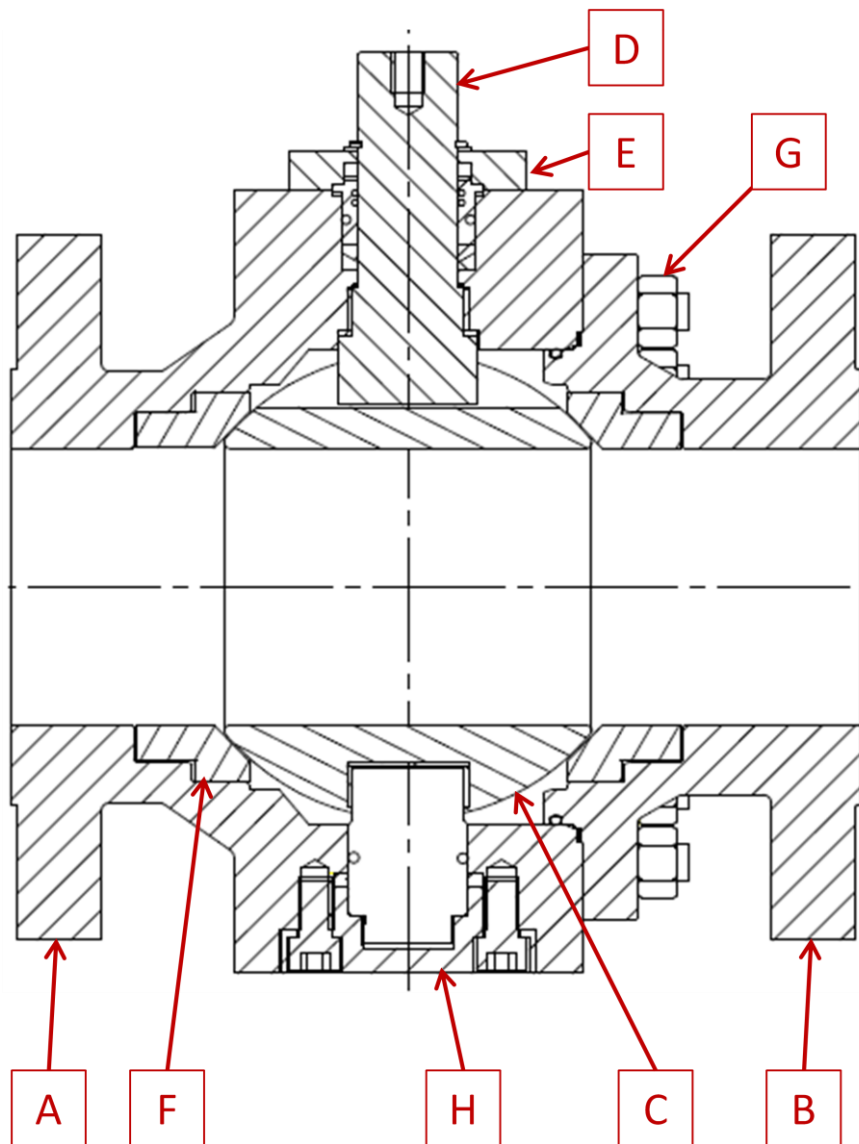


Figura 9 – Parts d'una *trunnion ball valve*

POSICIÓ	NOM
A	COS
B	TAPA
C	BOLA
D	EIX
E	BRIDA SUPERIOR
F	SEIENT
G	CARGOLS
H	TRUNNION

Cal comentar que les *floating ball valves* tenen les mateixes parts que les *trunnion ball valves* menys la posició H.

El terme *trim* s'utilitza globalment per a la designació del conjunt bola-eix. Ambdues parts, bola i eix, causen l'obertura o tancament de pas de fluid, treballant com a una única estructura.

Cos i tapes

A les vàlvules de bola, la construcció és de 2 o 3 peces. Per tant, a part del cos hi ha 1 o 2 tapes. Segons el tipus de vàlvula, la unió de cos i tapa/es es fa mitjançant cargols, soldadura o amb un mecanitzat roscat que permet l'entrada de la tapa dins del cos.

El material del cos (i tapa) sempre ha de ser adequat per a les condicions externes i internes de servei. En el cas que les condicions siguin molt extremes i sigui difícil escollir el material idoni, es pot aplicar un recobriments per tal d'afavorir el comportament del material envers l'ambient (recobriments extern) o envers el fluid (recobriments intern).

Les tapes (en dissenys de tres peces) són les parts de la vàlvula que prenen contacte directe amb la línia o canonada. En dissenys de dues peces són el cos i la tapa els que prenen el contacte.

Obturador

A les *ball valves* hi ha una esfera amb un orifici transversal del mateix diàmetre que el pas de la vàlvula. Està accionada per la part superior mitjançant la seva connexió amb l'eix.

A les *floating ball valves*, la bola no està suportada i té mecanitzat un engranatge a la part superior per tal que l'eix la pugui girar. La bola per a *trunnion ball valve* té un disseny especial per tal d'ésser suportada per les parts superior i inferior d'aquesta (només fins a 6").

A les *trunnion ball valves* de mides inferiors a 6" els mecanitzats superior i inferior és el mateix que en les *floating ball valves* per alta pressió. En mides superiors, la bola no està només suportada pels dos eixos sinó també per dues plaques, una en la part superior i una en la inferior de la bola, per garantir la firmesa posicional de la bola. Això fa que les boles de les *trunnion ball valves* en molts casos es puguin muntar tant per un costat com per l'altre.

A continuació, les figures 10, 11 i 12 mostren els diferents dissenys de boles per a vàlvules de 1-1/2" o DN40.

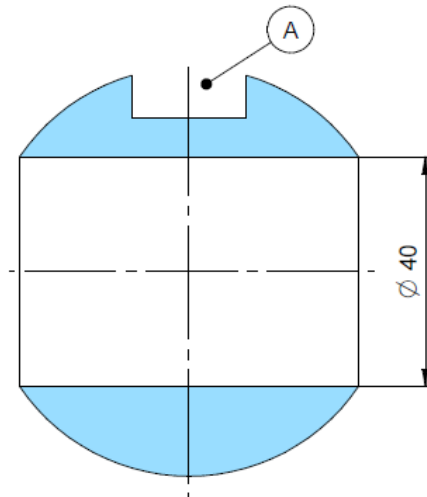


Figura 10 – Bola d'una *floating ball valve*

La bola de la figura 10 només és subjectada per l'eix de la vàlvula, que connecta amb la bola a la posició "A".

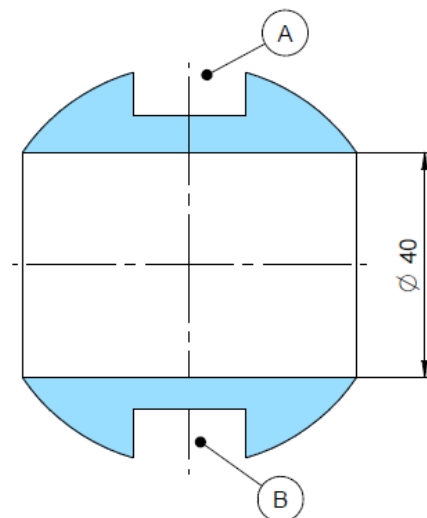


Figura 11 – Bola d'una *trunnion ball valve* fins a 6"x4"

La bola de la figura 11 és subjectada per les parts superior i inferior. La posició superior "A" és l'engranatge on es connecta l'eix de la vàlvula. La posició inferior "B" és l'engranatge on es connecta l'eix inferior de la vàlvula (*trunnion stem*).

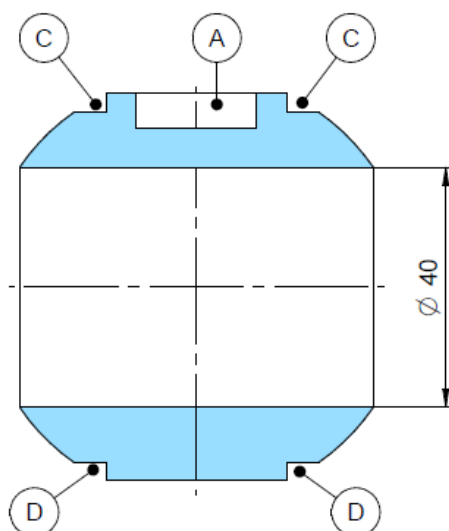


Figura 12 – Simulació del disseny d'una bola d'una *trunnion ball valve* per mides igual o superiors a 6"

A la figura 12 s'introdueix l'adjectiu "simulat" pel fet de no ser un disseny adequat per mida 1-1/2".

La posició "A" és l'engrenatge on es connecta l'eix. Les posicions "C" mostren on la placa de suport superior pren contacte amb la bola. Les posicions "D" mostren on la placa de suport inferior pren contacte amb la bola.

Es mostra que les *trunnion ball valves* per mides superiors a 6" no tenen eix inferior, ja que pel disseny global de la vàlvula la placa inferior exerceix suficient subjecció.

Eix

És la part de la vàlvula que comunica la força de l'operador a l'obturador per tal d'accionar-la. Es recalca la importància de la seva resistència (*MAST*): força que resisteix fins al seu trencament. Ha de ser capaç de rebre la força màxima de l'operador sense trencar-se. El factor de seguretat respecte el parell de la vàlvula (força mínima per tal de començar a girar la bola) ha de ser aproximadament 1,5 per tal de garantir l'accionament.

Seients

Són les parts contra les quals l'obturador transmet la pressió del fluid (*floating ball valves*) o bé les que reben la pressió de l'obturador (*trunnion ball valves*). En ambdós casos es produeix una estanqueïtat total o parcial.

Tenen forma circular amb el diàmetre intern de la mateixa mida que el pas de la bola. El material és plàstic o metàl·lic.

Estopada:

La formen tots els components entre l'operador i l'eix, que permeten la rotació de l'eix amb el parell rebut per l'operador. És un conjunt format per: juntes tòriques o *lip seals*, juntes de termoplàstics, juntes de grafit, juntes metàl·liques, cargols i brida superior de tancament.

L'estanqueïtat a l'estopada és molt important, fins i tot més que l'estanqueïtat entre seient i bola. En el cas de fuga per l'estopada, s'exhibeixen tots els seus materials i possiblement l'òrgan de maniobra al perill que presenti el fluid, com ara la corrosió o les temperatures extremes.

La figura 13 mostra les diferents parts que formen l'estopada:

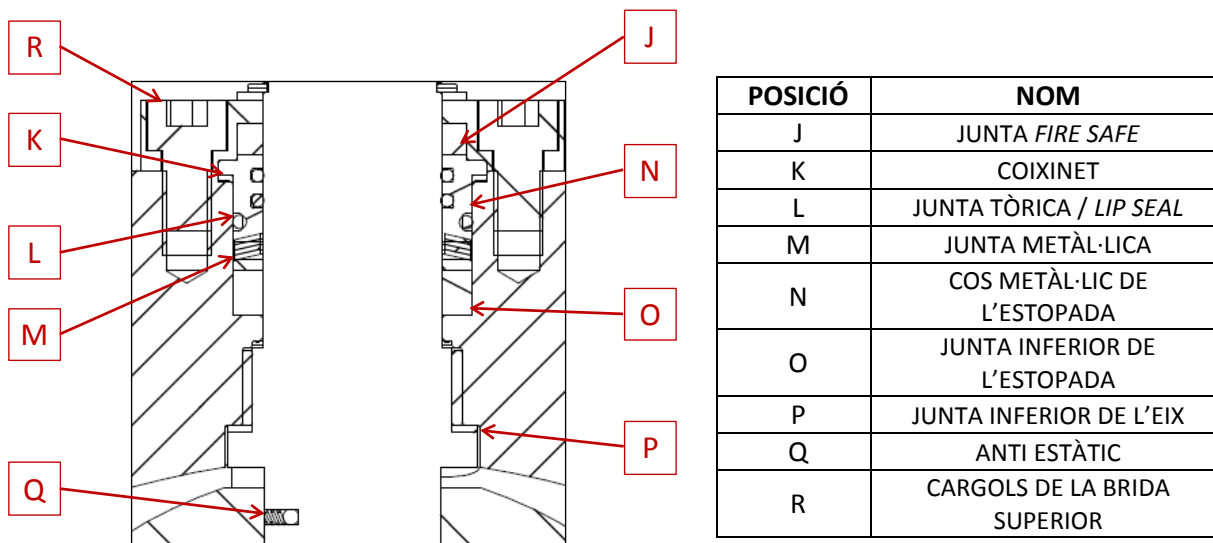


Figura 13 – Parts de l'estopada

4.4.5 JUNTES

Asseguren l'estanqueïtat de la vàlvula i faciliten el retorn dels components de la vàlvula de posició oberta a tancada i viceversa.

4.4.5.1 TIPUS DE JUNTES

Coixinets

Tenen forma plana i el material és un termoplàstic. La seva funció és assegurar el tancament i l'estanqueïtat, aportant la suficient elasticitat el moviment. Es fan servir en parts de la vàlvula amb moviment rotatori o bi-direccional, com ara entorn de l'eix, part amb moviment rotatori que acciona la bola, i els seients de les *trunnion ball valves*, que tenen moviment bidireccional per tal de tancar contra la bola el pas del fluid.

Situació: A l'estopada de *floating ball valves* i a l'estopada i als seients a *trunnion ball valves*.

Juntes de seguretat al foc

Tenen forma plana i el material és grafit. Fan la funció d'assegurar la vàlvula contra el foc (*fire safe seals*). Es troben en parts on, en el possible cas que hi hagués fuga i el fluid estés a alta temperatura, es fondrien i segellarien hermèticament, prevenint que la fuga seguís el seu curs natural.

Situació: A l'estopada i entre cos i tapa a *floating ball valves* i a l'estopada, entre cos i tapa i als seients a *trunnion ball valves*.

Juntes tòriques

Tenen forma toroïdal i el material és elastòmer o combinació elastòmer-termoplàstic (figura 14 i figura 15). S'utilitzen per a aplicacions tant estàtiques com dinàmiques per assolir estanqueïtat tant amb líquids com gasos. Són elements d'estanqueïtat de doble efecte. Primer reben la pressió inicial la qual provoca l'estanqueïtat inicial. Aquesta pressió és addicional a la pressió del sistema, originant un increment de l'estanqueïtat directament proporcional a l'increment de pressió. Quan estan sotmeses a pressió, es comporten com un fluid sotmès a una elevada tensió superficial i la pressió es transmet uniformement en totes les direccions.

Situació: a l'estopada a *floating ball valves* i a l'estopada, seients i entre cos i tapa a *trunnion ball valves*.

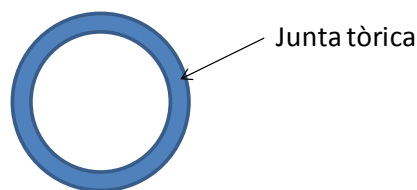


Figura 14 – Secció transversal d'una junta tòrica

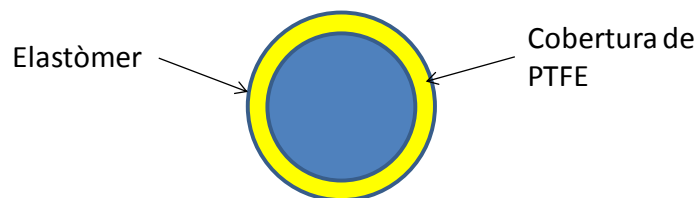


Figura 15 – Secció transversal d'una junta tòrica encapsulada

Juntes lip seals

Les formen una molla metàl·lica helicoidal recoberta per termoplàstic en forma de toroide (figura 16). La funció de la molla és produir una gran força a partir d'una petita deformació de la junta. Tenen excel·lent comportament per a aplicacions estàtiques, tot i que també es fa servir en aplicacions dinàmiques. Són les juntes òptimes per a temperatures criogèniques. A causa del seu cost elevat, es reserven per a aquest tipus d'aplicacions.

Situació: a l'estopada a *floating ball valves* i a l'estopada, seients i entre cos i tapa a *trunnion ball valves*.

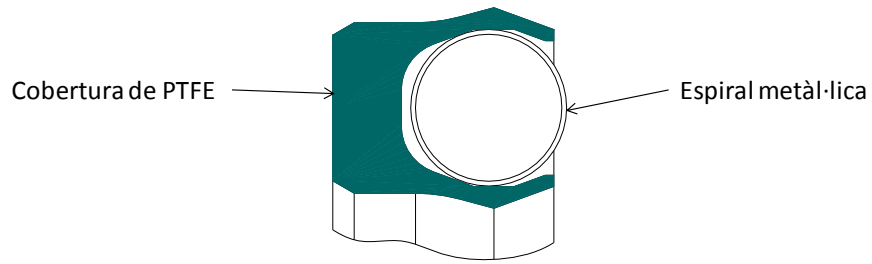


Figura 16 – Secció transversal d'una junta *lip seal*

4.4.5.2 POSICIÓ DELS TIPUS DE JUNTES

Les figures 17, 18 i 19 mostren les posicions dels diferents tipus de juntes dins de l'estructura d'una *trunnion ball valve*. Cal tenir en compte que les *floating ball valves* tenen les mateixes juntes menys les situades a la zona del suport de la bola i els seients.

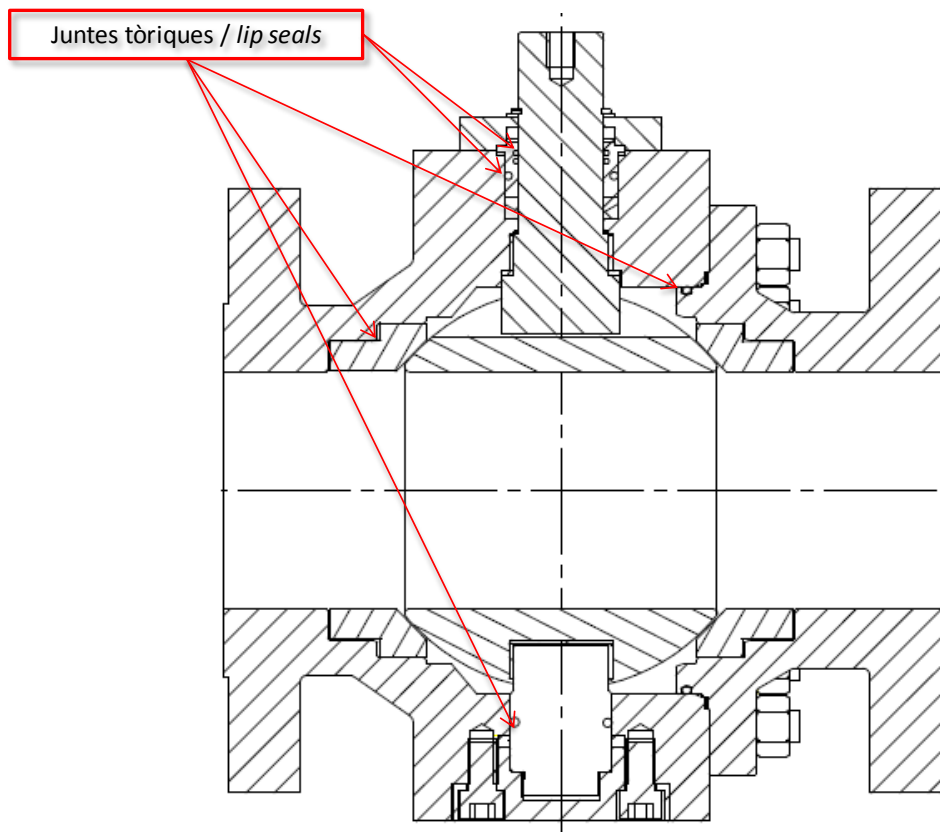


Figura 17 – Posició de juntes tòriques / *lip seals* en una *trunnion ball valve*

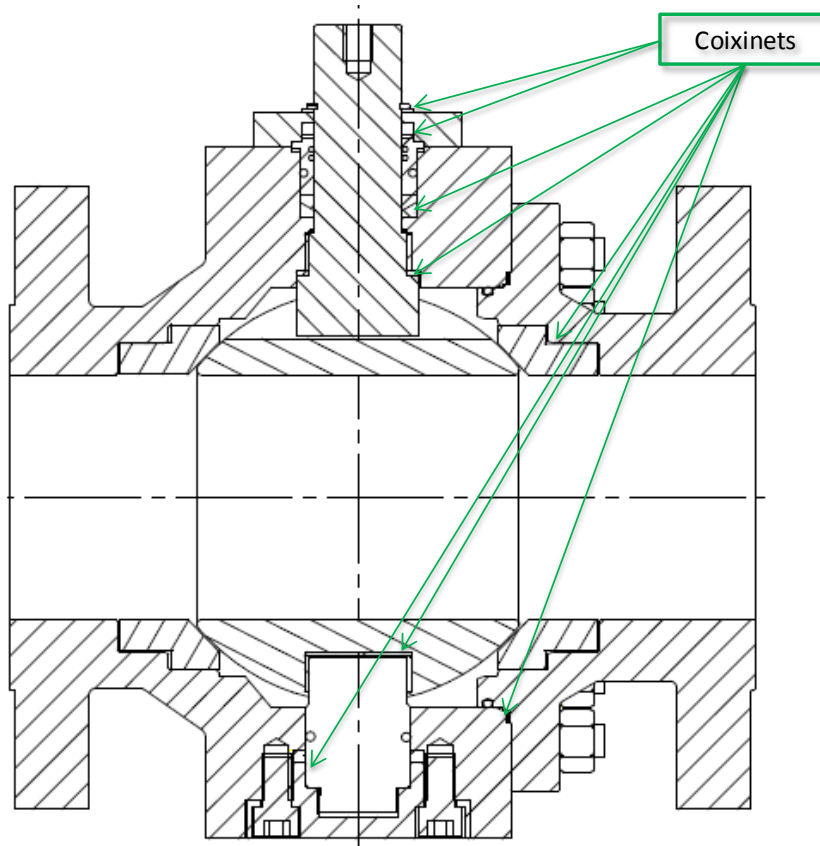


Figura 18 – Posició dels coixinets en una *trunnion ball valve*

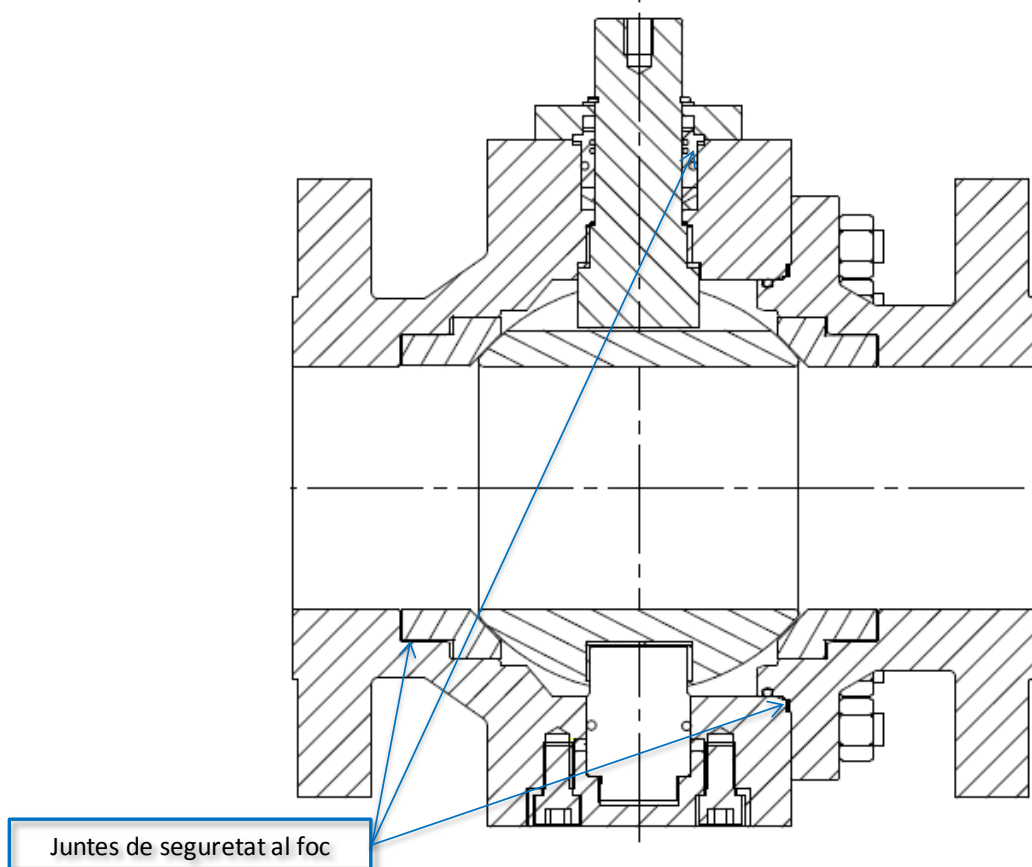


Figura 19 - Posició de les juntes de seguretat al foc en una *trunnion ball valve*

Taula 6 – Relació del tipus de juntes amb la posició en *floating ball valves* i *trunnion ball valves*

TIPUS JUNTA	TIPUS VÀLVULA	POSICIÓ		
		ESTOPADA	COS-TAPA	SEIENTS
TERMOPLÀSTIQUES	<i>FLOATING BALL VALVE</i>	X		
	<i>TRUNNION BALL VALVE</i>	X		X
GRAFIT	<i>FLOATING BALL VALVE</i>	X	X	
	<i>TRUNNION BALL VALVE</i>	X	X	X
TÒRIQUES	<i>FLOATING BALL VALVE</i>	X		
	<i>TRUNNION BALL VALVE</i>	X	X	X
<i>LIP SEALS</i>	<i>FLOATING BALL VALVE</i>	X		
	<i>TRUNNION BALL VALVE</i>	X	X	X

Segons reflecteix la Taula 6, l'estopada és la part de la vàlvula (tant en *floating ball valves* com en *trunnion ball valves*) on s'hi troben tots els tipus de juntes. La raó és l'explicada a l'apartat 4.4.4: l'estanqueïtat de l'estopada és la més important i cercada de tot el disseny de la vàlvula.

