

Resum

Aquest volum conté annexos que donen suport al contingut de la memòria del Projecte Final de Carrera.

Quant a continguts, hi ha un extracte de la normativa vigent on s'especifiquen aquelles característiques dels fossats de tir i del reglament de l'esport que estan íntimament lligades amb les prestacions de la màquina objecte.

També s'hi adjunta un document relatiu al vol del plat que, tot i no ser objecte d'estudi d'aquest projecte, té l'interès d'estar relacionat amb la funció de la màquina, és la continuació del moviment que genera la màquina.

Hi ha un capítol de càlculs que suporta el dimensionament dels components i ajuda a justificar les decisions de disseny emprades.

I finalment hi ha l'estudi econòmic (pressupost).

Sumari

Resum	1
Sumari	3
A Normativa per a les galeries i instal·lacions de tir	5
A.1 Normes generals dels camps de tir al plat	5
A.2 Especificacions de les instal·lacions de fossat	5
A.3 Especificacions de les instal·lacions de fossat doble	8
B Esquemes de configuració al fossat.....	11
C Vol del plat.....	19
D Càlculs.....	20
D.1 Accionament del braç	20
D.2 Moviment “lliure” del braç.....	30
D.3 Mecanisme de gir unidireccional.....	37
D.4 Unió arbre-botó braç.....	39
D.4.1 Unió per pinçament amb botó semipartit.....	39
D.4.2 Unió per estriat de perfil envoltant	40
D.5 Unió botó braç-braç	41
D.6 Rodament superior	43
D.7 Unió arbre-manovella.....	44
D.8 Unió manovella-eix biela.....	47
D.9 Recàrrega del braç	50
D.10 Selecció de motor i transmissió	53

F	Pressupost.....	57
F.1	Condicionants.....	57
F.2	Cost del producte acabat.....	57
F.3	Planificació de resultats.....	59

A Normativa per a les galeries i instal·lacions de tir

A.1 Normes generals dels camps de tir al plat

Segons el reglament tècnic:

6.4.17.1 Los campos que estén contruidos en el Hemisferio Norte, deben colocarse de modo que los disparos vayan en dirección Norte o Noroeste. Los campos que estén contruidos en el Hemisferio Sur, deben colocarse de modo que los disparos vayan en dirección Sur o Suroeste. Esta orientación, es para colocar el sol en la espalda del deportista tanto como sea posible durante el día de la tirada.

6.4.17.2 Los nuevos campos de plato deben construirse donde se juzgue necesario con una zona razonable de nivel de caída del disparo y libre de obstáculos para permitir mecanismos de recuperación y el reciclado del plomo de los perdigones.

A.2 Especificacions de les instal·lacions de fossat

Segons el reglament tècnic:

6.4.18.1 El Foso
El alojamiento de las máquinas lanzaplatos debe construirse de modo que la superficie más alta del techo esté al mismo nivel que la superficie de los puestos de tiro. Las medidas interiores del foso deben ser, aproximadamente de 20 m de extremo a extremo, 2 m desde la parte delantera a la trasera y de 2 a 2,10 m desde el suelo hasta la parte inferior del techo. Estas dimensiones deben permitir libertad de movimiento para el trabajo del personal y suficiente espacio para almacenar los platos (véase figuras).

6.4.18.2 La Distancia entre Fosos
La distancia existente entre el centro de la máquina 15 en el Campo A y el centro de la máquina uno (1) en el Campo B no debe ser inferior a 35 m. En los casos de campos ya existentes con una distancia menor a 35 m, como se especifica anteriormente, el Jurado podrá reducir el ángulo de lanzamiento orientando la máquina 13 del Campo A, y la tres (3) del Campo B, si fuera preciso, para prevenir que los platos se crucen por la trayectoria de vuelo del campo adjunto y así no molestar a los deportistas.

6.4.18.3 Máquinas Lanzadoras de Platos

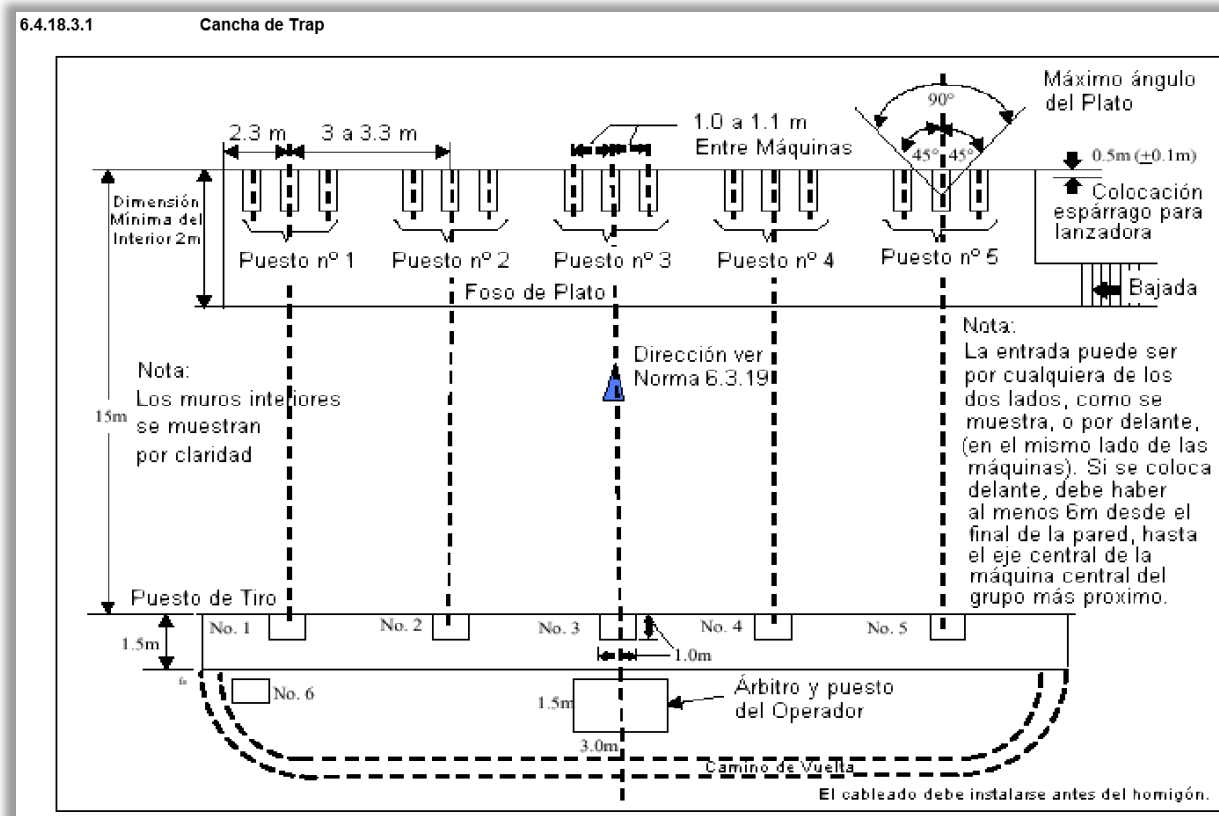
Cada foso debe tener 15 máquinas fijas al suelo o la pared delantera del foso. Las máquinas deben estar divididas en 5 grupos de tres (3). El centro de cada grupo debe estar indicado solamente por una marca pintada en la parte superior del techo, la cual debe estar posicionada de forma que debe indicar el punto sobre la máquina central de cada grupo de donde saldrá el plato cuando se seleccione el lanzamiento a cero (0) grados. La distancia entre las máquinas, dentro de cada grupo, debe ser igual y de 1,00 m a 1,10 m La distancia entre las máquinas centrales de los grupos debe ser de 3 m a 3,30 m Para canchas ya existentes puede ser de 3,00 a 6,00 m.

- a) En caso de que se utilicen máquinas en las que la lanzadera gire en el sentido de las agujas del reloj, la distancia entre la máquina de la izquierda (visto desde detrás) y la del centro de cada grupo puede reducirse a menos del indicado 1,00 m a 1,10 m (ver también artículo 6.4.20.1).