Les *trunnion ball valves* tenen més juntes que les *floating ball valves*. La causa és el moviment del seients envers la bola i la mida de la vàlvula.

5 MATERIALS D'UNA VÀLVULA DE BOLA

5.1 ELS MATERIALS I LES SEVES PROPIETATS

L'elecció d'un material o un altre per a una determinada aplicació depèn de les propietats que proporcioni. La primera variable a l'hora d'escollir un material és saber què és el que estem buscant. El que estem buscant és un resultat. Coneixent el resultat, cal buscar quina és la propietat que el pot assolir. Les propietats dels materials vénen donades per la seva composició química. Coneixent la composició, es troba el material idoni.

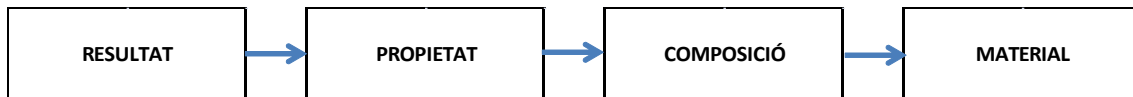


Figura 20 – Diagrama RPCM

A la figura 20 es mostra el procediment que s'ha de fer servir per a la selecció de tot tipus de materials dels quals s'espera una determinada resposta o comportament. S'utilitza aquest diagrama per escollir materials metàl·lics, termoplàstics i elastòmers de les vàlvules de bola.

5.2 MATERIALS METÀL·LICS

A les vàlvules de bola, les parts metàl·liques són les següents:

- Estructura externa (cos, tapes, cargols entre cos i tapes)
- *Trim*
- Juntes metàl·liques de l'estopada
- Cos de l'estopada
- Seients a les *metal seated ball valves*
- Estructura del seient a les *trunnion ball valves*

5.2.1 COMPOSICIÓ

Tenint el compte la figura 20, a continuació es mostren definides les propietats per a cada component que pot constituir un metall:

Carboni (C):

Aporta resistència i duresa, i alhora fragilitat i poca ductibilitat. El contingut en carboni pot ser perjudicial perquè pot formar compostos amb el crom, de manera que aquest deixa d'actuar com a antioxidant, amb perill d'oxidació intergranular (sensitització).

Manganès (Mn):

Element d'addició per neutralitzar la influència del sofre i l'oxigen, que sempre solen contenir els acers quan es troben en estat líquid en els forns durant els processos de fabricació. Actua també com agent desoxidant i evita, en part, que en la solidificació de l'acer es desprenguin gasos que donin lloc a porositats perjudicials al material. És l'element que permet la mecanització de l'acer, ja que evita la formació de sulfurs de ferro. Els acers ordinaris i els acers aliats en els quals el manganès no és element fonamental, solen contenir generalment percentatges de manganès variables de 0,30 a 0,80%.

Ferro (Fe):

Incrementa la resistència a elevada temperatura i redueix el cost dels metalls.

Fòsfor (P):

Disminueix la ductilitat. El fòsfor de ferro és un compost amb un punt de fusió relativament baix (1.370°C) i fràgil. Encara que es considera un element perjudicial en els acers, perquè redueix la ductilitat i la tenacitat, a vegades s'agrega per augmentar la resistència a la tensió.

Sofre (S):

El sofre té una temperatura de fusió de 115°C, que quan forma FeS augmenta fins a 1.195°C a causa de l'acció del ferro. Es considera un element perjudicial però la seva presència és positiva per millorar la mecanització.

Quan el percentatge de sofre supera el 0,04% pot causar porositat.

Silicona:

Està composta en gran percentatge de silici (Si). S'usa com a element desoxidant, augmenta la resistència dels acers baixos en carboni, serveix per augmentar la colabilitat (facilitat per fer colades, fundició). Quant més contingut de carboni, més contingut de silicona. També augmenta resistència a la corrosió, sobretot amb oxidants volàtils.

Crom (Cr):

És un dels elements més emprats per a la fabricació d'acers aliats, en forma de carburs. S'addiciona en quantitats diverses des de 0,30% a 30%, segons els casos, i serveix per augmentar la duresa, la tenacitat i la resistència a la tracció, impedeix les deformacions en el tremp, augmenta la resistència al desgast i aporta inoxidabletat.

Coure (Cu):

Incrementa la resistència en ambients àcids reductors, particularment sulfúrics i fluorhídrics, i a les sals.

Níquel (Ni):

Augmenta la tenacitat, resistència a l'oxidació, fatiga tèrmica, àcids forts i ambients fortament reductors. Es pot emprar en ambients altament corrosiu a alta temperatura.

Fa disminuir els punts crítics i per això els tractaments es poden fer a temperatura lleugerament més baixa que la que correspon als acers ordinaris.

A més d'aquests elements que són els bàsics que formen els acers, també poden tenir petits percentatges d'altres elements que els aporten propietats especials.

Nitrogen (N):

Promou la formació d'austenita (aportant estabilitat de l'estructura metàl·lica) augmenta la resistència a la corrosió tipus *pitting*¹, incrementa també la resistència a la tracció i contrarresta l'acció i propietats del níquel.

Molibdè (Mo):

Augmenta l'enduriment, la tenacitat, resistència a alta temperatura, a la tensió i a la corrosió tipus *pitting*⁽¹⁾ i *crevice*² en ambients clorats i corrosius per àcids sulfúric, fosfòric i clorhídric.

¹ *Pitting corrosion* és el tipus de corrosió més destructiva i difícil de detectar. Inicia l'agressió produint petits forats a la superfície del metall que actuen com a ànodes.

² *Crevice corrosion* és un tipus de corrosió electroquímica fàcil de localitzar. Es presenta en forma d'esquerdes.

Titani (Ti), niobi (Nb) i tantalum (Ta):

Es troben als acer amb baix percentatge. Disminueixen el perill de sensitització i eliminen la corrosió intergranular.

Coure (Cu):

Augmenta la resistència a l'àcid sulfúric.

Alumini (Al):

Augmenta la resistència a la corrosió.

5.2.2 CLASSIFICACIÓ DELS METALLS

Els grups principals en els que es divideixen els metalls són: metalls ferrítics i metalls no ferrítics. Dins dels metalls ferrítics es troba el subgrup dels acers inoxidable, el grup amb més pes dins del món de les vàlvules de bola.

5.2.2.1 METALLS FERRÍTICS

El ferro (Fe) és el metall estructural per excel·lència. Les seves propietats principals són les següents:

- Temperatura de fusió 1538°C
- Densitat elevada (7,87 g/cm³)
- Ferromagnètic
- Bon conductor tèrmic i elèctric
- Dúctil i maleable
- S'oxida amb molta facilitat

És el quart element més abundant en l'escorça terrestre i tant les tècniques d'extracció com els aliatges són econòmics.

L'acer és el metall ferrític bàsic. La seva composició és pràcticament tota de ferro, amb petites quantitats de carboni i d'altres elements que s'han incorporat en el procés d'obtenció, ja que el ferro pur no presenta bones propietats mecàniques. Les seves propietats principals són les següents:

- Baix cost
- Resistència als impactes superior que el ferro pur
- Ferromagnètic igual que el ferro pur
- Mateixa conductivitat tèrmica i elèctrica
- Més elàstic, dúctil i maleable que el ferro pur

5.2.2.1.1 ACER AL CARBONI

L'acer més utilitzat és l'acer al carboni (*carbon steel*).

- El contingut màxim de carboni és 0,35%.
- El contingut de fòsfor, sofre, sílice i vanadi no superen cadascun el 0,1%
- El contingut de manganès, coure, níquel, crom i molibdè no superen cadascun el 0,4%, essent la suma del contingut de crom i molibdè no superior a 0,32%.
- La suma dels continguts en coure, níquel, crom, molibdè i vanadi no pot superar l'1%.

Els acers al carboni no s'han desenvolupat gaire durant els darrers anys. Solen ser molt més econòmics que els acers inoxidable, fet que els fa ser escollits sobretot per a aplicacions on el fluid no és agressiu i les condicions de treball no són extremes. En el cas que les condicions externes o les internes no siguin inofensives per al material, no es recomana fer servir acer al carboni, a causa de la seva conseqüent degradació. Tot i no suportar condicions extremes, existeix el grau d'acer per baixa temperatura (*low temperature carbon steel*) que és

capaç de treballar fins a -101°C , quan el grau *carbon steel* resisteix fins als -29°C . La taula 7 detalla la composició de l'acer al carboni i l'acer al carboni per baixa temperatura.

Taula 7 – Composició de *Carbon steel (CS)* i *Low temperature carbon steel(LTCS)*

FAMÍLIA	UNS No.	METALL	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cr	%Ni	%Mo	%Cu	%Va
CS	K30504	A105N	0,35%	0,65-1,05%	0,04%	0,04%	0,1-0,35%	0,40%	0,40%	0,12%	0,30%	0,08%
LTCS	J02505	LF2	0,30%	0,60-1,35%	0,04%	0,04%	0,15%-0,30%	0,30%	0,50%	0,12%	0,40%	0,08%

5.2.2.1.2 ACERS INOXIDABLES (*STAINLESS STEEL*)

Els acers inoxidablels estan formats per crom, nitrogen, níquel, manganès, fòsfor i altres components que aporten la seva característica resistència a la corrosió en condicions extremes.

Els acers inoxidablels són una opció atractiva per a una àmplia gama d'aplicacions. Al llarg dels últims 20 anys i a causa de les necessitats creades per la indústria dels metalls i totes les empreses que en deriven, s'ha aprofundit en l'estudi de les propietats mecàniques i físiques i en la inversió del desenvolupament dels diferents graus d'acers inoxidablels tenint en compte l'optimització del balanç cost-efectivitat i potenciar el poc impacte medioambiental.

A continuació es mostren les definicions, composicions, propietats i exemples dels graus de la gama d'*stainless steel*.

Acer inoxidablel austenístic (*austenitic stainless steel*)

Els metalls d'aquest grup tenen com a mínim 16% de crom i 6% de níquel. El rang d'austenístics comença en el grau bàsic 304 i arriba fins als graus anomenats "super-austenístics". Els elements addicionals com el molibdè, titani o coure milloren o modifiquen les propietats del metall per tal de ser adequades per aplicacions concretes.

Els acers inoxidablels austenístics tenen com a propietat destacable el bon comportament en condicions criogèniques i en condicions d'alta temperatura. L'efecte del níquel redueix la fragilitat pròpia dels acers a baixes temperatures. Presenten bona ductibilitat i soldabilitat. La taula 8 mostra els graus principals d'acers inoxidablels austenístics i les seves propietats més destacades.

Taula 8 – Acers inoxidable austenètics

Grau bàsic	304				
Increment de la resistència a alta temperatura		310	S30815		
Increment de la resistència a la corrosió		316	317	904L	6Mo (S31254)
Increment de la soldabilitat		316L	304L	321	
Increment de la soldabilitat		308L	347		
Augment de la facilitat per al mecanitzat		303			
Increment de la resistència a baixa temperatura		302HQ			

Composició:

- C entre el 0,02% i el 0,08%
- Mn entre el 0,01% i el 0,06%
- P entre el 0,03% i el 0,045%
- Si de l'1%
- Cr entre el 16% i el 23%
- Ni entre el 8% i el 18%

Exemples: SS ASTM A479 316, SS ASTM F182 F316, SS ASTM A351 CF8.

Acer inoxidable martensític (*martensitic stainless steel*)

Els martensítics es defineixen per tenir un contingut de carboni elevat i un contingut de crom inferior, comparats amb la resta de *stainless steel*, essent com a màxim 0,18% C i 13,5% Cr. Tot i no tenir un contingut de crom gaire elevat, la resistència a la corrosió és excel·lent en el grau 431, molt bona en el 410 i bona a la resta de graus. El contingut elevat de carboni és la causa de la baixa resistència a les baixes temperatures i als fluids clorats.

La combinació de la duresa i la resistència mecànica fa que sigui un dels graus més interessants per a la fabricació d'eixos i engranatges. La taula 9 mostra els graus principals d'acers inoxidable martensítics i les seves propietats més destacades.

Taula 9 - Acers inoxidable martensítics

Grau bàsic	410			
Duresa superior		420		
Increment de la resistència a la corrosió i de la duresa		431		
Increment de la duresa després de tractament tèrmic		440A	440B	440C
Augment de la facilitat per al mecanitzat		416		

Composició:

- C entre el 0,1% i l'1%
- Mn entre el 0,01% i el 0,02%
- P de l'1%
- Si fins a l'1%
- Cr entre el 14% i el 17%
- Ni del 2%

Exemples: SS ASTM A479 410, SS ASTM A216 CA-15, SS ASTM A479 XM-30.

Acer inoxidable ferrític (*ferritic stainless steel*)

Generalment tenen una moderada resistència a la corrosió, bastant baixa en el grau bàsic i elevada en alguns graus superiors com el 404 (millor resistent a la *pitting corrosion* que el 304). Aquesta propietat i la seva difícil mecanització, fan els graus bàsics no siguin escollits a la majoria d'aplicacions industrials i/o mecàniques. Els graus superiors estan enriquits de manera que aquestes propietats febles milloren, fet que fa que els graus superiors dels acers inoxidables ferrítics, com ara el 434, s'utilitzin per a més aplicacions. Els graus superiors, a part de tenir millor resistència a la corrosió, tenen també més ductibilitat i soldabilitat.

Tenen la mateixa microestructura ferrítica que l'acer al carboni, de manera que a baixes temperatures tendeix a debilitar-se. Tampoc són bons resistent a les altes temperatures. La taula 10 mostra els graus principals d'acers inoxidables ferrítics i les seves propietats més destacables.

Taula 10- Acers inoxidables ferrítics

Grau bàsic	430		
	Increment de la resistència a la corrosió i de la soldabilitat	444	
	Augment de la tenacitat	409	3CR12
	Augment de la facilitat per al mecanitzat	430F	

Composició:

- C entre el 0,06% i l'0,12%
- Mn de l'1%
- P entre 0,04% i 0,05%
- Si del 0,03%
- Cr entre el 11,5% i el 19%
- Ni del 0,05%

Exemples: ASTM A479 430, ASTM A479 444, ASTM A479 409

Duplex stainless steel (DSS)

Els *duplex stainless steel* són una combinació dels grups ferrític i austenític i, per tant, conjuguen propietats d'ambdós grups:

- Tenacitat superior que els ferrítics però inferior que els austenítics
- Resistent al *stress corrosion cracking*, però no tant com els ferrítics
- Molt més forts que els austenítics i que els ferrítics
- Resistència a la corrosió general igual o superior que els austenítics
- Resistència a la *pitting corrosion* superior que els austenítics
- Resistència a ambients clorats superior que els ferrítics i que els austenítics
- Resistència a altes temperatures inferior que els ferrítics i que els austenítics
- Resistència a temperatures criogèniques inferior que els ferrítics i que els austenítics

Els graus anomenats *superduplex* (SDSS) són, dins dels *duplex stainless steel* els més resistents a la corrosió.

Composició:

- C entre el 0,1% i l'0,3%
- Mn entre el 1,2% i el 2%
- P de l'0,03%
- Si fins a l'1%
- Cr entre el 21% i el 26%
- Ni entre el 0,08% i el 0,3%

Exemple de graus de metalls inoxidable dúplex: DSS ASTM A479 S31803, SDSS ASTM A479 S32750, DSS ASTM A995 4A, SDSS ASTM A995 5A.

Acer inoxidable endurit per precipitació (*precipitation-hardening stainless steel*)

Dins dels acers inoxidable, són els que s'han desenvolupat per aconseguir una resistència a la tracció superior. L'alt contingut de crom i níquel fan possible aquesta propietat. Com que aquest grup s'ha creat per tal de tenir *stainless steel* amb superior resistència a la tracció, no ha estat tractat amb components que millorin la resistència a altes i baixes temperatures, ni la resistència a la corrosió ni a solucions clorades. Per tant, el seu comportament envers aquestes condicions és pitjor que el d'altres *stainless steels*.

Composició:

- C del 0,04%
- Mn 0,4% i el 0,6%
- P de l'0,02%
- Si fins a l'1%
- Cr del 16%
- Ni fins al 5%

Exemple: SS ASTM A479 17-4PH (630), SS ASTM A479 16-6PH.

Taula 11 - Comparativa dels graus d'acers inoxidables i les seves propietats

FAMÍLIA	UNS No.	NOM COMÚ	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cr	%Ni	%N	%Mo	ALTRES ELEMENTS
FERRÍTICS	S40500	405	0,08%	1,00%	0,05%	0,03%	1,00%	11,5%-14,5%	0,05%			Al 0,10%-0,30%
	S43000	430	0,12%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	16%-18%				
	S43400™	434	0,07%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	16,50%			1%	
	S43600	436	0,06%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	16,80%			1%	Cb 0,40%
	S43900	439	0,07%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	17%-19%				Ti 0,30%, Al 0,15%
MARTENSÍTICS	S40300	403	0,15%	1,00%	0,04%	0,03%	0,50%	11,5%-13%				
	S41000	410	0,15%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	11,5%-13,5%				
	S41040	XM-30	0,18%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	11,5%-13,5%				Cb 0,05-0,30%
	S41400™	414	0,15%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	11,5%-13,5%	1,25%-2,50%			
AUSTENÍTICS	N08904	904L	0,02%	2,00%	0,05%	0,04%	1,00%	19%-23%	23%-28%	0,10%	4%-5%	Cu 1%-2%
	S20910	XM-19	0,06%	4-6%	0,05%	0,03%	1,00%	20,5-23,5%	11,5%-13,5%	0,2-0,4%	1,5-3,0%	Cb 0,1-0,3%
	S31600	316	0,08%	2,00%	0,05%	0,03%	1,00%	16-18%	10-14%	-	2-3%	
	S31603	316L	0,03%	2,00%	0,05%	0,03%	1,00%	16-18%	10-14%			
	S30400™	304	0,08%	2,00%	0,05%	0,03%	1,00%	18%-20%	8-10,5%			
	S30403	304L	0,03%	2,00%	0,05%	0,03%	1,00%	18%-20%	8-12%			
	S31254	254-SMO	0,02%	1,00%	0,03%	0,01%	0,80%	19,5-20,5%	17,5-18,5%	0,18-0,22%	6-6,5%	Cu 0,50-1%
ACERS INOXIDABLES ENDURITS PER PRECIPITACIÓ	S17400™	630 (17-4PH)	0,07%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	15%-17%	3%-5%			Cu 3%-5%
	S15700	632	0,09%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	14%-16%	6,50%-7,75%		2-3%	Al 0,75%-1,5%
	S15500	XM-12	0,07%	1,00%	0,04%	0,03%	1,00%	14%-15,5%	3,5%-5,5%			Cu 2,5-4,5%
	S45500	XM-16	0,03%	0,05%	0,02%	0,02%	0,50%	11-12,5%	7,5%-9,5%		0,50%	Ti 0,9%-1,4% / Cu 1,5%-2,5%
	S45000	XM-25	0,05%	1,00%	0,03%	0,03%	1,00%	14%-16%	5%-7%		0,50%-1,00%	Cu 1,25%-1,75%
AUSTENÍTICS-FERRÍTICS (DÚPLEX I SUPERDÚPLEX)	S31803	S31803	0,03%	2,00%	0,03%	0,02%	1,00%	21%-23%	4,5-6,5%	0,08-0,2%	2,5-3,5%	
	S32101	S32101	0,04%	4%-6%	0,04%	0,03%	1,00%	21%-22%	1,35%-1,70%	0,20-0,25%	0,1-0,8%	Cu 0,10%-0,80%
	S32750	S32750	0,03%	1,20%	0,04%	0,02%	0,80%	24%-26%	6%-8%	0,24-0,32%	3-5%	Cu 0,05%
	S32760	S32760	0,03%	1,00%	0,03%	0,01%	1,00%	24%-26%	6%-8%	0,20%-0,30%	3%-4%	Cu 0,05%-1,00% / W 0,50%-1,00%

5.2.2.2 MATERIALS METÀL·LICS NO FERRÍTICS

Per a algunes aplicacions és possible que el ferro no aporti les propietats necessàries. La seva poca resistència a la corrosió, baixa conductivitat elèctrica i elevada densitat fan que s'hagin desenvolupat aliatges sense base ferrosa.

Tot i que els aliatges no ferrítics no poden igualar la resistència, tenen millor resistència a la corrosió en condicions ambientals normals, baix pes específic, són tous i presenten facilitat per a la manipulació i mecanització.

Els metalls no ferrítics es divideixen en tres grans grups segons la densitat:

- Pesats: Densitat igual o superior a 5kg/dm^3 .
Estany, coure, plom, crom, níquel, volframi, cobalt
- Lleugers: Densitat entre 2 i 5kg/dm^3 .
Alumini, titani
- Ultralleugers: Densitat menor a 2kg/dm^3 .
Magnesi i berili.

En moltes aplicacions industrials i tecnològiques, els materials metàl·lics no ferrítics substitueixen als ferrítics, com ara el coure, l'alumini, el plom, l'estany i el zinc. Aquestes metalls gairebé mai es fan servir en el seu estat pur, sinó formant aliatges.

A continuació, es descriuen els aliatges més emprats dins de l'àmbit industrial.

5.2.2.2.1 Aliatges amb base de coure

El coure és un dels metalls no ferrítics més utilitzats dins de la indústria, però no en les vàlvules de bola. Les raons principals del seu èxit industrial són l'elevada conductivitat el·lèctrica i tèrmica, ductilitat superior que el ferro i l'excel·lent resistència a la corrosió i a l'oxidació. A l'intempèrie s'oxida i forma una capa superficial d'òxid verd.

Els **cuproníquels** són aliatges de dos components que tenen una elevada resistència i duresa per sí sols: Cu i Ni. En el punt de concentracions intermèdies l'aliatge en tindrà el valor màxim. És per això, que la composició dels cuproníquels sol ser entre el 40% i el 50%.

Els "**bronzes al fòsfor**" (denominació comercial) són aliatges entre Sn i Cu, amb propietats molt semblants als cuproníquels, però amb un menor coeficient de fricció i menor desgast.

Els **llautons** són aliatges amb base de Cu i Zn. D'acord amb el seu diagrama de fases, no són metalls amb alta solubilitat, de manera que presenten propietats diferents depenent de les seves concentracions i de la temperatura. N'hi ha que es treballen en fred i n'hi ha que es treballen en calent.

5.2.2.2 Aliatges amb base d'alumini

La baixa densitat de l'alumini en comparació amb altres metalls com ara el ferro, el comportament no magnètic, el fet de ser el segon element més abundant a l'escorça terrestre, les bones conductivitats elèctriques i tèrmiques, resistència a la corrosió, bona ductilitat i cost menor que altres metalls no ferrítics, fan que sigui el metall no ferrític més emprat per a les vàlvules de bola.

L'aliatge amb base d'alumini més utilitzada en *ball valves* és l'anomenat "alumini bronze" (nom comercial). La seva composició no és Al-Cu, essent el percentatge l'alumini entre 10% i 11,5% i el percentatge de coure aproximadament un 80%.

La taula 12 detalla aliatges Al-Cu més utilitzats i la seva composició.

Taula 12 – Aliatges Al-Cu i la seva composició

GRAU	COMPOSICIÓ
C95200	Cu 88% / Al 3%
C95300	Cu 89% / Al 10%
C95400	Cu 85% / Al 11%
C95410	Cu 84% / Al 10%
C95500	Cu 81% / Al 11%
C95520	Cu 79% / Al 11%
C95600	Cu 91% / Al 7%
C95700	Cu 75% / Al 8%
C95800	Cu 81% / Al 9%
C95820	Cu 79% / Al 10%
C95900	Cu 88% / Al 13%

El coure i l'alumini, sobretot el primer, són els dos elements amb més percentatge a la composició dels alumini-bronze. Altres elements, amb percentatges molt menors que els formen són:

- Ferro (entre 0,8% i 5%)
- Manganès (entre 0,5% i 3,5%, amb l'excepció del grau C95700, el manganès-níquel alumini-bronze, que conté entre 11% i 14%)
- Níquel (entre 0,25% i 5,8%)
- Sílice (entre 0,1% i 3,2%)
- Crom com a màxim 0,05%
- Cobalt com a màxim 0,2%
- Zn com a màxim 0,30%.

5.2.2.3 Aliatges amb base de níquel

El níquel és l'element que dona lloc a la gama més extensa d'aliatges aplicada a l'àmbit industrial. Té una especial tolerància a l'aliatge en solució sòlida i proporciona estabilitat mecànica. Té una estructura cristal·lina semblant a la dels acers inoxidable austenístics fins al

punt de fusió, de manera que presenta menys problemes a l'hora de sotmetre'l a tractaments mecànics que altres metalls. És resistent a una gran varietat d'ambients corrosius, sobretot en ambients reductors. La seva presència als aliatges fa augmentar la resistència al *stress corrosion cracking*³, particularment en ambients clorats i reductors.

Els elements amb els que el níquel forma aliatges són els següents: Cu, Al, Mo, Ti, Fe, Cr, Nb i W. A la taula 13 es descriuen les bases d'aliatge i les addicions que formen la família de les aliatges amb base de níquel. Els metalls en negreta marquen els graus més utilitzats en la fabricació de vàlvules de bola. Les seves propietats estan descrites posteriorment a la taula.

Taula 13 – Família d'aliatges amb base de níquel

BASE DE L'ALEACIO	METALL 1	ADDICIÓ 1	METALL 2	ADDICIÓ 2	METALL 3
Ni-Cu	Monel 400™	Al-Ti	Monel K-500™		
Ni-Fe-Cr	Inconel 800™	Mo-Cu	Inconel 825™, alloy 20	Mo	Inconel G-3™, Inconel 50™
				N-Mo	Alloy 25 - 6Mo
				Ti-Al	Inconel 925™
Cr-Fe	Inconel 600™	Cr	Inconel 690™		
		Mo-Nb	Inconel 625™	Ti	Inconel 725™
		Ti-Al-Nb-Mo	Inconel 718™		
		Mo-W	Hastelloy C-276™, Inconel 622™	Cr-Mo-W	Inconel 686™

Monel 400™

Té una elevada resistència a la tracció i a la corrosió en una àmplia gama de medis, incloent l'aigua de mar, àcids forts i bases fortes.

Monel K-500™

Les seves propietats són semblants a les del Monel 400™ però té superior resistència a la tracció i duresa.

Inconel 825™

Excel·lent resistència a la corrosió en ambients fortament àcids, oxidants i reductors. S'utilitza en indústries químiques i petroquímiques, d'extracció de fuel i gas i control de contaminació.

Alloy 20

Bona resistència a la corrosió general, *pitting* i *crevice* en ambients amb contingut de clor i àcids forts.

³ Ruptura del material causada per la combinació d'esforços de tensió i ambient corrosiu.

Alloy 25 – 6Mo

Te un 6% de Mo. Resistència molt semblant a la de l'*alloy* 20. Es fa servir a plantes per al tractament d'àcid sulfúric i fosfòric, plantes químiques en general, aplicacions marines, tractament de pastes i paper, control de contaminació i serveis nuclears.

Inconel 625™

Elevada resistència a medis agressius, particularment a la corrosió tipus *crevice* i *pitting* i en ambients oxidants a alta temperatura. Les aplicacions són molt semblants a les del 6Mo.

Inconel 718™

Les propietats destacades d'aquest grau són l'elevada resistència a la tracció fins temperatures elevades (700°C), amb una alta resistència a la corrosió i facilitat per mecanitzar.

Hastelloy C-276™

Elevada resistència en ambients reductors i oxidants. Resistent també a l'*stress corrosion cracking*. Es destaca el seu ús en indústries químiques i de tractament de substàncies contaminants.

Taula 14- Composició de les aliatges amb base de níquel

UNS No.	METALL	%Fe	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cr	%Ni	%Mo	%Al	PERCENTATGE D'ALTRES ELEMENTS
N08825	INCONEL 825™	22,00%	0,05%	1,00%	0,03%	0,03%	1,00%	19,5%-23,5%	38%-46%	2,50%-3,50%		Cu 1,5%-3,5% / Nb 0,6%-1,20%
N06625	INCONEL 625™	5,00%	0,10%	1,00%	0,02%	0,02%	1,00%	20%-23%	58,00%	8,00%-10,00%		Nb 3,15%-4,50%
N04400™	ALLOY 400™	2,50%	0,30%	2,00%		0,02%	0,50%		63,00%			Cu 28%-34%
N05500	ALLOY K-500™	2,50%	0,25%	1,50%		0,01%	0,50%		63,00%			Ti 0,35%-0,85%
N07718	INCONEL 718™	17,00%	0,08%	0,35%	0,02%	0,02%	0,35%	17,00%-21,00%	50-55%	2,80%-3,30%	0,20%-0,80%	Ti 0,65%-1,15% / Al 0,2%-0,8% / Cu 0,03%
N10276	HASTELLOY C-276™	4,00-7,00%	0,01%	1,00%	0,04%	0,03%		14,50%-16,50%	57,00%	15,00%-17,00%		W 3%-4,5% / Co 2,5% / V 0,35%
N08020	ALLOY 20	< 0,03%	0,07%	2,00%	0,05%	0,04%	1,00%	19,00%-21,00%	32,00%-38,00%	2,00%-3,00%		Cu 3%-4%
N08925	ALLOY 25-6MO	< 0,03%	0,02%	2,00%	0,03%	0,01%	0,50%	19,00%-21,00%	24,00%-26,00%	6,00%-7,00%		Cu 0,5%-1,5%

5.3 MATERIALS DE JUNTES

5.3.1 COIXINETS

El material dels coixinets és sempre PTFE pur (*PTFE virgin*) o PTFE modificat (PTFE MOD.) (politetrafluoroetilè) menys en el cas que el material dels seients sigui PEEK.

5.3.1.1 PTFE pur

El PTFE és un polímer termoplàstic. És un material no elàstic que destaca per la resistència química i elèctrica. La resistència química supera la de tots els elastòmers i termoplàstics. Les propietats d'aïllament elèctric són excel·lents. És gairebé independent de la freqüència elèctrica i de les influències exercides per la temperatura i les condicions meteorològiques.

Té l'habilitat de ser resistent a una àmplia gama de combinacions químiques com per exemple el gas i olis corrosius, bases i àcids forts i alcohols entre altres. D'altra banda, no és resistent als hidrocarburs aromàtics, hidrocarburs clorats, acetats orgànics i refrigerants orgànics. Sota servei amb aquests fluids, a pressions i temperatures elevades pateix un lleu increment de la secció i és atacat per l'agressivitat del fluid.

Dades tècniques:

- Densitat: 2,16 g/cm³
- Rang màxim de temperatura: -200 / +260°C
- Resistència a la tracció: 27 MPa
- Allargament màxim (abans de la ruptura): 60%



Molecular structure of conventional, unmodified PTFE

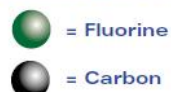


Figura 21 – Estructura molecular del PTFE pur

5.3.1.2 PTFE modificat

El grau de PTFE més emprat a les vàlvules de bola és el PTFE modificat (PTFE MOD.). L'estructura del PTFE modificat és la mateixa que la del PTFE pur amb la incorporació del perfluoropropil vinyl èter (PPVE). És el mateix modificador químic que s'utilitza al fluorotermoplàstic PFA™⁴. El contingut de PPVE és menor de l'1%. Per aquesta raó la ISO 12086 el classifica com a homopolímer. A causa de fer servir el mateix agent modificador, les propietats del PTFE modificat són molt semblants a les del PFA™ sense perdre les del convencional PTFE.

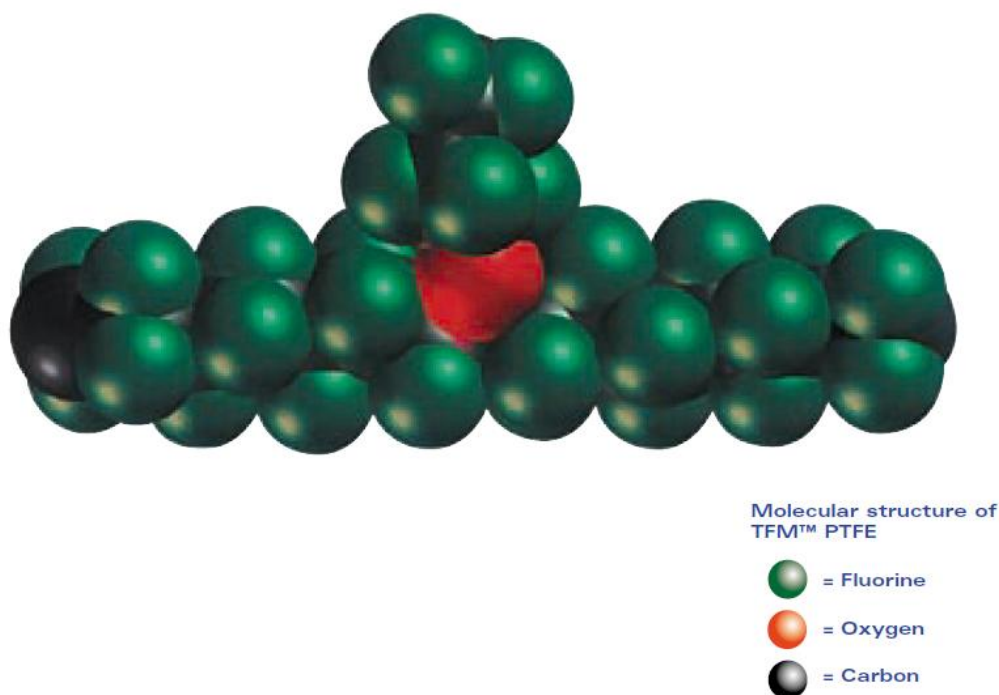


Figura 22 – Estructura molecular del PTFE modificat

El pes molecular del PTFE modificat és cinc vegades menor que el PTFE pur.

Durant la sintetització, el PTFE modificat assoleix millor fusió entre les partícules, essent estructuralment més dens. La densitat estructural causa menor permeabilitat, menor pes molecular (cinc vegades menor que el PTFE pur) reducció de la deformació sota pressió i superfícies més fines. La baixa permeabilitat és un avantatge, sobretot davant de condicions corrosives. L'acció del PPVE causa totes aquestes bones propietats i conserva la compatibilitat química i estabilitat tèrmica del PTFE pur.

Dades tècniques:

- Densitat: 2,08 g/cm³
- Rang màxim de temperatura: -200 / +260°C
- Resistència a la tracció: 33 MPa
- Allargament màxim (abans de la ruptura): 60%

⁴ El PFA™ és un fluorotermoplàstic molt conegut a la indústria de vàlvules de bola. S'empra per a recobriments interns de vàlvules.

5.3.2 JUNTES DE GRAFIT

El contingut és del 99% C i 1% d'impureses. Té excel·lents propietats d'estanqueïtat en tot tipus de fluids, com hidrocarburs, alcohols, bases i àcids forts, etc.

Davant dels canvis tèrmics, no es veu afectat tot i els canvis sobtats de temperatura. És capaç de dissipar bé el calor i té bona conductivitat tèrmica.

Comportament molt adequat per a altes pressions en vàlvules

Dades tècniques:

- Densitat: 1,6 g/cm³
- Rang de temperatura de servei: -245 / +650°C
- Màxima pressió de treball en vàlvules: 1000 bar
- Coeficient de fricció amb l'acer: 0,048 Kp/cm³
- Resistència química: 0-14 pH

5.3.3 Juntes tòriques

El material de les juntes tòriques és l'elastòmer. Les necessitats que ha de complir per a la seva aplicació a les vàlvules de bola són les següents:

- Resistència a les temperatures de servei
- Resistència química al fluid
- Resistència al desgast
- Duresa suficient en funció de la pressió del fluid

En alguns casos, sobretot quan el fluid és agressiu per a l'elastòmer, s'utilitza la opció de juntes encapsulades. Les juntes tòriques encapsulades combinen les excel·lents propietats dels termoplàstics amb elastòmers. Consten d'una cobertura exterior, normalment de PTFE, totalment tancada del material termoplàstic que protegeix el nucli elastomèric de les agressions químiques. La funció de la cobertura termoplàstica és la protecció química contra els fluids. D'altra banda, la funció de l'elastòmer és proporcionar l'elasticitat, la qual manca al termoplàstic.

PROPIETAT ESPECIAL: ANTI DESCOMPRESSIÓ EXPLOSIVA (AED)

Tot i que la descompressió explosiva és un fenomen que generalment només succeeix a la indústria del gas, també pot ser experimentat en qualsevol aplicació a pressió elevada.

Les juntes que tenen aquesta propietat són designades amb el seu nom comú afegint-hi les sigles "AED". La junta amb propietat AED és capaç de reduir ràpidament la pressió del gas. Sota aquestes condicions, la pressió interna de l'elastòmer està en equilibri amb la pressió ambiental i no hi ha conseqüències destructives per a la junta. Per a les vàlvules de bola, es considera que la pressió comença a ser perillosa a partir de 600#. Per tant, totes les vàlvules a partir de 600# han de tenir juntes AED.

Les propietats de les juntes AED són les mateixes que sense AED afegint-hi la propietat antiexplosiva. El cost de la junta és superior que sense aquesta propietat, aproximadament un 30% superior.

A continuació s'expliquen breument les propietats dels tipus de juntes tòriques més utilitzats en la fabricació de vàlvules de bola.

5.3.3.1 HNBR (Hydrogenated nitrile rubber)

És la versió millorada de l'NBR (*nitrile o Acrylonitrile Butadine*), amb una superior resistència a temperatura elevada.

El contingut d'acrilonitril (comprès entre el 18% i el 50%), és el que aporta a l'HNBR la resistència a baixes temperatures. Generalment les seves propietats mecàniques són bones i la temperatura de funcionament es comprèn entre -30°C i +140°C. Generalment l'HNBR s'utilitza en condicions de temperatures baixes fins a -45°C.

Dades tècniques:

- Densitat: 1,25 g/cm³
- Força de tracció: 17,8 MPa
- Rang de temperatura: -30 / +140°C
- Allargament màxim (abans de la ruptura): 100%

5.3.3.2 FKM (Fluoroelastomer o fluorocarbon)

És un tipus de junta que es pot trobar en estructura copolimèrica, terpolimèrica o tetrapolimèrica. El tipus d'estructura defineix el contingut de fluor i, per tant, la resistència química.

És conegut per la dificultat per a inflamar-se, la baixa permeabilitat als gasos i resistència a l'ozó, intempèrie i envelliment. Té molt bona resistència a temperatures elevades, als hidrocarburs alifàtics i aromàtics.

Dades tècniques:

- Densitat: 1,20g/cm³
- Resistència a la tracció: 14MPa
- Allargament màxim (abans de la ruptura): entre 150-200%

FKM I - Copolymer (A/E)

Contingut de fluor del 65%. Estructura formada per dos monòmers. És el tipus més comú, amb bona compressió i resistència química. El cost és inferior que la resta d'FKM.

Rang de temperatura: -20 / +210°C

Exemples: VITON/PTFE™, VITON 70™

FKM II - Terpolymer (B/F)

Contingut de fluor del 67%. Estructura formada per tres monòmers. Superior resistència als fluids que els copolymers però menor compressió. El grau "F" ofereix superior resistència química que el grau "B".

Rang de temperatura: -20 / +210°C

Exemples: VITON B90™™, VITON F™

FKM III - Tetrapolymer (G):

Contingut de fluor del 67-69%. Estructura formada per quatre monòmers. Superior resistència química que els tipus terpolímer i copolímer. La compressió és millor que la dels terpolímers. Una propietat diferent envers els anteriors tipus d'FKM, és la flexibilitat a baixes temperatures.

Rang de temperatura: -40 / +200°C

Exemples: VITON GF™, VITON GLT™ i VITON GFL

5.3.3.3 FFKM (Perfluorinated rubber / Perfluoroelastomer)

Es tracta de terpolímers de monòmers en els que tots els àtoms d'hidrogen han estat substituïts pel fluor. Aquesta absència d'hidrogen causa l'increment dràstic de la resistència química i tèrmica. Combinen la resiliència i el poder d'estanqueïtat d'un elastòmer i la resistència química i estabilitat tèrmica del PTFE.

És extremadament inert davant condicions químiques on la majoria dels elastòmers són atacats. A altes temperatures presenten compressió elevada.

La temperatura de funcionament oscil·la entre -25°C i +240°C.

No és dels materials més utilitzats per a vàlvules de bola, a causa de ser més costós que altres i no aportar propietats gaire més especials.

Dades tècniques:

- Rang de temperatura de servei: -30 / +325°C
- Resistència a la tracció: entre 6,5-20%, depenent del grau
- Allargament màxim (abans de la ruptura): entre 150-200%

5.3.4 Juntes *lip seals*

El material del termoplàstic és PTFE. És a causa de la seva excel·lent resistència química. El material de l'espiral metàl·lica sol ser Elgiloy™. L'Elgiloy és un aliatge de Co-Ni que té com a propietat especial la resistència a temperatures criogèniques. La combinació de les propietats del PTFE i de l'espiral metàl·lica aporta al material una superior resistència a la tracció. Així doncs, s'aconsella l'ús dels *lip seals* no només en condicions criogèniques sinó també en condicions d'elevada pressió.

Són les més juntes més costoses de tots els tipus emprats per a les vàlvules de bola. Per tant, el seu ús és usualment restringit per a aplicacions criogèniques i/o a elevades pressions.

5.4 MATERIALS DE SEIENTS

El material pot ser termoplàstic, híbrid termoplàstic-metall o bé metall-metall.

- Termoplàstics: Per a *floating ball valves*
- Termoplàstic-metall: Per a *trunnion ball valves*
- Metall-metall: Per a *floating ball valves i trunnion ball valves*
-

5.4.1 SEIENTS TERMOPLÀSTICS: FLOATING BALL VALVES

El fet de ser seients íntegrament termoplàstics, l'estanqueïtat que assoleixen impedeix, gairebé al 100%, la pèrdua de càrrega. L'elasticitat el material permet l'adaptació a la bola.

Els materials més emprats a la indústria de vàlvules de bola són els següents:
PTFE modificat, PTFE amb càrrega de carboni, PEEK i DEVLON™.

5.4.1.1 PTFE modificat (PTFE MOD.)

Les propietats físicoquímiques del PTFE es mostren explicades a l'apartat 4.3.1.

L'ús del PTFE en els seients es restringeix a la pressió de servei de 300# i temperatura màxima de +150°C.

5.4.1.2 PTFE amb càrrega de carboni (PTFE RCAR.)

El PTFE amb càrrega de carboni del 25% té la mateixa deformació sota pressió que el PTFE modificat. S'utilitza en aplicacions on no és compatible l'ús d'una estructura amb agent modificador o en el cas que es redueixi la resistència química del material.