- b) Las máquinas deben instalarse en el foso de forma que el espárrago sobre el que gira la lanzadora esté a 0,50 m ($\pm 0,10$ m) por debajo de la parte superior del techo del foso y situado a 0,50 m hacia atrás ($\pm 0,10$ m) del borde delantero del techo, cuando la máquina está ajustada a 2 m. de altura. Esto está definido como punto de lanzamiento. Las máquinas pueden ser completamente automáticas (carga y disparo automáticos), semiautomáticas (carga a mano y disparo automático) o manuales (carga y disparo a mano). Cada máquina debe estar provista de un sistema de precinto de los ángulos, alturas y del muelle de lanzamiento después de que hayan sido inspeccionados y aprobados por el Jurado. Todas las máquinas deben estar provistas de un dispositivo para fijar la trayectoria establecida para el lanzamiento del plato. Todas las máquinas que se carguen a mano deben tener dos topes incorporados. Los topes son necesarios para prevenir movimientos accidentales o deliberados del plato hacia adelante o atrás en la lanzadera, cambiando así las condiciones preestablecidas del plato. Cada máquina debe contar con los sectores de los ángulos y alturas marcadas con aumentos de 10 en 10 grados.

- c) Las máquinas deben dispararse por sistema eléctrico-manual o eléctrico microfónicos. El sistema de control debe estar situado en tal posición que el «pulier» pueda ver y oír claramente la señal del deportista. Los aparatos de disparo deben garantizar la misma distribución de los platos a cada deportista en una serie de 25 platos. Esta distribución debe ser: 10 platos a la derecha, 10 platos a la izquierda y 5 platos al centro. Con la distribución correcta, en una serie de 25 platos cada grupo de máquinas debe lanzar dos platos de la máquina izquierda, dos de la máquina derecha y uno de la máquina central, según van avanzando los deportistas del puesto 1 al 5. Después de cada cinco platos, la aguja del selector debe variar un punto.

- d) Los cinco (5) puestos de tiro deben estar dispuestos en una línea recta, a una distancia hacia atrás de 15 m del borde delantero del foso. Cada puesto de tiro debe estar indicado por un cuadrado, de 1 m por 1 m delimitado claramente, que está centrado sobre una línea perpendicular a la línea de puesto de tiro y que se prolonga hacia la marca pintada que indica el punto de lanzamiento a cero grados sobre la máquina central de cada grupo de tres. Debe estar marcado un sexto puesto, a unos dos metros hacia atrás y ligeramente a la izquierda del puesto 1, donde debe situarse el deportista número 6. Los seis puestos deben estar provistos de una mesa o banco donde los deportistas puedan colocar sus cartuchos sobrantes y otros accesorios. Los puestos deben ser firmes y nivelados en todas direcciones. Cada puesto debe tener una pieza de madera o trozo de alfombra o de goma de unos 15 cm, cuadrado o redondo, sobre el cual el deportista pueda descansar su arma.
- e) Para las Finales de Trap debe montarse una lámpara coloreada de intensidad media en cada pie de microfono a una altura de 40 cm a 75 cm. Indicando cuando el micrófono esta "vivo". El sistema de la lámpara debe estar construido para indicar una "pausa" (micrófono "muerto") de 12 segundos después de que cada deportista ha disparado un número de platos predeterminados. Al final de la de la pausa, el árbitro debe ordenar "PREPARADOS" y el deportista que va a disparar tendrá otros 12 sec. de tiempo de preparación para solicitar /pedir el plato.
- f) 3 o 4 metros detrás de la línea de puestos de tiro debe hacerse un camino de uso obligatorio para los deportistas que pasan del puesto 5 al puesto 6. Los deportistas no deben circular entre este camino y los puestos de tiro. Deberá colocarse un cable, cuerda u otro tipo de barrera conveniente entre 7 m y 10 m por detrás del camino de vuelta. No se permite la presencia de ningún espectador a partir de esta barrera. Árbitros y Jueces son responsables del cumplimiento de esta norma. Los puestos de tiro, el puesto del árbitro y del operador deben tener una protección adecuada para el sol y la lluvia.



A.3 Especificacions de les instal·lacions de fossat doble

Segons el reglament tècnic:

6.4.20.1 El Foso

Son los campos de Foso Olímpico los que más comúnmente se adaptan a la competición de Doble Trap al disponer del grupo central de máquinas, números 7, 8 y 9, directamente delante del puesto 3. Ver normas de Doble Trap.

6.3.20.2 Distancias entre Fosos

6.4.20.2.1 Ver artículo 6.4.18.2 cuando se empleen Fosos de Trap.

6.4.20.2.2 Cuando se construyen fosos de Doble Trap separados, ver figura 6.4.18.2, la distancia desde la máquina central de un campo hasta la máquina central del campo contiguo no debe ser inferior a 35 m (Los ángulos de los platos en Doble Trap no son tan severos como los que hay en el Trap, por lo tanto no requieren reducciones).