El PTFE amb càrrega de carboni, comparat amb el PTFE pur i PTFE modificat, és més resistent a l'abració i menor deformació sota pressió, més resistent a temperatures elevades.

- Densitat: 2,08 g/cm³
- Temperatura de treball: -200 / +260°C
- Resistència a la tracció: 13 MPa
- Allargament màxim (abans de la ruptura): 60 %

A causa del bon comportament a temperatures elevades, millor que el del PTFE modificat, s'escull el PTFE amb càrrega de carboni per a temperatures compreses entre +150°C i 200°C.

El comportament davant la pressió del fluid és semblant al del PTFE pur (màxim 300#).

5.4.1.3 PEEK

El PEEK sobresurt per les seves bones propietats davant d'elevades pressions i elevades temperatures. La resistència a la tracció del PEEK és molt superior a la dels anterior materials plàstics per a seients esmentats (de l'ordre de 3 vegades superior). El fet de ser tant resistent causa que s'utilitzi en condicions de treball de presions elevades, en el cas de les vàlvules es condisera utilitzar PEEK a partir de 1500#. Alhora comparteix amb el PTFE i els seus derivats l'excel·lent resistència química, el bon comportament davant del desgast, l'estabilitat dimensional i la baixa permeabilitat.

Com a contrapartida, és un material amb baixa resiliència i no és resistent a les cetones.

- Densitat: 1,32 g/cm³
- Rang màxim de temperatura: -200 / +300°C
- Resistència a la tracció: 99,9 MPa
- Allargament màxim (abans de la ruptura): 50 %

Encara que la seva temperatura màxima sigui 300°C, no s'aconsella el seu ús en vàlvules de bola a temperatures superiors a 250°C. S'aconsella emprar els seients metall-metall.

5.4.1.4 DEVLON™

El DEVLON™ és un grau de la família del *nylon*, dissenyat per resistir pressions i temperatures més elevades que altres graus de la mateixa família.

- Densitat: 1,14 g/cm³
- Rang màxim de temperatura: -200 / +200°C
- Resistència a la tracció: 79,9 MPa
- Allargament màxim (abans de la ruptura): 70 %

Juntament amb el PTFE i PTFE amb càrrega de carboni, el DEVLON™ V és un dels materials per a seients més econòmic. A més, aporta resistència a la pressió superior al PTFE i al PTFE amb càrrega de carboni. Tot i suportar pressions elevades, no s'utilitza per a pressions superiors a 900#. El seu ús en vàlvules de bola és el següent:

- *Floating ball valves*: a partir de 600#
- *Trunnion ball valves*: fins a 900#

5.4.2 SEIENTS TERMOPLÀSTIC-METALL: *TRUNNION BALL VALVES*

Tal com es mostra a la figura 23, els seients de les *trunnion ball valves* estan formats per un cos metàl·lic amb un insert de termoplàstic.

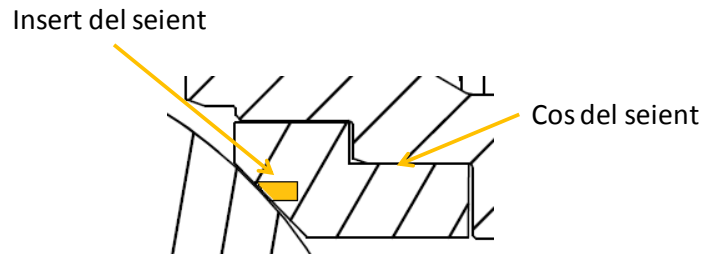


Figura 23 – Detall de la secció transversal del seient d'una *trunnion ball valve*

El cos del seient és del mateix material que la bola, tenint en compte que si la bola és de fundició el cos del seient ha de ser de barra o forja.

L'insert del seient pot ser d'un dels següents materials:

- DEVLON™ (per a pressions inferiors a 1500# i temperatures fins a 150°C)
- PTFE amb càrrega de carboni (per a pressions igual o inferiors a 300# i temperatures fins a 200°C)
- PEEK (per a pressions igual o superiors a 1500# i temperatura fins a 250°C)

Per a temperatures superiors a 250°C, s'aconsella l'ús de seients metall-metall.

5.4.3 SEIENTS METALL-METALL: *FLOATING BALL VALVES* I *TRUNNION BALL VALVES*

Els seients metall-metall (M-M) s'utilitzen per a molt alta temperatura o bé per les condicions abrasives del fluid.

Els seients M-M estan formats per un metall que constitueix l'estructura de la peça i un recobriment metàl·lic. El primer és del mateix material que bola i el recobriment és, normalment, de carbur de tungstè (WC) o carbur de crom (CrC).

Per assolir l'afinitat fisicoquímica i màxima estanqueïtat bola-seients el material dels seients i de la bola és el mateix, tant el de l'estructura com el del recobriment. Així doncs, per tal que el diàmetre exterior d'una bola per a una vàlvula amb seients M-M sigui el mateix que per a una vàlvula de la mateixa mida amb els seients termoplàstics o termoplàstic-metall, cal que el diàmetre exterior de la bola en brut (previ al recobriment) sigui inferior. Amb el gruix del recobriment s'assoleix el diàmetre ordinari. Els seients metàl·lics no tenen l'elasticitat pròpia dels termoplàstics. Per tant, no s'adapten a la superfície de la bola i aquesta ha de ser especialment manufacturada i dissenyada, no només per tenir el diàmetre exterior adequat per al recobriment, sinó també per aconseguir la superfície el més esfèrica possible per tal d'assolir la màxima adaptabilitat bola-seients.

5.4.3.1 Carbur de tungstè (WC)

La composició és d'un 86% WC, 10% Co i 4% Cr. Les seves propietats principals són:

- Resistència al desgast
- Elevada resistència a la corrosió
- Fa disminuir el coeficient de fricció. Per tant, les partícules sòlides no s'hi adhereixen
- Temperatura màxima de servei 250°C

El carbur de tungstè es fa servir per condicions abrasives del fluid. Les més comunes són l'elevada presència de sòlids o fluid altament corrosiu.

5.4.3.2 Carbur de crom (CrC)

La composició és del 75% CrC, 25% NiCr. Les propietats principals que aporta el recobriment CrC són:

- Elevada resistència al desgast fins als 850°C
- Elevada resistència a la corrosió

L'ús del CrC es focalitza per a aplicacions a molt elevada temperatura. És l'únic tipus de seient capaç de treballar a partir dels 300°C sense perdre les seves propietats. Tot i que és resistent fins als 850°C, a causa que els metalls que formen el cos de la vàlvula no suporten, com a màxim, més de 450°C, per a les vàlvules de bola es limita el servei del carbur de crom a 450°C.

6 CONDICIONANTS PER A LA SELECCIÓ DE VÀLVULES DE BOLA

6.1 CLASSIFICACIÓ DELS CONDICIONANTS

Les condicions que defineixen el tipus de vàlvula són les següents:

Condicionants de disseny

- Pressió
- Diàmetre de pas de fluid
- Longitud de la vàlvula
- Tipus de connexió de les brides
- Gruixos de parets mínims

Condicionants fisicoquímics del fluid

- Temperatures màximes i mínimes
- Pressió màxima
- Compatibilitat química
- Aparença/granulometria

Condicionants externs

- Condicions ambientals
- Operabilitat
- Pintura

Cal comentar que els condicionants fisicoquímics del fluid i els condicionants externs també poden influir sobre el disseny, de manera que esdevenen alhora condicionants de disseny.

6.2 INTRODUCCIÓ ALS CONDICIONANTS FISICOQUÍMICS DEL FLUID

És necessari que totes les parts que mantenen contacte directe amb el fluid resisteixin les seves condicions fisicoquímiques. Els materials que no hi mantenen contacte directe, com ara la part superior de l'estopada, no és necessari però sí recomenable per les possibles fugues, que hi siguin resistents.

La figura 24 mostra les parts que mantenen contacte directe amb el fluid: cos, tapa, bola i seients.

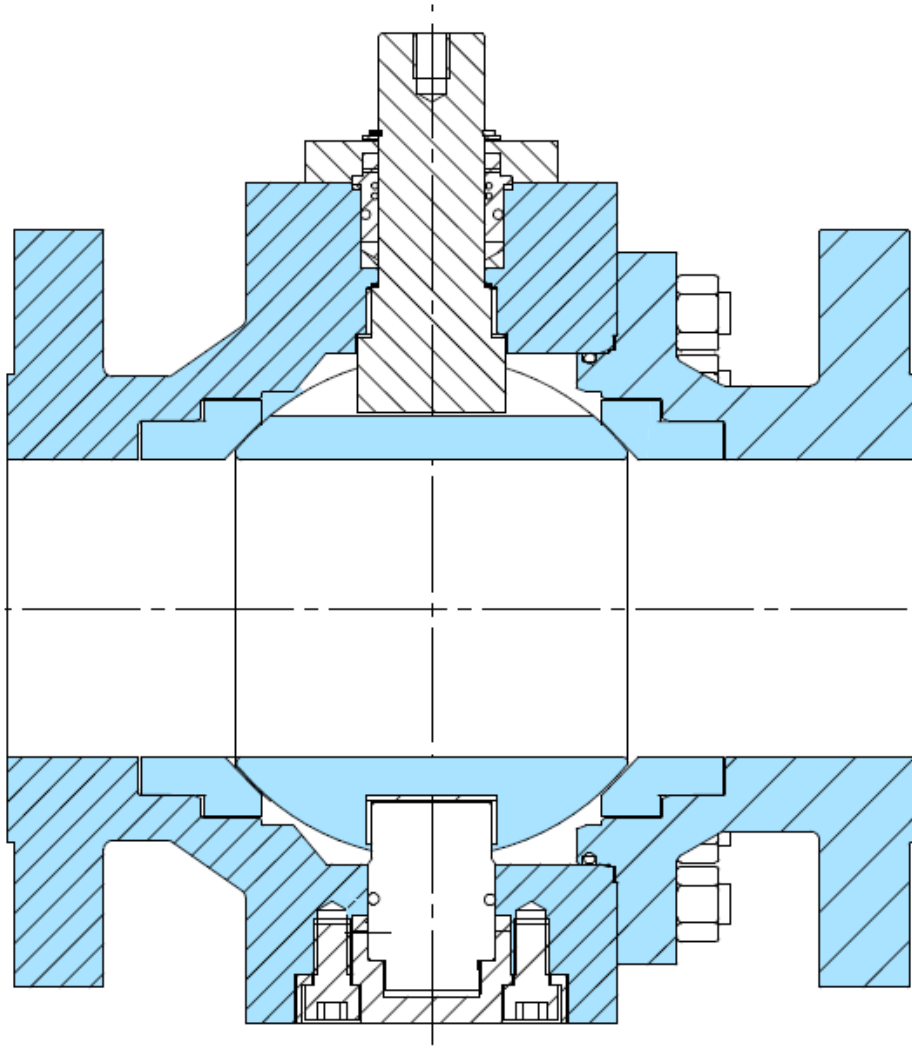


Figura 24 – Parts d'una vàlvula de bola en contacte amb el fluid (en blau)

6.3 SEGONS LA TEMPERATURA DEL FLUID

Cal conèixer la temperatura mínima de treball i la temperatura màxima, les quals estan condicionades pel fluid. Aquest rang de temperatura afecta tant als materials metàl·lics, juntes i seients.

A continuació, a les taules 15, 16, 17 i 18 es mostren els límits superiors i inferiors de temperatura que són capaços de suportar els diferents graus de materials metàl·lics i termoplàstics seleccionats.

Taula 15 - Temperatura màxima de servei dels metalls més emprats en la fabricació de vàlvules de bola

TEMPERATURA DISSENY (°C)	TIPUS MATERIAL	DESCRIPCIÓ MATERIAL	TIPUS MECANITZACIÓ
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF8	FUNDICIÓ
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F304	FORJA
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 304	BARRA
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF8M	FUNDICIÓ
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 316	BARRA
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F316	FORJA
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 317	BARRA
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F317	FORJA
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CG8M	FUNDICIÓ
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 316L	BARRA
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 321	BARRA
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F321	FORJA
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF8C	FUNDICIÓ
450	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 XM-19	BARRA
450	SS (MARTENSÍTIC)	ASTM A479 410	BARRA
450	SS (MARTENSÍTIC)	ASTM A182 F6a	FORJA
450	SS (MARTENSÍTIC)	ASTM A217 CA15	FUNDICIÓ
450	SS (ENDURIT PER PRECIPITACIÓ)	ASTM A564 630 /17-4PH)	BARRA
450	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B164 N04400™ (MONEL 400™)	BARRA
450	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B564 N04400™ (MONEL 400™)	FORJA
450	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B446 N06625 (INCONEL 625™)	BARRA
450	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B564 N06625 (INCONEL 625™)	FORJA
450	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B637 N07718 (INCONEL 718™)	BARRA
450	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B637 N07750 (INCONEL 750™)	BARRA
450	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B425 N08825 (INCONEL 825™)	BARRA
450	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B564 N08825 (INCONEL 825™)	FORJA
450	AS (ALLOY STEEL)	ASTM A494 CW12MW (HASTELLOY C-276™)	FUNDICIÓ
425	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 304L	BARRA
425	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F304L	FORJA
425	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF3M	FUNDICIÓ
425	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF3	FUNDICIÓ

Taula 15 - Temperatura màxima de servei dels metalls més emprats en la fabricació de vàlvules de bola
(continuació)

TEMPERATURA DISSENY (°C)	TIPUS MATERIAL	DESCRIPCIÓ MATERIAL	TIPUS MECANITZACIÓ
425	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B462 N08020 (ALLOY 20)	FORJA
425	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B473 N08020 (ALLOY 20)	BARRA
425	LTCS	ASTM A350 LF2	BARRA
425	CS	ASTM A105N	BARRA
425	CS	ASTM A105N	FORJA
425	CS	ASTM A216 WCC	FUNDICIÓ
425	CS	ASTM A216 WCB	FUNDICIÓ
400	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F44	FORJA
400	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CK3MCuN	FUNDICIÓ
400	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 S31254	BARRA
400	DSS	ASTM A182 F55	FORJA
375	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B649 N08904	FORJA
345	LTCS	ASTM A350 LF3	FORJA
345	LTCS	ASTM A350 LF3	BARRA
345	LTCS	ASTM A352 LC3	FUNDICIÓ
345	LTCS	ASTM A352 LC2	FUNDICIÓ
345	LTCS	ASTM A352 LCC	FUNDICIÓ
325	AS (ALLOY STEEL)	ASTM A351 CN7M	FUNDICIÓ
250	DSS	ASTM A182 F51	FORJA
250	DSS	ASTM A479 S31803	BARRA
250	DSS	ASTM A995 J93372	FUNDICIÓ
250	DSS	ASTM A995 J92205	FUNDICIÓ
250	DSS	ASTM A182 F53	FORJA
250	DSS	ASTM A479 S32750	BARRA
250	DSS	ASTM A995 J93380	FUNDICIÓ
250	DSS	ASTM A479 S32760	BARRA
250	DSS	ASTM A995 J93404	FUNDICIÓ
150	Al-Cu	ASTM B164 C95200	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95300	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95400™	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95410	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95500	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95520	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95600	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95700	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95800	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95820	BAR
150	Al-Cu	ASTM B164 C95900	BAR

Taula 16 – Temperatura mínima de servei dels metalls més emprats en la fabricació de vàlvules de bola

TEMPERATURA DISSENY (°C)	TIPUS MATERIAL	DESCRIPCIÓ MATERIAL	TIPUS MECANITZACIÓ
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF8	FUNDICIÓ
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F304	FORJA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 304	BARRA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF8M	FUNDICIÓ
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 316	BARRA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F316	FORJA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 317	BARRA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F317	FORJA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CG8M	FUNDICIÓ
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 316L	BARRA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 321	BARRA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F321	FORJA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF8C	FUNDICIÓ
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 XM-19	BARRA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 304L	BARRA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F304L	FORJA
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF3M	FUNDICIÓ
-196	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CF3	FUNDICIÓ
-196	AS (ALLOY STEEL)	ASTM A351 CN7M	FUNDICIÓ
-101	SS (MARTENSÍTIC)	ASTM A479 410	BARRA
-101	SS (MARTENSÍTIC)	ASTM A182 F6a	FORJA
-101	SS (MARTENSÍTIC)	ASTM A217 CA15	FUNDICIÓ
-101	SS (MARTENSÍTIC)	ASTM A564 630	BARRA
-101	LTCS	ASTM A350 LF3	FORJA
-101	LTCS	ASTM A350 LF3	BARRA
-101	LTCS	ASTM A352 LC3	FUNDICIÓ
-73	LTCS	ASTM A352 LC2	FUNDICIÓ
-73	LTCS	ASTM A352 CA6NM	FUNDICIÓ
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B164 N04400™ (MONEL 400™)	BARRA
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B564 N04400™ (MONEL 400™™)	FORJA
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B446 N06625 (INCONEL 625™)	BARRA
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B564 N06625 (INCONEL 625™)	FORJA
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B637 N07718 (INCONEL 718™)	BARRA
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B637 N07750 (INCONEL 750™)	BARRA
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B425 N08825 (INCONEL 825™)	BARRA
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B564 N08825 (INCONEL 825™)	FORJA

Taula 16 – Temperatura mínima de servei dels metalls més emprats en la fabricació de vàlvules de bola
(continuació)

TEMPERATURA DISSENY (°C)	TIPUS MATERIAL	DESCRIPCIÓ MATERIAL	TIPUS MECANITZACIÓ
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM A494 CW12MW (HASTELLOY C-276™)	FUNDICIÓ
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B462 N08020 (ALLOY 20)	FORJA
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B473 N08020 (ALLOY 20)	BARRA
-50	AS (ALLOY STEEL)	ASTM B649 N08904	FORJA
-50	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A182 F44	FORJA
-50	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A351 CK3MCuN	FUNDICIÓ
-50	SS (AUSTENÍSTIC)	ASTM A479 S31254	BARRA
-50	DSS	ASTM A182 F55	FORJA
-50	DSS	ASTM A182 F51	FORJA
-50	DSS	ASTM A479 S31803	BARRA
-50	DSS	ASTM A995 J93372	FUNDICIÓ
-50	DSS	ASTM A995 J92205	FUNDICIÓ
-50	DSS	ASTM A182 F53	FORJA
-50	DSS	ASTM A995 J93404	FUNDICIÓ
-50	DSS	ASTM A479 S32750	BARRA
-50	DSS	ASTM A479 S32760	BARRA
-50	LTCS	ASTM A350 LF2	BARRA
-50	LTCS	ASTM A352 LCC	FUNDICIÓ
-29	CS	ASTM A105N	BARRA
-29	CS	ASTM A105N	FORJA
-29	CS	ASTM A216 WCC	FUNDICIÓ
-29	CS	ASTM A216 WCB	FUNDICIÓ
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95200	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95300	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95400™	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95410	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95500	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95520	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95600	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95700	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95800	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95820	BAR
-29	Al-Cu	ASTM B164 C95900	BAR

Taula 17 – Temperatures mínimes i màximes de servei per als materials de juntes més emprats en la fabricació de vàlvules de bola

MATERIAL DE LA JUNTA	NOM COMERCIAL	TEMPERATURA MÍNIMA DE SERVEI (°C)	TEMPERATURA MÀXIMA DE SERVEI (°C)
PTFE MOD.	PTFE modificat	-196	210
PEEK	PEEK	-60	210
LIP SEAL (PTFE + Elgiloy™)	LIP SEAL	-196	210
FKM (fluorocarbon rubber and PTFE coated)	VITON / PTFE™	-20	210
FKM (fluorocarbon rubber Viton type B)	VITON B90™	-20	210
FKM (fluorocarbon rubber Viton type B) AED (anti explosive decompression)	VITON B90 AED™	-20	210
FKM (fluorocarbon rubber) low temperature	VITON GLT™	-30	200
FKM (fluorocarbon rubber) low temperature AED (anti explosive decompression)	VITON GLT AED™	-30	200
Hydrogenated acrylonitrile/butadiene rubber (HNBR)	HNBR LT	-40	150

Taula 18 – Temperatures mínimes i màximes de servei per als materials de seients més emprats en la fabricació de vàlvules de bola

MATERIAL DEL SEIENT	TEMPERATURA MÍNIMA DE SERVEI (°C)	TEMPERATURA MÀXIMA DE SERVEI (°C)
PTFE MOD.	-196	210
PTFE MOD. + RCAR	-196	210
PEEK	-60	210
M-M WC	-60	250
M-M CrC	-60	450
DEVLON™	-60	150

6.4 SEGONS LA PRESSIÓ DE SERVEI

Segons la normativa ASME B16.34, la pressió a la qual el cabal sotmet la vàlvula no limita el tipus de material metàl·lic però sí els tipus de materials de juntes i seients.

A continuació, les taules 19 i 20 mostren les taules que relacionen els materials de juntes i seients amb la pressió màxima que poden suportar.

Taula 19 – Pressió de servei màxima que poden resistir els materials de juntes més emprats en la fabricació de vàlvules de bola

TIPUS DE JUNTA	NOM COMERCIAL	PRESSIÓ MÀXIMA (lb/in ²)
PTFE pur i PTFE modificat	PTFE PUR / PTFE MOD.	300#
PEEK	PEEK	2500#
FKM (<i>fluorocarbon rubber and PTFE coated</i>)	VITON / PTFE™	300#
FKM (<i>fluorocarbon rubber Viton type B™</i>)	VITON B90™	300#
FKM (<i>fluorocarbon rubber Viton type B™</i>) AED (<i>anti explosive decompression</i>)	VITON B90 AED™	2500#
FKM (<i>fluorocarbon rubber</i>) low temperature	VITON GLT™	300#
FKM (<i>fluorocarbon rubber</i>) low temperature AED (<i>anti explosive decompression</i>)	VITON GLT AED™	2500#
<i>Hydrogenated acrylonitrile/butadiene rubber</i> (HNBR)	HNBR LT	300#

Taula 20 – Pressió de servei màxima que poden resistir els materials de seients més emprats en la fabricació de vàlvules de bola

MATERIAL DEL SEIENT	PRESSIÓ MÀXIMA DE SERVEI (lb/in ²)
PTFE MOD.	300#
PTFE MOD. + RCAR	300#
PEEK	2500#
M-M WC	2500#
M-M CrC	2500#
DEVLON™	300#

6.5 SEGONS LA COMPATIBILITAT QUÍMICA DELS MATERIALS AMB EL FLUID

L'estudi de la compatibilitat química dels materials es troba a l'Annex 2.

6.6 APARENÇA I GRANULOMETRIA

El servei d'una vàlvula de bola està orientat a fluids en estat líquid o en forma de pastes viscoses.

Si el fluid és abrasiu, és a dir que tingui partícules en suspensió que puguin desgastar per fricció la superfície dels seients, només afecta al material dels seients. Els seients han de ser metall-metall de carbur de tungstè.

6.7 CONDICIONANTS EXTERNS

6.7.1 CONDICIONS AMBIENTALS

Cal tenir en compte les condicions ambientals a les quals estarà sotmesa la vàlvula, sobretot si està exposada a condicions externes, com per exemple:

- Vàlvules instal·lades a la intempèrie, patint els agents externs de la pluja, el sol i el vent.
- Plantes petrolíferes amb contacte directe amb aigua de mar.
- Instal·lacions al desert, amb sorra, temperatures molt elevades durant el dia i fredes durant la nit.
- Vaixells per al transport de LNG (*Liquified Natural Gas*), on les vàlvules estan exposades a temperatures criogèniques.

La Figura 25 indica quines són les parts de la vàlvula exposades als agents externs i, per tant, han de ser-hi resistents: eix, cos, tapa, cargols entre cos i tapa, brida superior, brida del *trunnion* i cargols del *trunnion*.

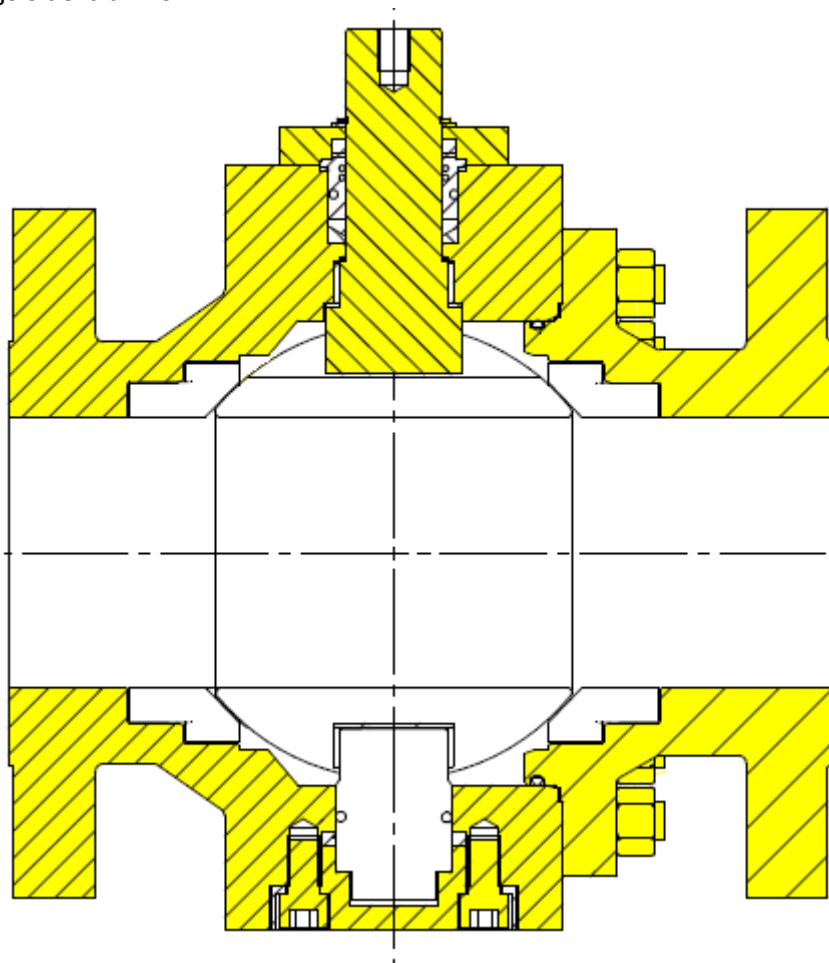


Figura 25 – Parts d'una vàlvula de bola exposades als agents externs (marcades en groc)

6.7.2 OPERABILITAT

Operar una vàlvula és l'acció d'obrir o tancar el pas de fluid.

El parell (o força) necessari és la força que s'ha d'aplicar sobre l'eix de la vàlvula per tal de poder obrir o tancar el pas de fluid.

Cal tenir en compte els següents conceptes:

- *Mast* d'una vàlvula: Força necessària per trencar el material de l'eix (en el cas de les vàlvules és la part de transmissió de la força aplicada).
- *Torque* d'una vàlvula: Força necessària per obrir el pas de fluid.

La força que s'ha d'aplicar a la vàlvula ha de tenir un valor intermedi entre el *mast* i el *torque*, aproximadament el quocient entre el mast i el parell aplicat ha de ser 1,5 i el quocient entre el parell aplicat i el *torque* també 1,5. Segons la normativa API 6D-ISO 14313, la força màxima manual admesa al volant o a la maneta per superar el parell de la vàlvula no pot ser superior a 360N.

El *mast* de l'eix depèn del disseny de l'eix i el límit de fluència (valor de l'esforç de tracció en el que es comença a presentar el fenomen de la deformació plàstica).

6.7.3 PINTURA

La pintura d'una vàlvula forma una capa externa que no només aporta un color adequat o requerit i un aspecte lluent i polit, sinó que també fa la funció de protegir. Aquesta protecció no només afecta a la pròpia vàlvula sinó també al medi ambient.

A la dècada dels 70 es va començar a prendre consciència de l'impacte atmosfèric dels compostos orgànics volàtils (VOC), molt presents en pintures. Els compostos orgànics volàtils poden reaccionar amb òxids de nitrogen amb la llum i calor del sol i generar ozó.

Durant els darrers anys la indústria de la pintura ha estat obligada a invertir en la tecnologia del desenvolupament dels seus productes per tal que complissin els següents requisits:

- Protegir el material extern de la vàlvula davant dels agents del medi al que està exposada
- Prevenir l'impacte medioambiental
- Vetllar per la salut de qui les manipula

6.7.3.1 COMPONENTS DE LA PINTURA

La pintura està composta per:

- Resina
- Solvent(s)
- Pigment(s)
- Additiu(s)

RESINA

És el material sòlid que forma la major part del gruix de la pintura. Generalment és dur i resistent i aporta a la pintura les propietats fisicoquímiques. Usualment és un material termoplàstic o termoestable. A la figura 1 es mostren les propietats d'algunes de les resines més utilitzades.

SOLVENT

És un líquid (pur o compost de dos o més elements) que aporta a la pintura fluidesa i viscositat necessàries per poder ser aplicada. Un cop la pintura s'asseca, normalment per calor, el solvent deixa de ser present.

PIGMENT

Són partícules sòlides que es troben en una àmplia varietat de formes. Les seves funcions principals són augmentar la resistència a la corrosió i aportar un color específic.

ADDITIU

Són modificadors en forma líquida o sòlida que s'addicionen en petites quantitats a la pintura per aconseguir efectes especials, com per exemple conductivitat i flexibilitat.

6.7.3.2 PROCÉS D'APLICACIÓ DE LA PINTURA

El procés concret a seguir per a l'aplicació de la pintura és definit pel fabricant. Els passos que formen aquest procés són les següents:

- 1) Rentat: Normalment per mitjà d'un solvent o mètode electroquímic. Es realitza en diverses etapes.
- 2) Superfície protectora: És el pas previ a l'aplicació de la pintura. L'objectiu és augmentar l'adherència de la pintura i la resistència a la corrosió.
- 3) Aplicació de la pintura: Usualment amb *spray*.
- 4) Assecatge: Normalment en forns

7 COMPARATIVA DE MATERIALS SEGONS ELS CONDICIONANTS DEL FLUID

7.1 SEGONS DE LA TEMPERATURA DEL FLUID

Les següents comparatives es basen en les taules de l'apartat 5.3.

7.1.1 METALLS

7.1.1.1 TEMPERATURA MÀXIMA DEL FLUID

La taula 15 està formada per 69 materials. La figura 26 reflecteix la presència de cada tipus de metall a la taula.

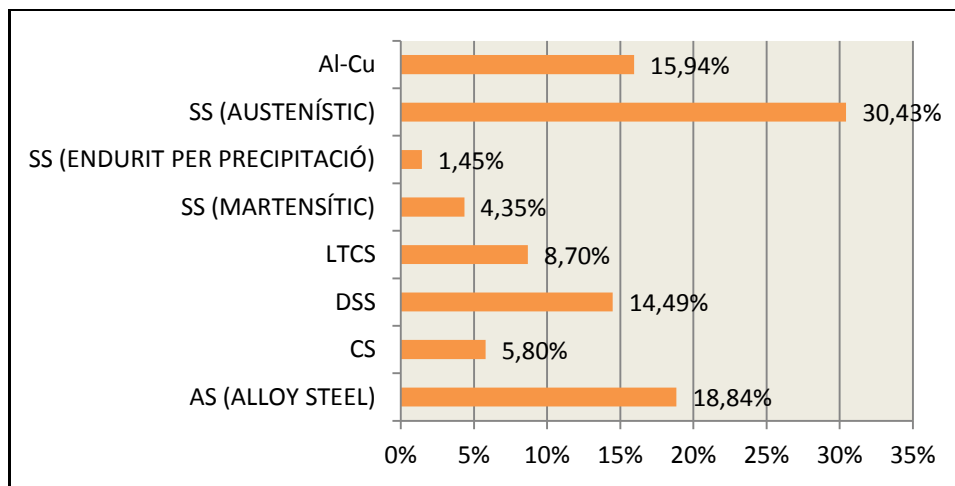


Figura 26 – Percentatge de cada tipus de metall a la taula de temperatures màximes

7.1.1.1.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

La figura 27 representa els materials adequats per temperatura màxima.

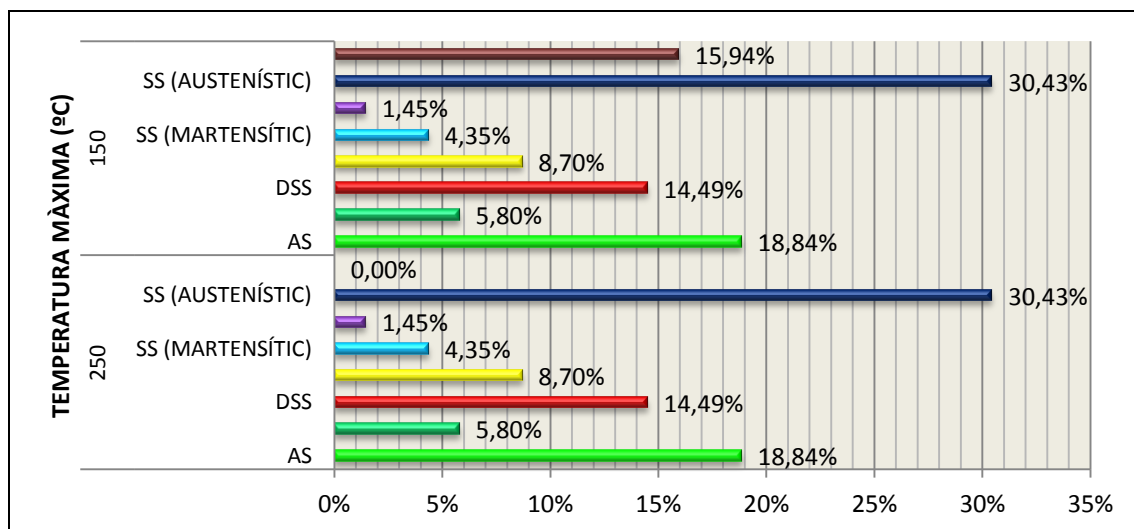


Figura 27 - Percentatge de cada grup metàl·lics per temperatura màxima del fluid

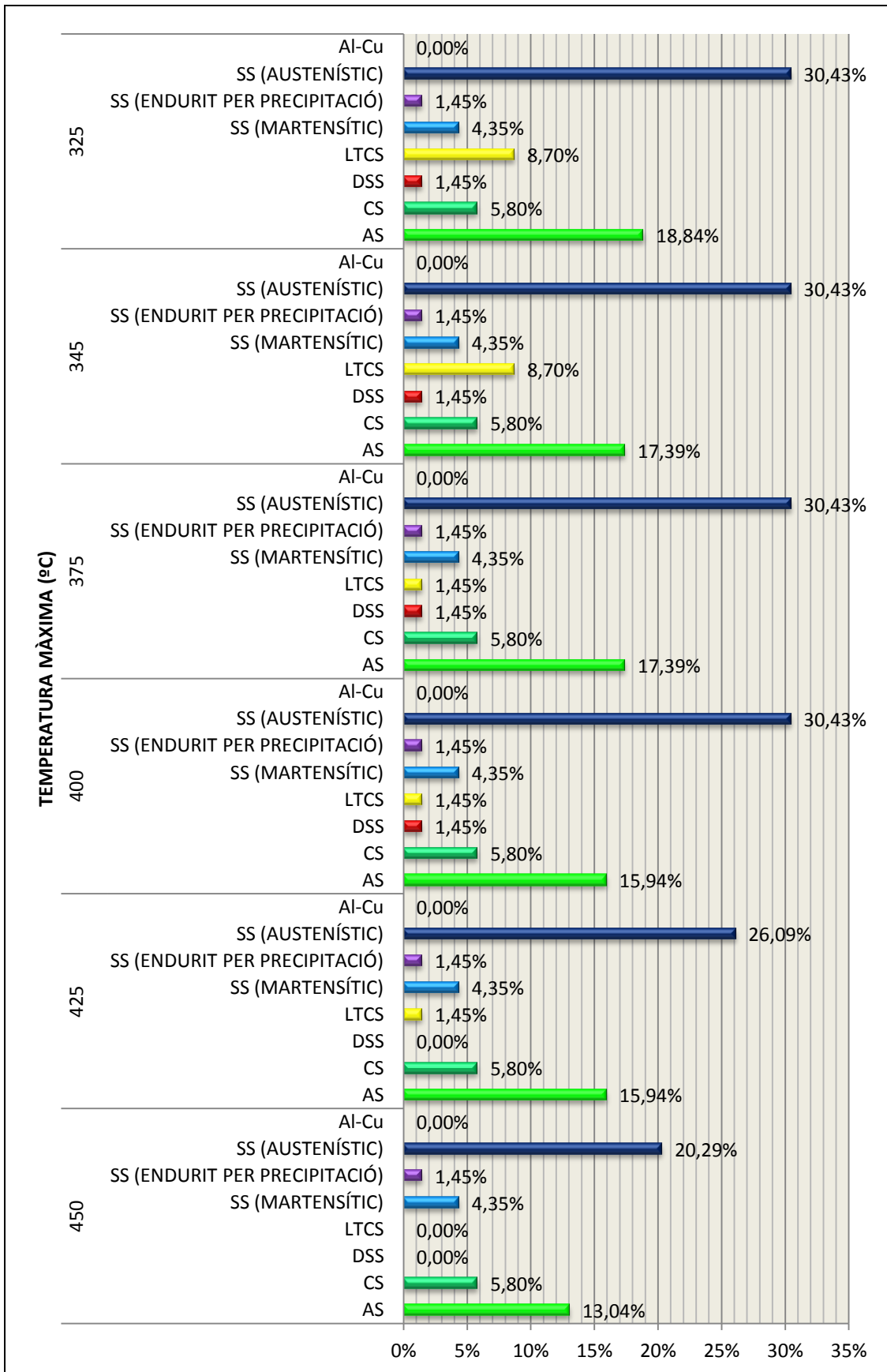


Figura 27 – Percentatge de cada grup metàl·lics per temperatura màxima del fluid (continuació)

7.1.1.1.2 COMENTARIS

- El percentatge de cada grup metàl·lic per temperatura està calculat amb la base de la llista global de materials (69 unitats).

- Tal com s'especifica a la taula 15, la llista engloba els diferents graus en forma de barra, forja i fundició.

- Per a cada temperatura, el percentatge de cada grup metàl·lic és el resultat de la suma dels metalls adequats per tal temperatura més els adequats per a la temperatura directament inferior.

7.1.1.1.3 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- S'han d'interpretar els resultats tenint en compte el percentatge de cada grau dins la taula 15. Per tant, cal seguir la diferència de percentatge de cada grup metàl·lic per temperatura. Per exemple, el grau d'acer inoxidable endurit per precipitació té un percentatge de l'1,45%, el qual és molt baix respecte la llista total de materials. Però aquest percentatge es manté a tot el rang de temperatures estudiades, fins i tot a la més alta de 450°C. Per tant, el grau d'acer inoxidable endurit per precipitació és apte per ser utilitzat a temperatures molt elevades, igual d'apte que la resta de metalls que ho són per a aquesta temperatura.

- Els graus que presenten més resistència a temperatures elevades són l'acer inoxidable austenític i els *alloys*.

- El DSS és el grau metàl·lic que menys resisteix a les temperatures elevades. El seu percentatge és baix a totes les temperatures menys a 250°C.

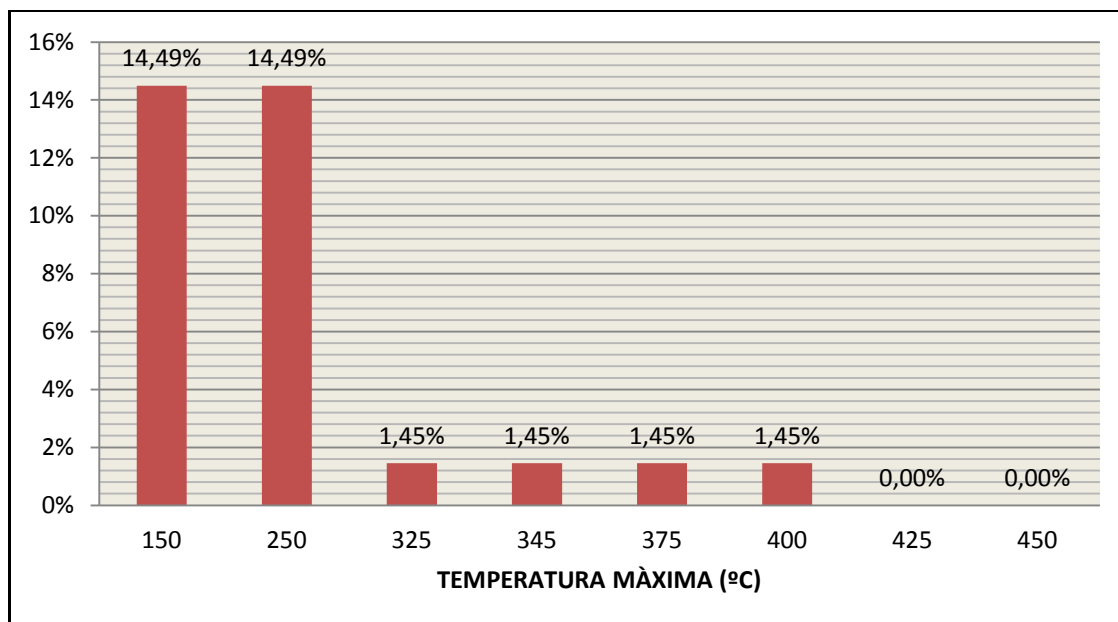


Figura 28 – Resistència de l'acer austenític grau *duplex* a les temperatures elevades

7.1.1.2 TEMPERATURA MÍNIMA DEL FLUID

A la figura 29 es mostren els percentatges de cada tipus de metall dins de la llista de la taula 16.

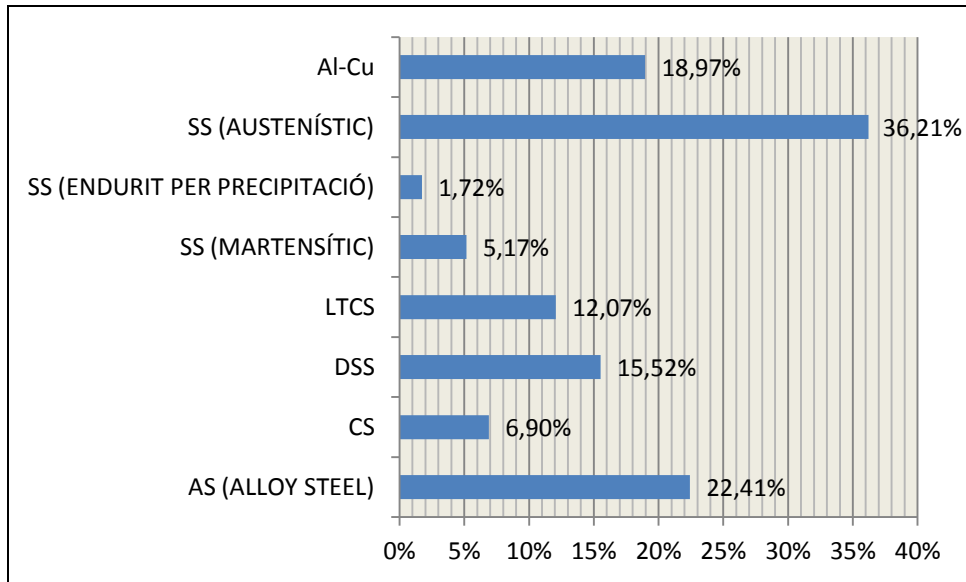


Figura 29 – Percentatge de cada tipus de metall a la taula de temperatures mínimes

7.1.1.2.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

La figura 30 representa els materials adequats per temperatura màxima, essent els valors de temperatura escollits els següents: -29°C, -50°C, -73°C, -101°C, -196°C.