6.4.20.2.3 Las Máquinas Lanzaplatos

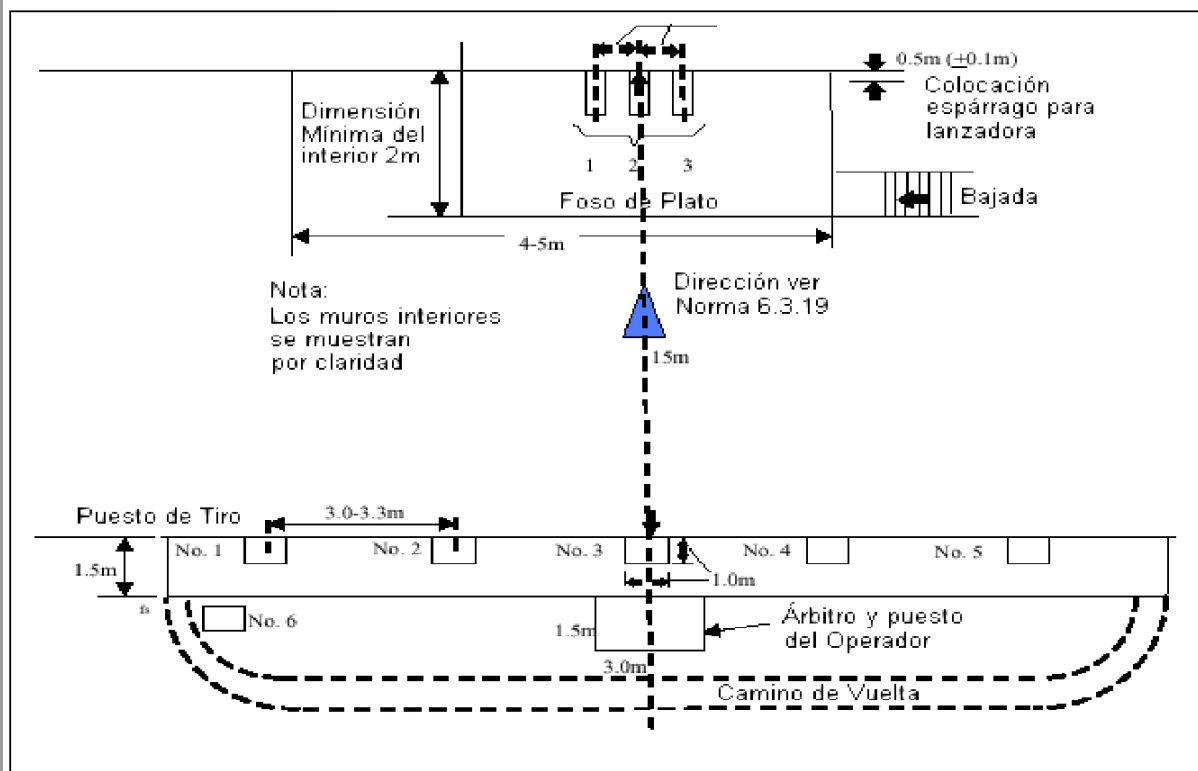
Cada foso de Doble Trap debe tener tres (3) máquinas fijas al suelo o a la pared delantera del foso. El punto de lanzamiento a cero grados de la máquina central del grupo debe estar indicado solamente por una marca pintada en la parte superior del techo. La distancia entre las máquinas, dentro de cada grupo, debe ser igual y de 1,00 m a 1,10 m (ver artículo 6.4.18.3). Las máquinas número 1 y 3 deben estar a un mínimo de 1,50 m de las paredes traseras.

- a) Las máquinas deben instalarse en el foso de forma que el espárrago sobre el que gira la máquina esté a 0,50 m (\pm 0,10 m) por debajo de la parte superior del techo del foso y situado a 0,50 m hacia atrás (\pm 0,10 m) del borde delantero del techo, cuando la máquina está ajustada a 2 m de altura (ver Figuras). Las máquinas pueden ser completamente automáticas (carga y disparo automáticos), semiautomáticas (carga a mano y disparo automático) o manuales (carga y disparo a mano). Cada máquina debe estar provista de un sistema de precinto de los ángulos, alturas y del muelle de lanzamiento, después de que hayan sido inspeccionados y aprobados por el Jurado. Todas las máquinas deben estar provistas de un dispositivo para fijar la trayectoria establecida para el lanzamiento del plato. Todas las máquinas que se carguen a mano deben tener dos topes incorporados. Los topes son necesarios para prevenir movimientos accidentales o deliberados del plato hacia adelante o atrás en la lanzadera, cambiando así las condiciones preestablecidas del plato. Cada máquina debe contar con los sectores de los ángulos y alturas marcadas con aumentos de 10 en 10 grados.
- b) Las máquinas deben dispararse por sistemas eléctrico-manuales o eléctrico microfónicos. El sistema de control debe estar situado de tal manera que el «pulier» pueda ver y oír claramente la señal del deportista. Para todas las Competiciones de la ISSF debe usarse un «Cronometro» (cuenta atrás) automático. El dispositivo contador debe seleccionarse para lanzar los platos dentro de un periodo que varíe al azar entre cero (0) y un (1) segundo después de la petición del deportista. Los aparatos de disparo deben garantizar el disparo simultáneo y constante de dos (2) platos de las máquinas predeterminadas. Cuando se use un sistema eléctrico-manual el sistema de suelta debe ser designado de forma que sólo un (1) botón o conmutador pueda usarse para soltar los platos.
- c) Los cinco (5) puestos de tiro deben estar ubicados en una línea recta, a una distancia de 15 m. hacia atrás del borde delantero del foso. Cada puesto de tiro debe estar delimitado claramente por un cuadrado de 1m x 1m El puesto 3 debe estar centrado respecto una línea perpendicular a la línea de puesto de tiro que se prolonga hacia la marca pintada sobre la máquina central del grupo. El puesto 2 se encuentra de 3 m a 3,30 m a la izquierda del puesto 3 y el puesto de tiro 1 está situado a la misma distancia a la izquierda del puesto 2. Asimismo, el puesto 4 está de 3 m a 3,30 m a la derecha del puesto 3 y el puesto 5 igualmente de 3 m a 3,30 m a la derecha del puesto 4 (ver Figura, cancha exclusiva para Doble Trap). Debe estar marcado un sexto puesto, a unos 2 metros hacia atrás y ligeramente a la izquierda del puesto 1, donde debe situarse el deportista 6 al comienzo de la competición. Los seis puestos deben estar provistos de una mesa o banco donde los deportistas pueden colocar sus cartuchos sobrantes y accesorios de tiro. Los puestos deben ser firmes y nivelados en todas las direcciones y deben estar al mismo nivel que el borde frontal del techo del foso. Cada puesto (6) debe contar con una pieza de madera o trozo de alfombra o de goma de unos 15 cm, cuadrado o redondo, sobre el cual el deportista puede apoyar su arma.

- d) Para las Finales de Trap debe montarse una lámpara coloreada de intensidad media en cada pie de micrófono a una altura de 40 cm a 75 cm. Indicando cuando el micrófono esta "vivo". El sistema de la lámpara debe estar construido para indicar una "pausa" (micrófono "muerto") de 12 segundos después de que cada deportista ha disparado un número de platos predeterminados. Al final de la de la pausa, el árbitro debe ordenar "PREPARADOS" y el deportista que va a disparar tendrá otros 12 sec. de tiempo de preparación para solicitar /pedir el plato.

- e) 3 o 4 metros detrás de la línea de puestos de tiro debe hacerse un camino de uso obligatorio para los deportistas que pasan del puesto 5 al puesto 6. Los deportistas no deben circular entre este camino y los puestos de tiro. Deberá colocarse un cable, cuerda u otro tipo de barrera conveniente entre 7 m y 10 m por detrás del camino de vuelta. No se permite ningún espectador a partir de esta barrera. Árbitros y Jueces son responsables del cumplimiento de esta norma. Los puestos de tiro, el puesto del árbitro y del operador deben tener una protección adecuada para el sol y la lluvia.