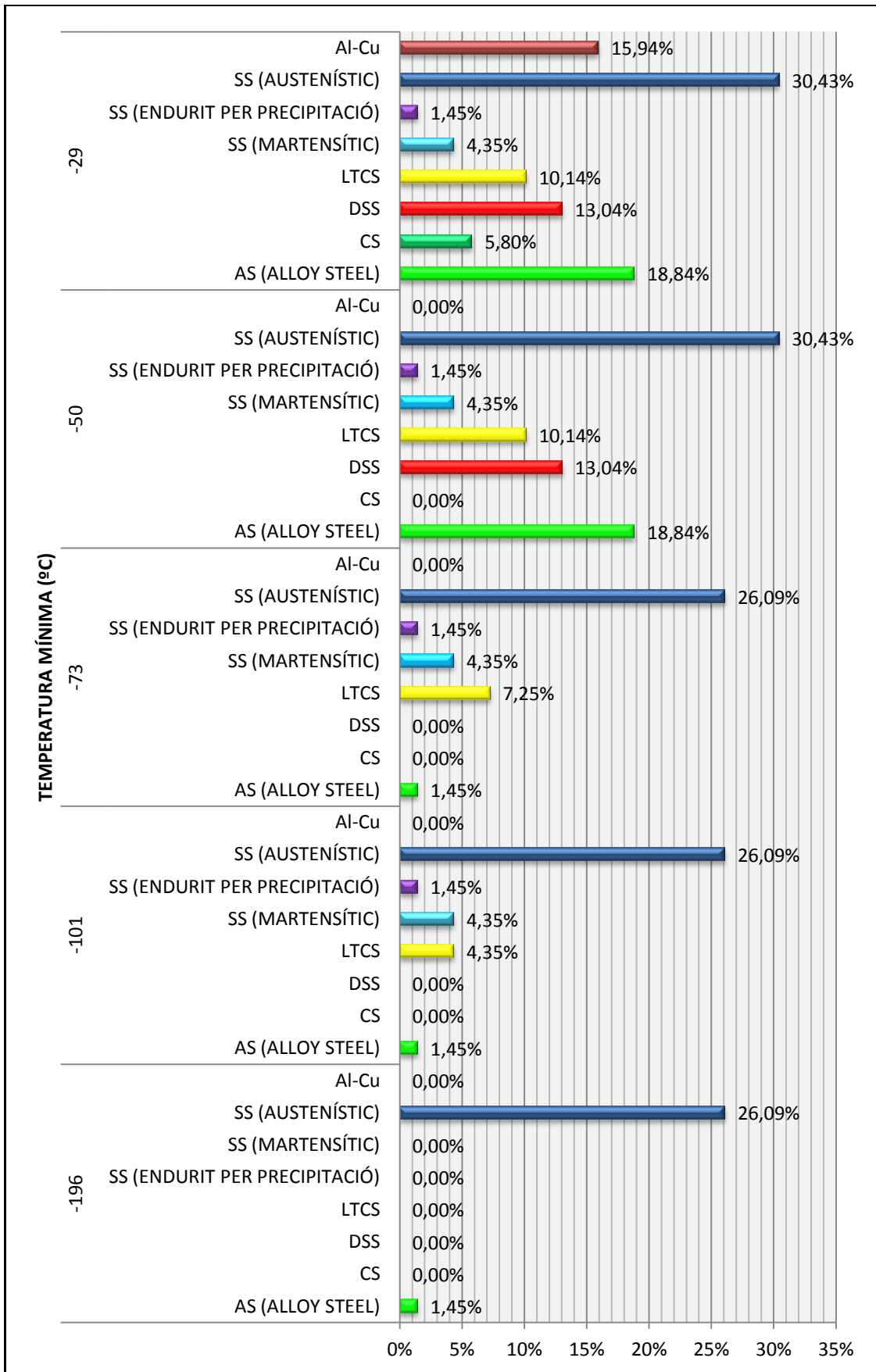


Figura 30 – Percentatge de cada grup metàl·lics per temperatura mínima del fluid

7.1.1.2.2 COMENTARIS

- El percentatge de cada grup metàl·lic per temperatura està calculat amb la base de la llista global de materials (69 unitats).
- Tal com s'especifica a la taula 16, la llista engloba els diferents graus en forma de barra, forja i fundició.
- Per a cada temperatura, el percentatge de cada grup metàl·lic és el resultat de la suma dels metalls adequats per tal temperatura més els adequats per a la temperatura directament superior.

7.1.1.2.3 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- Els grups d'acer inoxidable austenític i *alloy/inconels* són els resistents a la temperatura més baixa (-196°C).
- Els grups d'acer inoxidable martensític, acer inoxidable endurit per precipitació i acer al carboni per a baixa temperatura són resistents a temperatures igual o superiors a -101°C.
- A la temperatura de -50°C tots els metalls menys l'acer al carboni són resistents. El grau d'acer inoxidable *duplex* és resistent a aquesta temperatura però no a inferiors.
- L'acer al carboni i l'alumini-coure són resistents a -29°C, però no a temperatures inferiors. Són els grups menys resistents a baixes temperatures.

7.1.2 JUNTES

7.1.2.1 TEMPERATURA MÀXIMA DEL FLUID

7.1.2.1.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

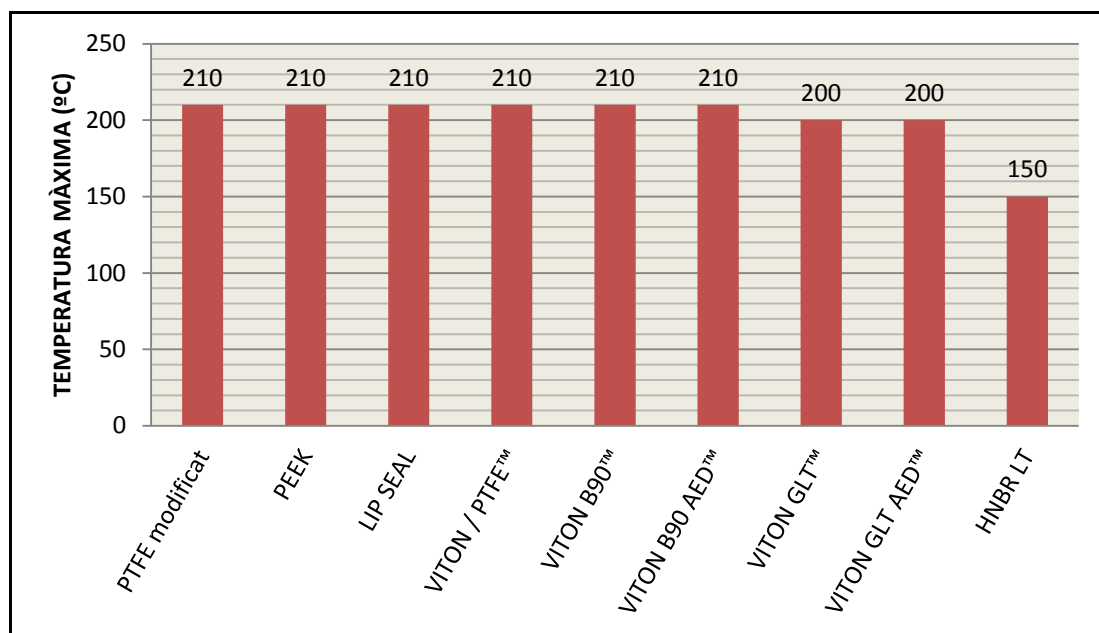


Figura 31 – Temperatura màxima per a les juntes

7.1.2.1.2 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- Les juntes PTFE modificat, PEEK, LIP SEALS, VITON /PTFE™, VITON B90™ i VITON B90 AED™ tenen la mateixa resistència a temperatures elevades, essent el seu valor màxim 210°C.
- Les juntes VITON GLT™ i VITON GLT AED™ resisteixen temperatures elevades però fins a 200°C.
- La junta menys apta per a altes temperatures és l'HNBR LT. Resisteix fins a 150°C.

7.1.2.2 TEMPERATURA MÍNIMA DEL FLUID

7.1.2.2.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

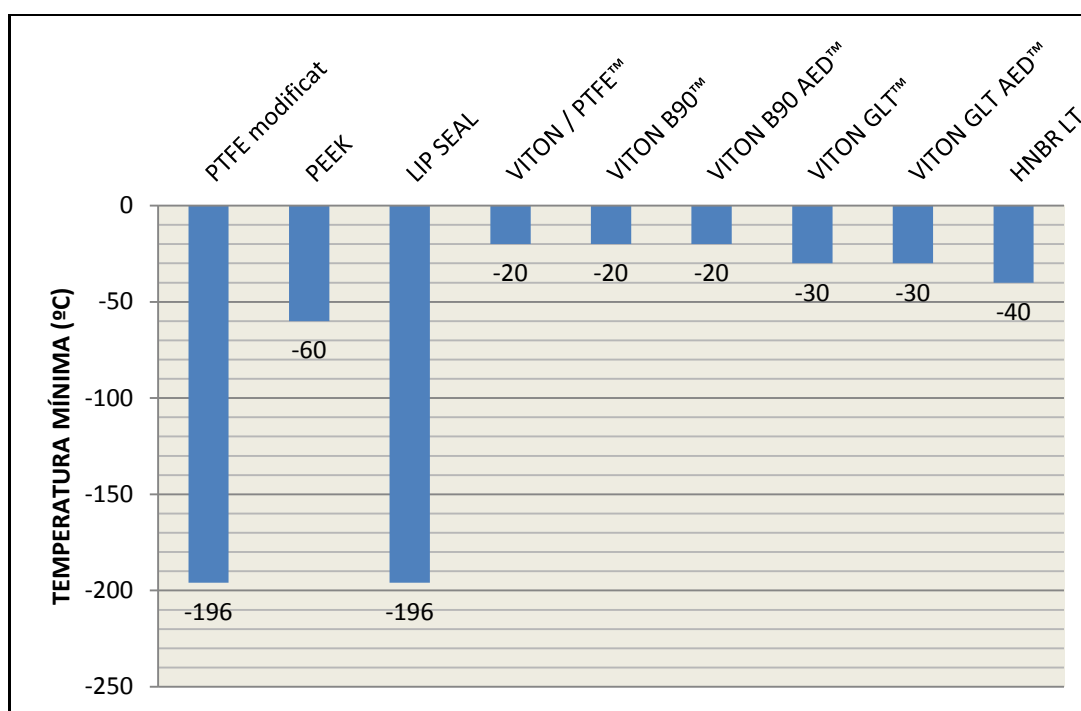


Figura 32 – Temperatura mínima per a les juntes

7.1.2.2.2 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- El PTFE modificat i el *LIP SEAL* són els materials que resisteixen més bé les temperatures criogèniques. Tenen bon comportament fins als -196°C.
- La següent junta que resisteix millor les temperatures criogèniques és el PEEK, seguit de prop pel VITON GLT™.
- L'HNBR LT resisteix la temperatura de -40°C, seguit del VITON GLT™ i VITON GLT AED™ que resisteixen 10°C menys.

7.1.3 SEIENTS

7.1.3.1 TEMPERATURA MÀXIMA DEL FLUID

7.1.3.1.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

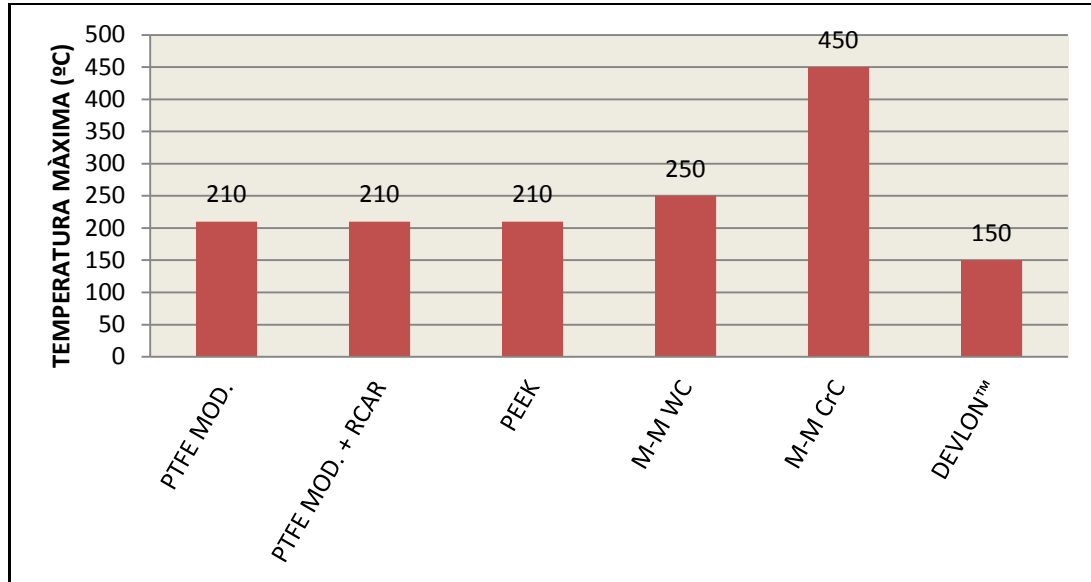


Figura 33 – Temperatura màxima per als seients

7.1.3.1.2 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- El seient que resisteix a temperatura més elevada és el de metall-metall (fins a 450°C).
- El material que resisteix pitjor a temperatures elevades és el DEVLONTM. Només funciona adequadament fins a 150°C.

7.1.3.2 TEMPERATURA MÍNIMA DEL FLUID

7.1.3.2.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

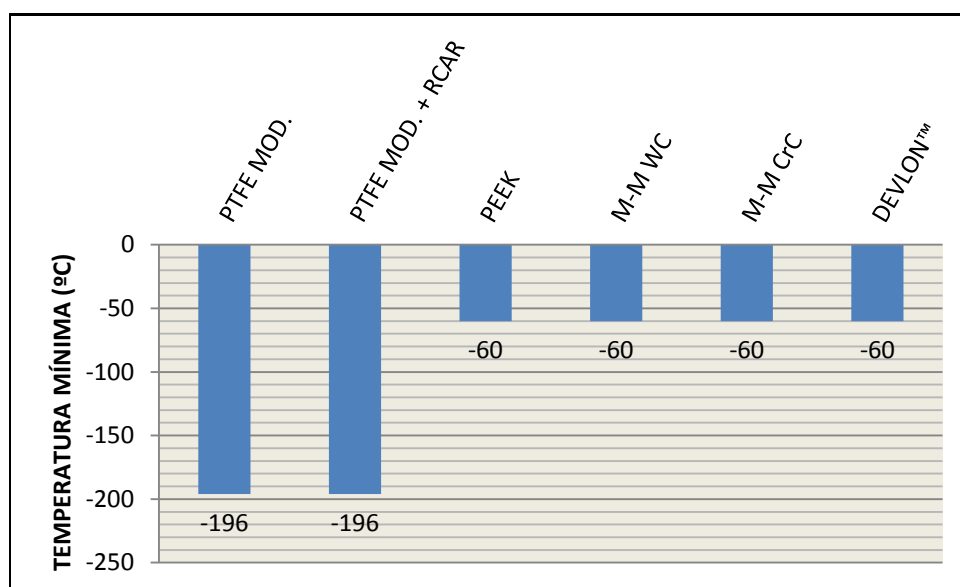


Figura 34 – Temperatura mínima per als seients

7.1.3.2.2 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- Els materials que millor resisteixen a les baixes temperatures són el PTFE modificat i el PTFE modificat amb càrrega de carboni.
- La resta de materials de seients tenen la mateixa resistència a les temperatures criogèniques.

7.2 SEGONS LA PRESSIÓ DEL FLUID

7.2.1 METALLS

Els metalls són resistents a totes les pressions del fluid. Així doncs, la pressió del fluid no és un factor important per a la selecció dels metalls d'una vàlvula.

7.2.2 JUNTES

7.2.2.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

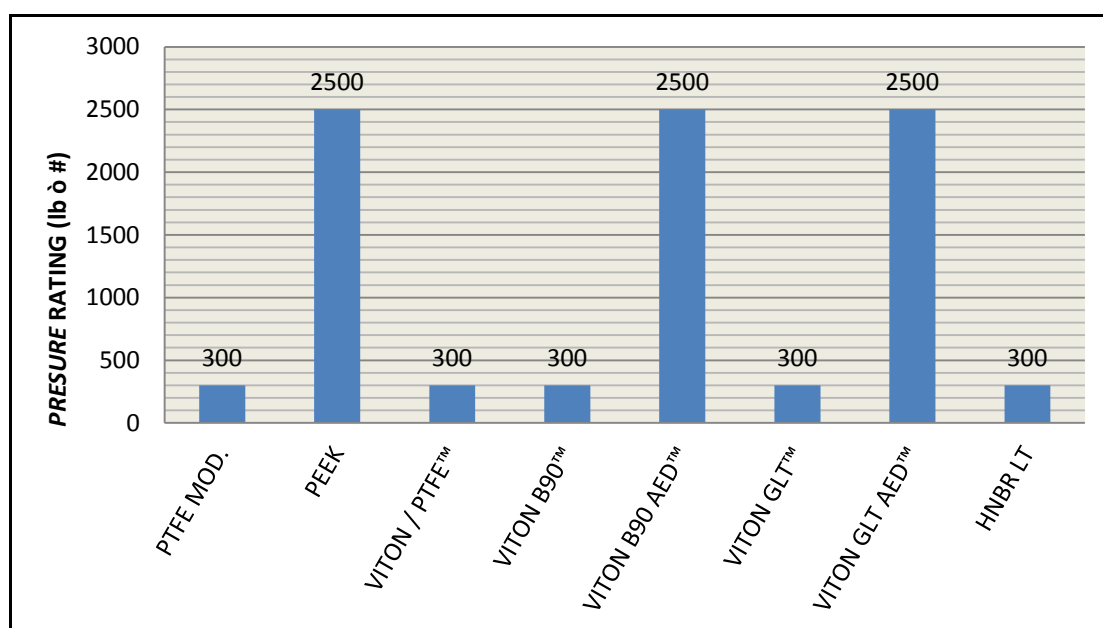


Figura 35 – Pressió màxima del fluid per a les juntes

7.2.2.2 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- Per a vàlvules amb la pressió de fluid a 2500# cal escollir el material de les juntes de PEEK o un grau d'FKM™ amb AED.
- Tota la resta de juntes només són resistents fins a 300#.

7.2.3 SEIENTS

7.2.3.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

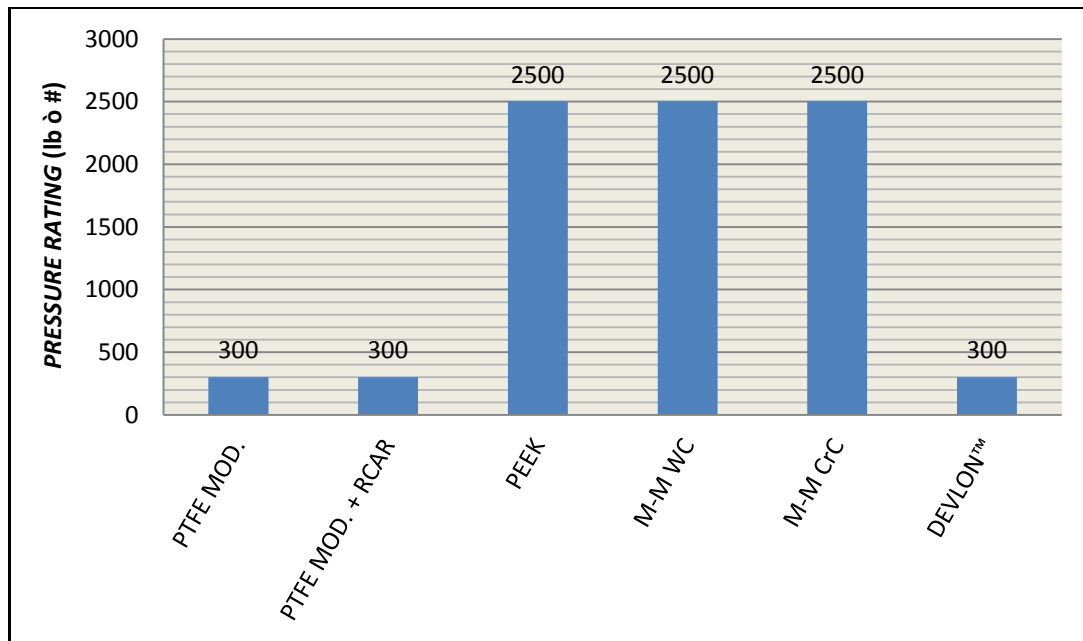


Figura 36 – Pressió màxima del fluid per als seients

7.2.3.2 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- Els materials de seients que resisteixen pressions de fluid més elevades són el PEEK i els seients metall-metall.
- La resta de seients només són aptes per a pressions màximes de 300#.

7.3 SEGONS LA COMPATIBILITAT QUÍMICA AMB EL FLUID

La següent comparativa es basa en les taules de compatibilitat química dels materials metàl·lics, juntes i seients que es troben a l'Annex 2.

Els materials escollits són els més emprats per a les vàlvules de bola o els més representatius del seu grup.

7.3.1 METALLS

Es compara la compatibilitat química dels següents metalls:

- Acer al carboni grau A105N (CS A105N)
- Acer inoxidable grau 410 (SS 410)
- Acer inoxidable grau 304 i 316 (SS 304 i SS 316)
- Acer inoxidable grau 17-4PH (SS 17-4PH)
- Acer inoxidable grau *duplex* S31803 (DSS)
- Aliatge alumini coure grau C95300 (Al-Cu)
- Aliatge N08020 (ALLOY 20)

7.3.1.1 COMPARATIVA DE LA COMPATIBILITAT QUÍMICA

7.3.1.1.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

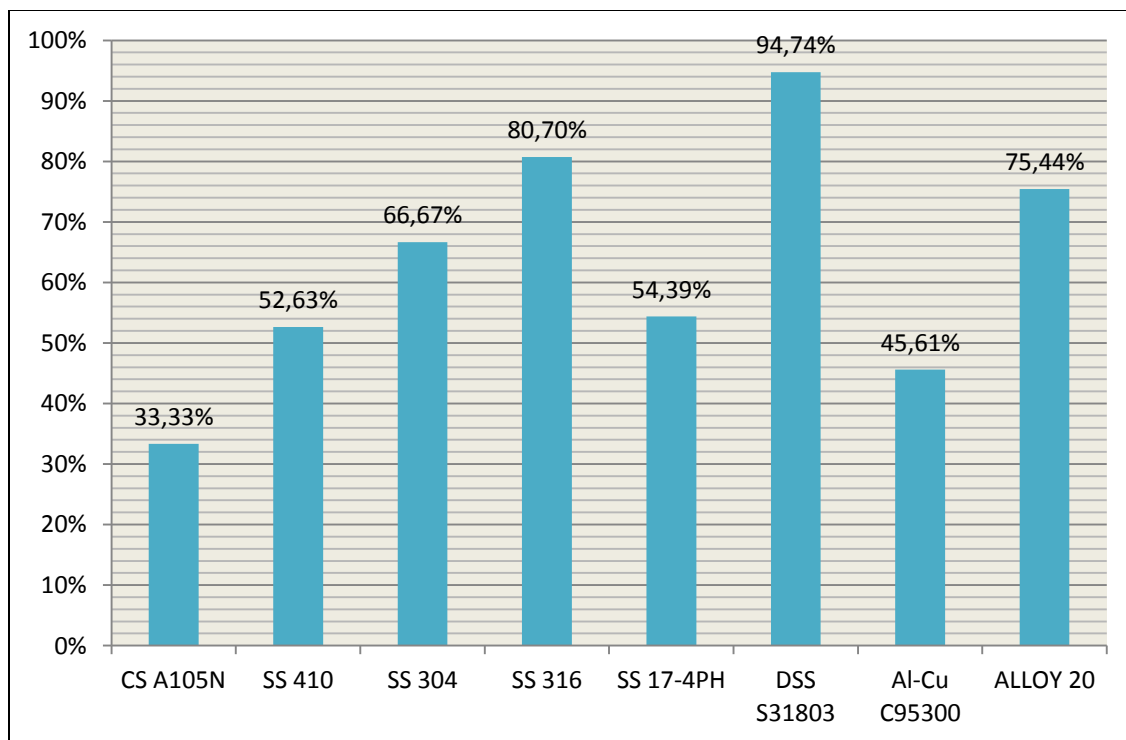


Figura 37 - Comparativa de la compatibilitat química dels metalls n°1

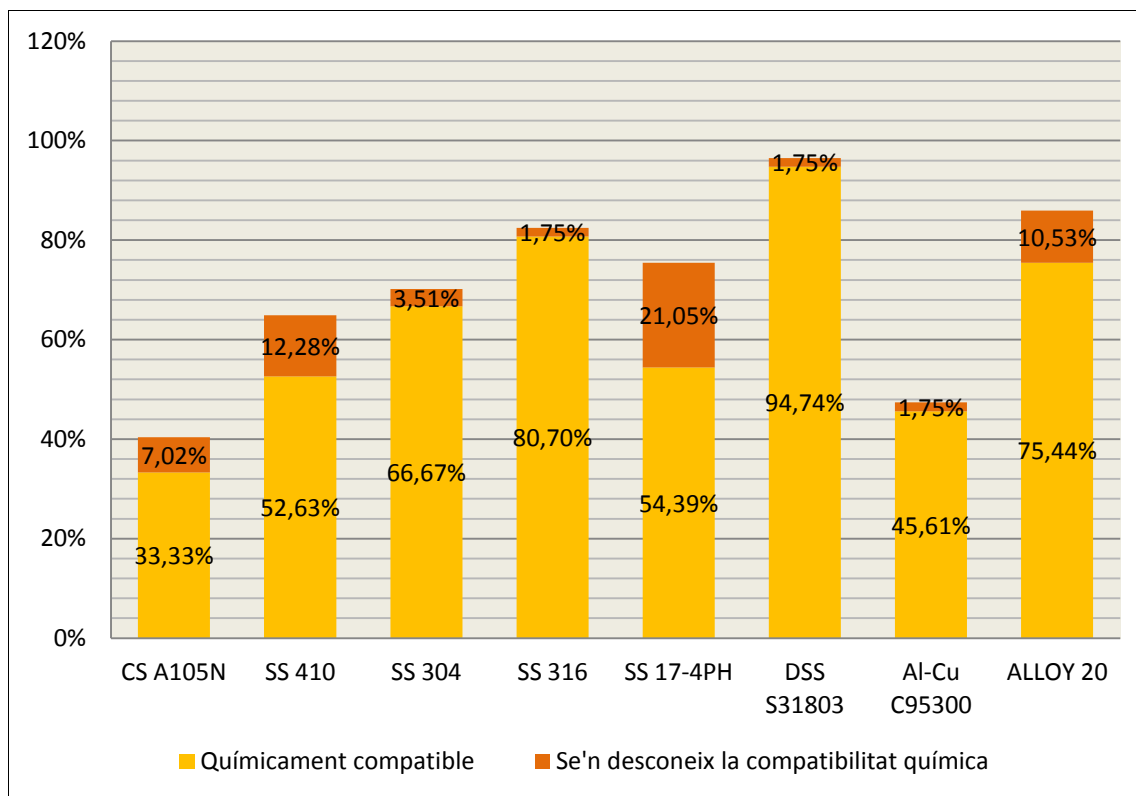


Figura 38 - Comparativa de la compatibilitat química dels metalls n°2

7.3.1.1.2 COMENTARIS

- Els materials estudiats es consideren representatius dels seus respectius grups metàl·lics:

- CS A105N: Grup d'acers al carboni
- SS 410: Grup d'acers inoxidable martensítics
- SS 304 i SS 316: Grup d'acers inoxidable austenístics
- SS 17-4PH: Grup d'acers inoxidable endurits per precipitació
- DSS S31803: Grup d'acers inoxidable *duplex*
- Al-Cu: Grup d'aliatges alumini-coure
- ALLOY 20: Grup d'aliatges amb base de níquel

En cap dels casos el grau escollit és el superior del seu grup. Cadascun compta amb les propietats característiques del seu propi grup.

- En el grup dels acers inoxidable austenístics s'estudien dos graus pel fet de ser ambdós molt utilitzats en vàlvules.

- No es considera necessari l'estudi de compatibilitat química del grup d'acers inoxidable ferrítics pel fet de ser molt poc freqüents a la fabricació de vàlvules.

- Es creu necessària la realització del gràfic comparatiu de la figura 38 a causa que en alguns metalls el percentatge de fluids dels quals se'n desconeix la compatibilitat química és elevat. Existeix la possibilitat que part d'aquest percentatge sigui compatible i pot influir a l'hora d'escollir el material.

7.3.1.1.3 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- El grau amb més percentatge de compatibilitat química és el DSS, seguit del SS 316 i l'ALLOY 20. L'ALLOY 20 és potencialment més compatible que el SS 316 pel fet de tenir un percentatge d'incertesa de compatibilitat més elevat. Generalment el grup d'aliatges amb base de níquel és més resistent químicament. Per tant, es pot considerar que l'ALLOY 20 és més resistent que el SS 316 i, tanmateix també ho són els graus dels seus grup.

- El grau menys resistent és el CS, seguit de l'Al-Cu C95300.

- El grau que presenta un percentatge d'incertesa de compatibilitat química més elevat és el SS 17-4PH. Pel fet de ser un acer inoxidable endurit per precipitació, normalment és escollit per a l'eix de la vàlvula i així aportar un parell superior.

7.3.1.2 COMPARATIVA DEL PRESÈNCIA EN CLOR DELS FLUIDS

7.3.1.2.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

La figura 39 mostra el presència de clor en els fluids amb els que els metalls són compatibles químicament.

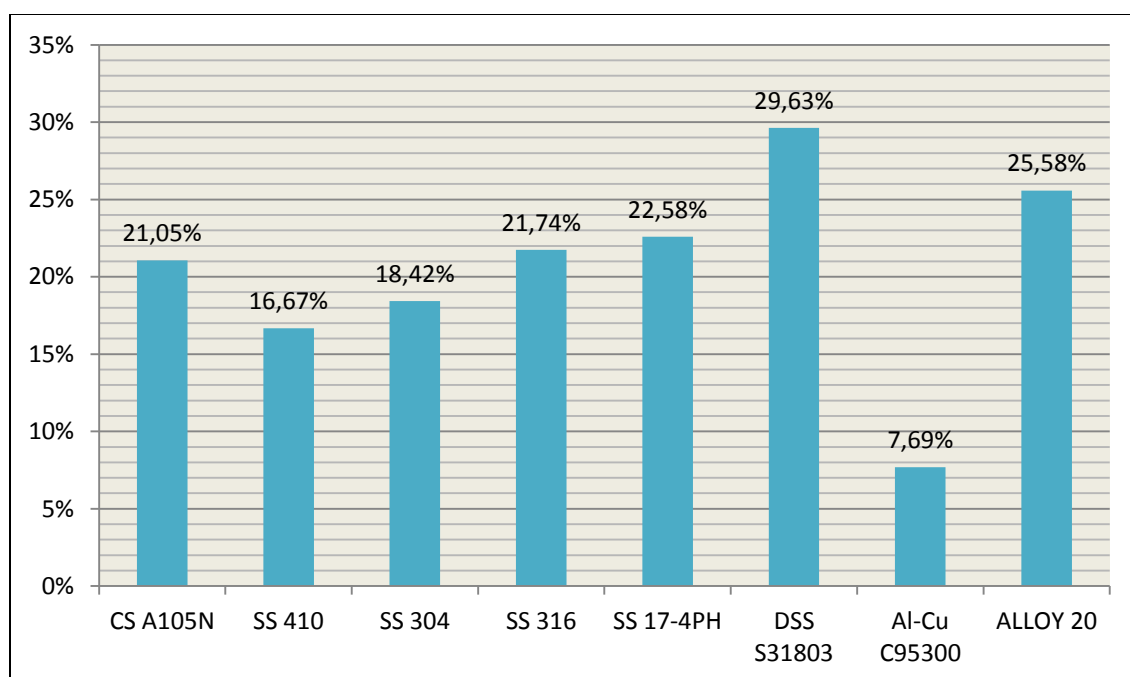


Figura 39 - Comparativa del presència de clor dels fluids amb els que els metalls són compatibles químicament

7.3.1.2.2 COMENTARIS

- No es considera necessari ni representatiu el gràfic de la comparativa del presència de clor amb els fluids dels quals se'n desconeix la compatibilitat química. La causa és el baix percentatge de fluids amb presència de clor que es mostren a la figura 39. En alguns casos el percentatge d'incertesa de compatibilitat química és gairebé el mateix percentatge que el de fluids compatibles amb presència de clor, com es mostra a la següent taula:

Taula 21 - Metalls: percentatge de fluids amb presència de clor i percentatge d'incertesa

METALL	PERCENTATGE DE FLUIDS AMB PRESENCIA DE CLOR	PERCENTATGE D'INCERTESA
CS A105N	21,05%	7,02%
SS 410	16,67%	12,28%
SS 304	18,42%	3,51%
SS 316	21,74%	1,75%
SS 17-4PH	22,58%	21,05%
DSS S31803	29,63%	1,75%
Al-Cu C95300	7,69%	1,75%
ALLOY 20	25,58%	10,53%

7.3.1.2.3 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- El grau d'acer al carboni normalment no és resistent a solucions clorades. A la figura 39 el percentatge de fluids amb presència de clor amb els que el CS A105N és compatible químicament és superior que en graus normalment més resistents a solucions clorades, com ara els graus SS 410 i SS 304. Per tant, no es considera representativa la compatibilitat química amb solucions clorades de la figura 39. Es considera que l'acer al carboni no és compatible amb solucions clorades.

- Excloent el resultat d'acer al carboni, el grau amb menys compatible amb solucions clorades és l'Al-Cu C95300.

- El grau amb més compatibilitat química amb solucions clorades és el DSS S31803, seguit de l'ALLOY 20. Aquest resultat concorda amb la resta de documentació cercada.

7.3.2 JUNTES

Es compara la compatibilitat química dels següents materials de juntes:

- PTFE
- FKM
- HNBR LT
- *LIP SEALS*

7.3.2.1 COMPARATIVA DE LA COMPATIBILITAT QUÍMICA

7.3.2.1.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

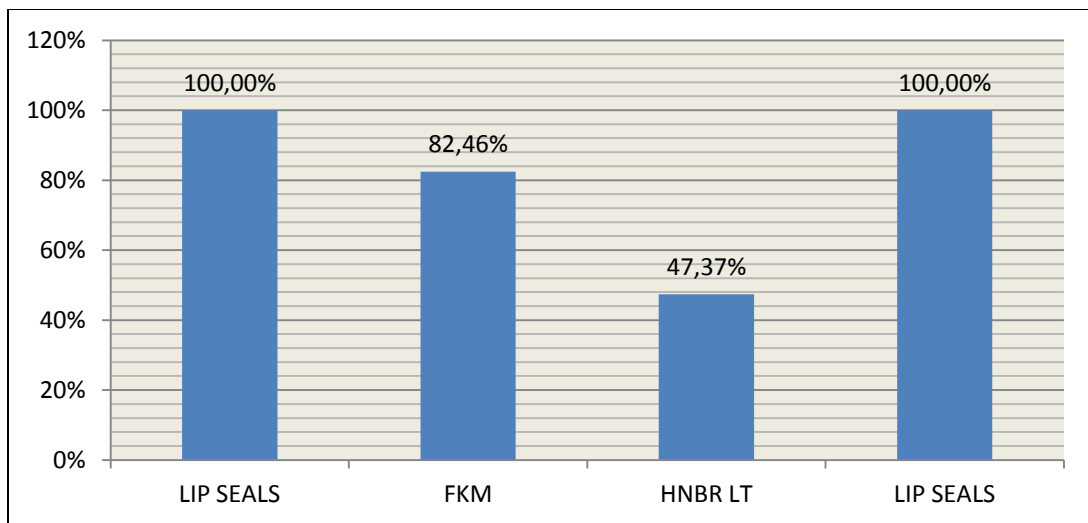


Figura 40 - Comparativa de la compatibilitat química de les juntes nº1

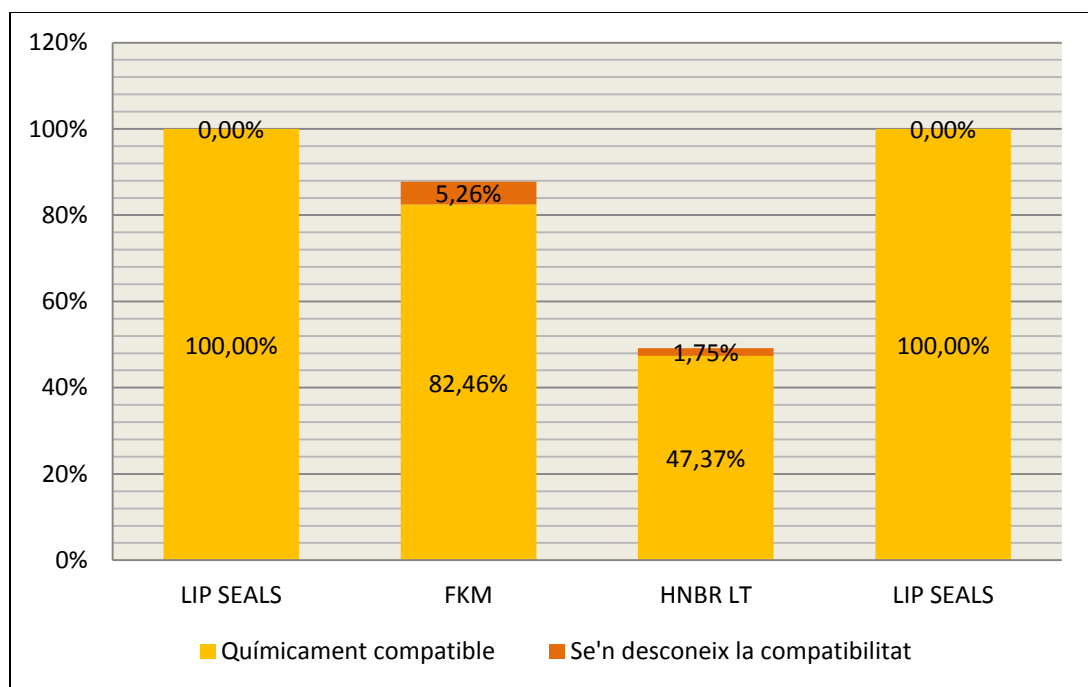


Figura 41 - Comparativa de la compatibilitat química de les juntes nº2

7.3.2.1.2 COMENTARIS

- Els graus més utilitzats per a les juntes són:

- VITON/PTFE™
- VITON B90™
- VITON B90 AED™
- VITON GLT™
- VITON GLT AED™

Tots els graus són del tipus de juntes FKM i les compatibilitats químiques són iguals per a tots ells. Per tant, la columna d'FKM és representativa de tots ells.

- Els *lip seals*, com s'ha explicat a l'apartat 4.4.5.1, estan formats per una espiral metàl·lica i un recobriments de PTFE. Per tant, es considera que la compatibilitat química dels *lip seals* és la mateixa que la del PTFE.

7.3.2.1.3 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- El PTFE modificat és compatible amb tots els fluids de la llista dels 57. Sense dubte, és el material més compatible químicament de tots els estudiats, tant metàl·lics com plàstics

- L'FKM és molt més compatible químicament que l'HNBR LT.

7.3.2.2 COMPARATIVA DE LA PRESENCIA DE CLOR DELS FLUIDS

7.3.2.2.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

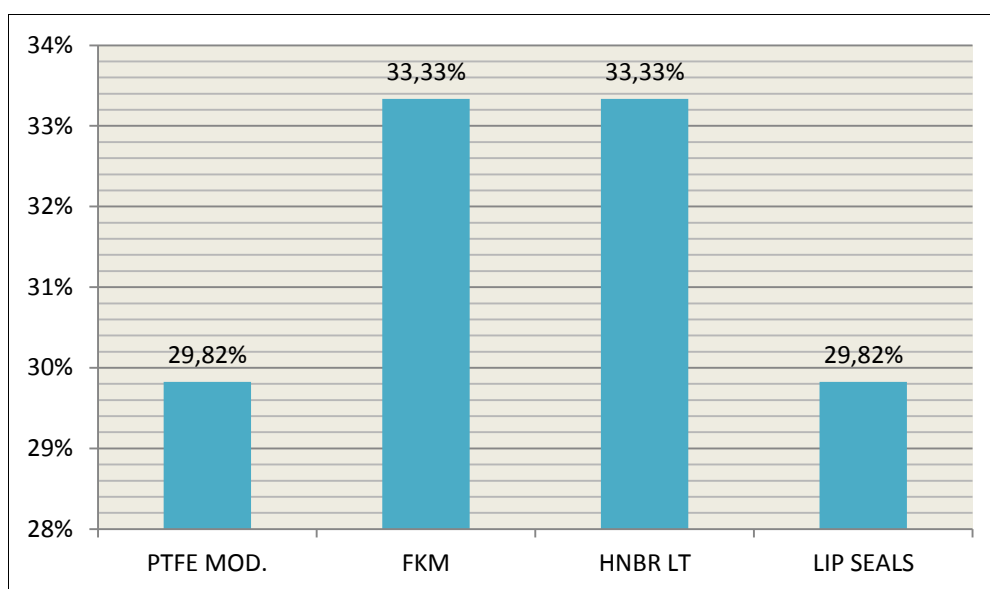


Figura 42 - Comparativa de la presència de clor en els fluids amb els que les juntes són compatibles químicament

7.3.2.2.2 COMENTARIS

- Igual que per als metalls, no es considera necessari ni representatiu el gràfic de la comparativa del presència de clor amb els fluids dels quals se'n desconeix la compatibilitat química.

7.3.2.2.3 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- El percentatge de fluids amb presència de clor és el mateix per a l'FKM i HNBR LT. Per tant, tenen la mateixa afinitat amb fluids clorats.

- Com que es considera que la compatibilitat química del PTFE és la mateixa que la dels *lip seals*, el percentatge dels fluids amb presència de clor és el mateix.

- Cal tenir en compte que l'FKM només és compatible amb el 79% dels fluids de la llista dels 57 totals, és a dir, 45 fluids. Per tant:

$$33,33\% \times 45 = 14,99 \approx 15$$

$$\frac{15}{57} \times 100 = 26,32\%$$

L'HNBR només és compatible amb el 47% dels fluids de la llista, és a dir, 26 fluids. Per tant:

$$33,33\% \times 26 = 8,67 \approx 9$$

$$\frac{9}{57} \times 100 = 15,79\%$$

De la llista completa de fluids l'FKM i HNBR LT tenen compatibilitat química amb el 26,32% i 15,79%, respectivament, de fluids amb presència de clor. Per tant, essent 29,82% el percentatge de PTFE i de *lip seals*, aquests últims són més compatibles químicament amb fluids amb presència de clor.

7.3.3 SEIENTS

Es compara la compatibilitat química dels següents materials de juntes:

- PTFE MOD. (PTFE modificat)
- PEEK
- DELVON™
- M-M WC (metall-metall de carbur de tungstè)

7.3.3.1 COMPARATIVA DE LA COMPATIBILITAT QUÍMICA

7.3.3.1.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

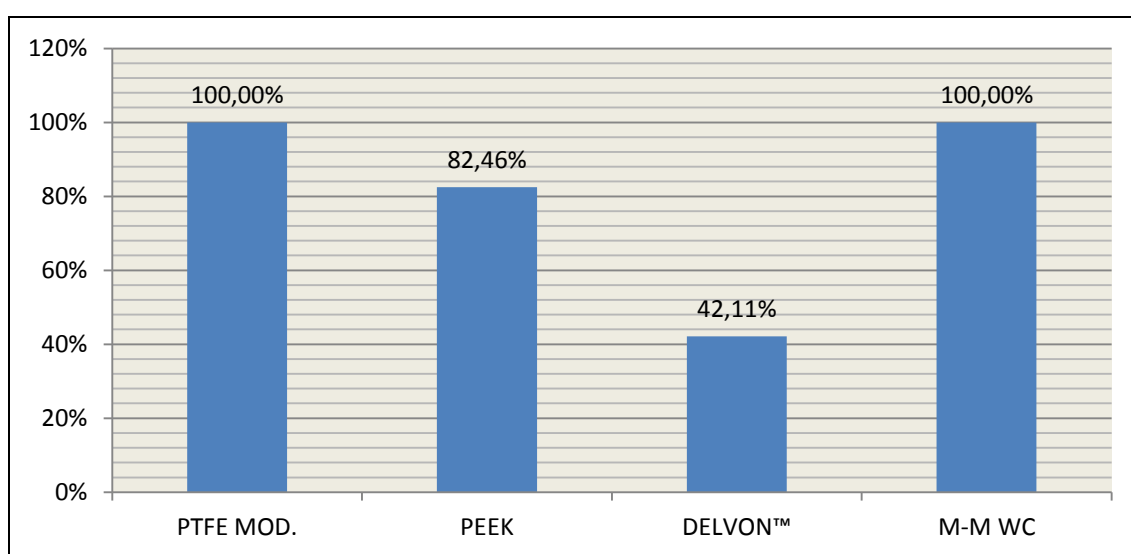


Figura 43 - Comparativa de la compatibilitat química dels seients nº1

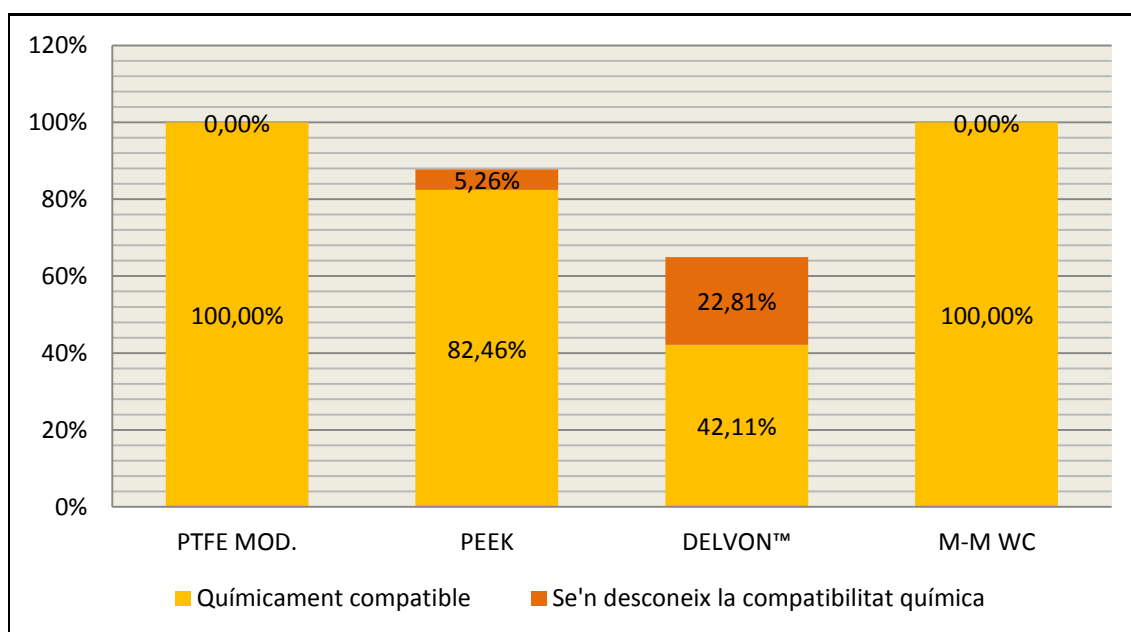


Figura 44 - Comparativa de la compatibilitat química dels seients nº2

7.3.3.1.2 COMENTARIS

- El PTFE modificat és un material que es fa servir tant per a juntes i com seients. Pel fet de la seva àmplia compatibilitat química i importància en el món de les vàlvules es considera oportú incloure'l a l'apartat de juntes i al de seients. En el cas dels seients, es considera el PTFE modificat alhora representatiu del PTFE modificat amb càrrega de carboni. La compatibilitat química d'ambdós és la mateixa.

- El carbur de tungstè es considera representatiu del grup de seient metall-metall. El carbur de crom és tanmateix igual de compatible.

7.3.3.1.3 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- El PTFE i el M-M WC tenen ambdós compatibilitat química total amb la llista de fluids escollits.

- El PEEK té un percentatge de compatibilitat gairebé el doble del DEVLON™.

- El percentatge d'incertesa superior el presenta el DEVLON™. Tot i aquest percentatge, segueix essent menys resistent químicament que el PEEK.

7.3.3.2 COMPARATIVA DE LA PRESENCIA DE CLOR EN ELS FLUIDS

7.3.3.2.1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA

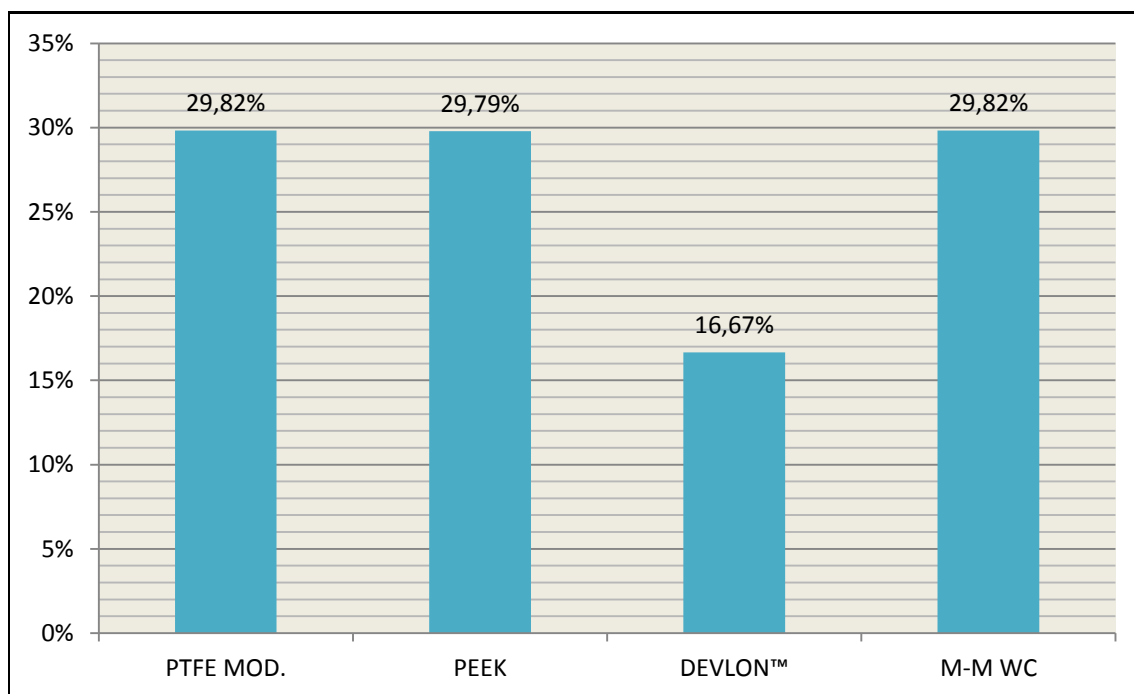


Figura 45 - Comparativa de la presència de clor en els fluids amb els que les juntes són compatibles químicament

7.3.3.2.2 COMENTARIS

- Igual que per als metalls i juntes, no es considera necessari ni representatiu el gràfic de la comparativa del presència de clor amb els fluids dels quals se'n desconeix la compatibilitat química.

7.3.3.2.3 INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

- El PTFE modificat i el seient metall-metall de carbur de tungstè són els més compatibles en solucions clorades.

- Tot i que a la figura 45 es mostri que el PEEK és gairebé igual de compatible que el PTFE modificat i que el seient metall-metall de carbur de tungstè, essent el percentatge de compatibilitat química davant de la llista global de fluids d'aquests dos superior al PEEK, el percentatge del PEEK és inferior respecte la llista global.

8 SELECCIÓ DEL PRODUCTE: L'EISVAL

8.1 SUPORT INFORMÀTIC

És una eina creada amb el programa Microsoft Office Excel 2007, fent servir el llenguatge de programació *Visual Basic*. Està orientada per a que l'usuari sigui capaç d'utilitzar-la amb l'ajuda i suport d'un enginyer químic, seguint les condicions i passos esmentats a l'Annex 3.

8.2 FUNCIONAMENT

8.2.1 CONDICIONS PREESTABLERTES

Les condicions preestablertes que utilitza l'eina són les que introdueix l'usuari:

- 1) Mida de la vàlvula
- 2) *Pressure rating*
- 3) Tipus de contrucció
- 4) Temperatura màxima de servei
- 5) Temperatura mínima de servei
- 6) Tipus de fluid

8.2.2 PASSOS A SEGUIR

Els passos a seguir per l'usuari s'especifiquen a l'Annex 3.

8.2.3 CODI UTILITZAT

A l'Annex 3, es mostra el llenguatge utilitzat a cada pantalla del programa.

8.3 EL FUTUR DE L'EISVAL

S'ha creat l'eina amb el següent: seleccionar els materials òptims per a una vàlvula de bola segons condicions preestablertes.

Es considera que el futur d'aquesta eina té les següents branques:

- Continuació de l'estudi de les propietats fisicoquímiques dels materials
- Incloure paràmetres de selecció de disseny
- Incloure les fases posteriors a la cerca de materials i dissenys idonis, com ara el tipus de pintura, tipus d'operador i proves recomenades
- Donar-li un caire més comercial (càlcul de preus del material en brut, càlcul de mà d'obra, càlcul de desplaçaments,...)
- ...

9 PLEC DE CONDICIONS

9.1 ÚS DE L'EINA INFORMÀTICA

9.1.1 DESCRIPCIÓ DE LES CONDICIONS

- 1) L'usuari només ha d'utilitzar fulles d'excel marcades de color blau. Les que no estan marcades contenen informació de càlcul.

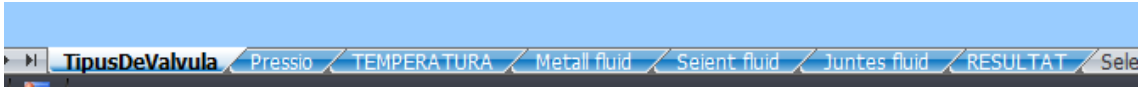


Figura 46 – Fulles de l'EISVAL que l'usuari ha d'utilitzar

- 2) L'usuari només ha d'utilitzar les zones marcades de color a cada fulla d'excel.

9.2 DADES PREESTABLERTES

9.2.1 DESCRIPCIÓ DE LES CONDICIONS

- 1) No s'han d'introduir les unitats, només cal posar-ne el valor en les unitats esmentades a continuació.
- 2) Essent les unitats internacionals per a mides de vàlvula polzades o milímetres, s'ha establert com a unitat per fer ús de l'EISVAL el milímetre.
- 3) El rang que limita la mida de la vàlvula és 15mm – 600mm. Per tant, el valor a introduir al camp corresponent ha de ser un valor igual comprès entre 15 i 600, ambdós inclosos.
- 4) Essent les unitats internacionals per al *pressure rating* lliures per polzada quadrada, s'ha establert aquesta com la unitat per a introduir-ne el valor a l'EISVAL.
- 5) El valor de *pressure rating* pot ser 150, 300, 600, 800, 900, 1500 o 2500. Així doncs, s'ha limitat la pressió mínima 150# i la màxima 2500#.
- 6) La construcció de la vàlvula pot ser *floating* o *trunnion*.
- 7) Tant la temperatura màxima com la temperatura mínima s'han d'introduir en graus centígrads.
- 8) El sistema permet escollir vàlvules de construcció *trunnion* fins a la mida mínima de 25mm. Per a mides inferiors a 25mm es considera que el moviment de la bola dins de la seva cavitat és molt limitat i, per tant, no és necessari que sigui suportada.
- 9) El sistema permet escollir vàlvules de construcció *floating* fins a la mida de 250mm. Per a mides superiors a 250mm es considera que el moviment de la bola és massa elevat dins de la seva cavitat i, per tant, és necessari que sigui suportada.

9.2.2 RESUM DE CONDICIONS PER A LES DADES PREESTABLERTES:

Mida (mm)	Valor comprès entre 15 i 600 (ambdós valors inclosos)
<i>Pressure rating</i> (lb/in ²)	Valors possibles: 150, 300, 600, 800, 900, 1500, 2500
Construcció	<i>Floating</i> o <i>trunnion</i>

9.3 CONDICIONANTS DEL *PRESSURE RATING*, TEMPERATURA I COMPATIBILITAT FÍSICOQUÍMICA AMB EL FLUID

- 1) Per a la selecció dels materials de juntes i seients, l'eina proporciona el resultat separat de la selecció segons el *pressure rating*, selecció segons temperatura i selecció segons tipus de fluid. En el cas de la selecció dels metalls, el sistema no mostra el resultat separat segons temperatura i segons tipus de fluid per la raó de la gran quantitat de metalls que es consideren.
- 2) El *pressure rating* no afecta a la selecció del material metàl·lic.
- 3) Cal escollir el mateix tipus de fluid per a material de juntes, material de seients i material metàl·lic.

10 PRESSUPOST

10.1 INTRODUCCIÓ

El present document detalla el pressupost del projecte final de carrera “Projecte d’estandardització i sistematització del procés de selecció de vàlvules de bola segons condicions preestablertes”.

El pressupost s’ha dividit segons les inversions en:

- Hores
- Material

10.2 HORES INVERTIDES

La taula 22 mostra la relació de les hores invertides per a cada tasca especificada. La tasca en la qual s'hi han invertit més hores és l'estudi i comparació de les propietats fisicoquímiques dels materials. En la que menys temps s'hi ha invertit és la creació de l'eina informàtica.

El preu total de les hores invertides és de 10.200€.

Taula 22 – Hores invertides per fer el PFC

DESCRIPCIÓ DE LA TASCA	QUANTITAT (h)	PREU UNITARI (€/u)	PREU TOTAL (€)
Recerca bibliogràfica i recopilació de la informació	35	30	1.050
Disseny de les vistes i seccions de les vàlvules amb Solid Edge	10	30	300
Estudi i comparació de les propietats fisicoquímiques dels materials	242	30	7.260
Creació de l'eina informàtica (EISVAL)	8	30	240
Redacció del projecte	45	30	1.350
		TOTAL	10.200

10.3 MATERIAL

La taula 23 detalla la inversió en material, essent el preu total 981,32€.

Taula 23 – Inversió en material per fer el PFC

DESCRIPCIÓ DE LA TASCA	UNITAT	QUANTITAT	PREU UNITARI	PREU TOTAL
Fotocòpies del material bibliogràfic	ut.	1200	0,06 €/ut	72,00 €
Enquadernació material bibliogràfic	ut.	1	2,00 €/ut	2,00 €
Amortització de l'ordinador	mesos	7	10,00 €/mes	70,00 €
Connexió internet	mesos	7	35,00 €/mes	245,00 €
Desplaçaments per a la recopilació de la informació	km	90	0,20 €/km	18,00 €
			TOTAL	407,00 €

10.4 PRESSUPOST TOTAL

Tenint en compte el preu les hores invertides i el preu del material, el pressupost total del projecte és de 10.607,00€ (DEU MIL SIS-CENTS SET EUROS).

Taula 24 – Pressupost total

DESCRIPCIÓ DE LA INVERSIÓ	PREU TOTAL PER INVERSIÓ
Hores	10.200,00 €
Material	407,00 €
TOTAL	10.607,00 €

Ester Robles Santos
Estudiant d'Enginyeria Tècn. Ind. Química Ind.
Girona, 10 de gener de 2013

11 BIBLIOGRAFIA

11.1 LLIBRES CONSULTATS

ASKELAND, D. *Ciencia e ingeniería de los materiales*. Madrid: International Thomson Editores, 2001. ISBN 8497320166

SMITH, W. *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. Madrid: Mc.Graw-Hill. 3ª Edició, 2004. ISBN 9701056388

GREENE, R. *Válvulas: selección, uso y mantenimiento*. México: McGraw-Hill, 1987. ISBN 9684220332

BILURBINA, L. *Fonaments de la corrosió i mesures de protecció*. Barcelona: Edicions UPC, 1996. ISBN 8489636060

11.2 NORMATIVA INTERNACIONAL CONSULTADA

API (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE). *Pipeline Valves. API Specification 6D*. Ed. 2002

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Forgings, Requiring Notch Toughness Testing for Piping Components*. A350/A350M – 10. USA, 2011

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Carbon Castings, Austenitic, for Pressure-Containing Parts*. A351/A351M – 10. USA, 2010

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Steel Castings, Ferritic and Martensitic, for Pressure-Containing Parts, Suitable for Low-Temperature Service*. A352/A352M – 06. USA, 2006

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Stainless Steel Bars and Shapes for Use in Boilers and Other Pressure Vessels*. A479/A479M – 11. USA, 2011

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Castings, Nickel and Nickel Alloy*. A494/A494M – 09. USA, 2009

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Hot-Rolled and Cold-Finished Age-Hardening Stainless Steel Bars and Shapes*. A564/A564M – 04. USA, 2004

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Pipe Flanges, Fittings, Valves, and Parts for High-Pressure Transmission Service*. A694/A694M – 08. USA, 2008

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Castings, Iron-Chromium-Nickel-Molybdenum Corrosion-Resistant. Duplex (Austenitic/Ferritic) for General Application*. A890/A890M – 10. USA, 2010

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Casting, Austenitic-Ferritic (Duplex) Stainless Steel, for Pressure-Containing Parts*. A995/A995M – 09. USA, 2009

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Aluminum Bronze Sand Castings*. B148 – 97. USA, 2009

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Aluminum Bronze Rod, Bar, and Shapes*. B150/B150M – 08. USA, 2008

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Nickel-Copper Alloy Rod, Bar, and Wire*. B164 – 03. USA, 2003

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Nickel-Chromium-Molybdenum-Columbium Alloy, Nickel-Chromium-Molybdenum-Silicon Alloy, and Nickel-Chromium-Molybdenum-Tungsten Alloy Rod and Bar*. B446 – 03. USA, 2003

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). *Standard Specification for Nickel Alloy Forgings*. B564 – 06a. USA, 2006

ASME (AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS). *Pipe Flanges and Flanged Fittings*. B16.5-2009. USA, 2009

ASME (AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS). *Valves-Flanged, Threaded and Welding End*. B16.34-2009. USA, 2009

ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION). *Metal ball valves for petroleum, petrochemical and allied industries*. ISO 17292. Switzerland, 2004.

11.3 CATÀLEGS COMERCIALS CONSULTATS

OUTOKUMPU GROUP HEADQUARTERS, Finland. *Standard Cr-Ni Stainless Steels*. 2006

AK STEEL CORPORATION, USA. *Stainless Steel Comparator*. 2010

EUROPEAN SEALING ASSOCIATION, England. *Sealing Technology-BAT guidance notes*. ESA Publication N° 014/09. 2009

ATLAS SPECIALTY METALS, Australia. *Galvanic corrosion. Tech Note no.7*. 2006

ATLAS SPECIALTY METALS, Australia. *Stainless steels grade selection*. 2006

BRITISH PETROLEUM COMPANY, England. *Guide to Valve Selection, Doc n° RP 62-1*. 1992.

ATLAS SPECIALTY METALS, Australia. *The Atlas Specialty Metals Technical Handbook of Stainless Steels*. Ed. 2003.

KUBOTA METAL CORPORATION, Canada. *Alloy Data Sheet CA6NM*. Revision 09/96.

KUBOTA METAL CORPORATION, Canada. *Alloy Data Sheet CF8M*. Revision 01/90.

ATI ALLEGHENY LUDLUM TECHNOLOGIES, USA. *Technical Data Blue Sheet Duplex Stainless Steel (UNS S31803 and S32205)*. 2007

ATLAS SPECIALTY METALS, Australia. *Grade Datasheet: 2205*. 2006

OUTOKUMPU GROUP HEADQUARTERS, Finland. *Duplex Stainless Steel*.

OUTOKUMPU GROUP HEADQUARTERS, Finland. *Type 316, Type 316L, UNS S31600, UNS S31603*.

AK STEEL CORPORATION, USA. *Product Data Bulletin. 316/316L Stainless Steel*.

ATLAS SPECIALTY METALS, Australia. *Grade datasheet: 410*. 2006

ATI ALLEGHENY LUDLUM TECHNOLOGIES, USA. *Technical Data Blue Sheet Stainless Steel AL 17-4 Precipitation Hardening Alloy*. 2006

ATLAS SPECIALTY METALS, Australia. *Grade datasheet: 630 (17-4PH)*. 2006

OUTOKUMPU GROUP HEADQUARTERS, Finland. Type 630 17 Cr-4Ni UNS S17400.

ATI ALLEGHENY LUDLUM TECHNOLOGIES, USA. *Technical Data Blue Sheet Stainless Steel AL 17-4 Precipitation Hardening Alloy*. 2006

AK STEEL CORPORATION, USA. *Product Data Bulletin 17-4 PH Stainless Steel*.

SPECIAL METALS, USA. *INCONEL alloy 625*. 2006.

SPECIAL METALS, USA. *INCONEL alloy 718*. 2004

FERGUSON METALS, USA. *Technical Data Nickel-Base Superalloy Type 718*.

SPECIAL METALS, USA. *INCONEL alloy 725*. 2005.

SPECIAL METALS, USA. *INCONEL alloy X-750*. 2004

SPECIAL METALS, USA. *MONEL alloy 400*. 2005

SPECIAL METALS, USA. *MONEL alloy K-500*. 2004

WEIR MATERIALS & FOUNDRIES, England. *Technical Data Sheet Super Duplex Stainless Steel*.

TSL (THAMES STOCKHOLDERS), England. *UNS S32760 / 1.4501 / F55 Data Sheet*. 2007

OUTOKUMPU GROUP HEADQUARTERS, Finland. Type 254 SMO. UNS S31254. USA
HPALLOYS. Nitronic 50 Stainless Steel.

G. O. Carlson, Inc., England. *Product Data Bulletin Nitronic 50*. 1998

EPIDOR S.A., España. *Juntas tóricas*. 2012

JAMES WALKER, England. *High Performance Sealing Technology. O-rings.* 2005

OLDRATI GUARNIZIONI INDUSTRIAL SPA, Italy. *O-rings.* 2010

TRELLEBORG, Sweden. *Static seals.* 2007

TRELLEBORG, Sweden. *Juntas tóricas.* 2007

TRELLEBORG, Sweden. *Turcon Varieseal.* 2008

JAMES WALKER, England. *DEVOL - DEVLON™ V API.* 2012

3M FLUOROPOLYMERS, USA. *Dyneon Polytetrafluoroethylene. Product Comparison Guide.* 2003

3M FLUOROPOLYMERS, USA. *DYNEON - Technical information: Granular PTFE for molding and ram extrusion TF 1641 PTFE.* 2001

3M FLUOROPOLYMERS, USA. *DYNEON - Technical information: Modified granular PTFE for molding and ram extrusion TF 1645 PTFE.* 2001

3M FLUOROPOLYMERS, USA. *DYNEON - Technical information: Modified granular PTFE for molding and ram extrusion TFM 1600 PTFE.* 2001

3M FLUOROPOLYMERS, USA. *DYNEON TFM PTFE: Improved performance and design flexibility.* 2002

JAMES WALKER, England. *DEVLO™ V-API. Devol Engineering Polymers – Thermoplastic.* 2008

JAMES WALKER, England. *DEVLO™ PEEK. Devol Engineering Polymers – Polyetheretherketone.* 2008

JAMES WALKER, England. *VICTREX PEEK 450G. Victrex Europa GmbH – Polyetheretherketone.* 2008

VICTREX, England. *Material Properties Guide.* 2010

SPECIAL METALS, USA. *High-Performance Alloys for Resistance to Aqueous Corrosion*. 2011

NICKEL INSTITUTE, Canada. *How nickel improves ferritic & martensitic stainless steels*. 2011.

INTERNATIONAL MOLYBDENUM ASSOCIATION, USA. *Practical guidelines for the fabrication of duplex stainless steels*. 2001

METTLER TOLEDO-SAFELINE, España. *Detección de metales*. 2009.

ATLAS SPECIALTY METALS, Australia. *Product specifications*. 2011

RED POINT ALLOYS BV, Netherlands. *Material specifications*. 2008

ATLAS STEEL, Australia. *Specialty steels product reference manual. Section 9: Appendices*. 2000

AALCO METALS, England. *Bronze CA104*. 2009

EPIDOR, España. *Juntas tóricas, juntas EQ*. 2012

TRELLEBORG, Sweden. *Gama de Producto estanquidad industrial*. 2007

KALREZ-DUPONT DOW ELASTOMERS, USA. *Technical Information*. 1999

TITAN INDUSTRIES, USA. *Chemical resistance*. 2009

PPE-PERLAST, England. *Technical guide to Elastomer Compounds and Chemical Compatibility*. 2006

TRELLEBORG, Sweden. *Materials Chemical Compatibility Guide*. 2009

CAT PUMPS, USA. *Chemical Compatibility Guide*. 2010

GPI, USA. *Chemical Compatibility Guide for GPI Flowmeters. Section 7: Reference Materials*. 2010

NIBCO, USA. *Nibco chemical resistance guide for valves & fittings*. 2012

FNW, USA. *Chemical compatibility*. 2005

EMERSON, USA. *Chemical Resistance Chart*. 2005

BAC VALVES, S.A., España. *General Catalogue Product*. 2009

PM4DEV, USA. Paola L.Díaz. *Gestión del Presupuesto del Proyecto*. 2009

EMERSON, USA. *Technical: Sulfide Stress Cracking – NACE MR0175-2002, MR0175/ISO 15156*. 2012

CAAP, Canada. *Use of International Standard NACE MR0175/ISO 15156*. 2005

11.4 CONSULTES WEB

CABELLO, E. *Curso de VBA Excel*. <http://cursovisualexcel.wordpress.com/>

LENNTECH BV, Netherlands. *Water Treatment Solutions*. Ed. 2012 <http://www.lenntech.es>

IUPAC (INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY), England, *Recommendations on Organic & Biochemical Nomenclature, Symbols & Terminology etc.* Ed. 2012. <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/>

JAMES WALKER, England. <http://www.jameswalker.biz/jwco/>

TRELLEBORG, USA. <http://www.trelleborg.com/en/>

OUTOKUMPU GROUP HEADQUARTERS, Finland.
<http://www.outokumpu.com/en/Pages/default.aspx>

OLDRATI GUARNIZIONI INDUSTRIAL SPA, Italy. <http://www.olderati.it/>