20.2.4 Cancha Separada de Doble Trap – 3 Máquinas



B Esquemes de configuració al fossat

Segons el reglament tècnic:

Tabla I					
Grupo	Número de máquina	Dirección de los Platos (grados)	Elevación a 10 m del nivel del suelo	Distancia	NOTA
					52
1	1 2 3	25° a la derecha 5° a la izquierda 35° a la izquierda	2.00 m 3.00 m 1.50 m	76 m +/- 1m	
2	4 5 6	45° a la derecha 10° a la derecha 35° a la izquierda	2.50 m 1.80 m 3.00 m		
3	7 8 9	35° a la derecha 5° a la izquierda 45° a la izquierda	3.00 m 1.50 m 1.60 m		
4	10 11 12	40° a la derecha 0° 25° a la izquierda	1.50 m 3.00 m 2.60 m		
5	13 14 15	20° a la derecha 5° a la derecha 35° a la izquierda	2.40 m 1.90 m 3.00 m		

Tabla II									
Grupo	Número de máquina	Dirección de los Platos (grados)	Elevación a 10 m del nivel del suelo	Distancia	NOTA				
1	1	25° a la derecha	3.00 m	76 m +/- 1m					
	2	5° a la izquierda	1.80 m						
	3	35° a la izquierda	2.00 m						
2	4	40° a la derecha	2.00 m		76 m +/- 1m				
	5	0° grados	3.00 m						
	6	45° a la izquierda	1.60 m						
3	7	45° a la derecha	1.50 m			76 m +/- 1m			
	8	0° grados	2.80 m						
	9	40° a la izquierda	2.00 m						
4	10	15° a la derecha	1.50 m				76 m +/- 1m		
	11	5° a la derecha	2.00 m						
	12	35° a la izquierda	1.80 m						
5	13	35° a la derecha	1.80 m					76 m +/- 1m	
	14	5° a la izquierda	1.50 m						
	15	40° a la izquierda	3.00 m						

Tabla III							
Grupo	Número de máquina	Dirección de los Platos (grados)	Elevación a 10 m del nivel del suelo	Distancia	NOTA		
1	1	30° a la derecha	2.50 m	76 m +/- 1m			
	2	0° grados	2.80 m				
	3	35° a la izquierda	3.00 m				
2	4	45° a la derecha	1.50 m		76 m +/- 1m		
	5	5° a la izquierda	2.50 m				
	6	40° a la izquierda	1.70 m				
3	7	30° a la derecha	2.80 m			76 m +/- 1m	
	8	5° a la derecha	3.00 m				
	9	45° a la izquierda	1.50 m				
53							
4	10	45° a la derecha	2.30 m				
	11	0° grados	3.00 m				
	12	40° a la izquierda	1.60 m				
5	13	30° a la derecha	2.00 m				
	14	0° grados	1.50 m				
	15	35° a la izquierda	2.20 m				

Tabla IV									
Grupo	Número de máquina	Dirección de los Platos (grados)	Elevación a 10 m del nivel del suelo	Distancia	NOTA				
1	1	40° a la derecha	3.00 m	76 m +/- 1m					
	2	10° a la izquierda	1.50 m						
	3	30° a la izquierda	2.20 m						
2	4	30° a la derecha	1.60 m		76 m +/- 1m				
	5	10° a la izquierda	3.00 m						
	6	35° a la izquierda	2.00 m						
3	7	45° a la derecha	2.00 m			76 m +/- 1m			
	8	0° grados	3.00 m						
	9	20° a la izquierda	1.50 m						
4	10	30° a la derecha	1.50 m				76 m +/- 1m		
	11	5° a la derecha	2.00 m						
	12	45° a la izquierda	2.80 m						
5	13	35° a la derecha	2.50 m					76 m +/- 1m	
	14	0° grados	1.60 m						
	15	30° a la izquierda	3.00 m						

Tabla V									
Grupo	Número de máquina	Dirección de los Platos (grados)	Elevación a 10 m del nivel del suelo	Distancia	NOTA				
1	1	45° a la derecha	1.60 m	76 m +/- 1m					
	2	0° grados	3.00 m						
	3	15° a la izquierda	2.00 m						
2	4	40° a la derecha	2.80 m		76 m +/- 1m				
	5	10° a la izquierda	1.50 m						
	6	45° a la izquierda	2.00 m						
3	7	35° a la derecha	3.00 m			76 m +/- 1m			
	8	5° a la izquierda	1.80 m						
	9	40° a la izquierda	1.50 m						
4	10	25° a la derecha	1.80 m				76 m +/- 1m		
	11	0° grados	1.60 m						
	12	30° a la izquierda	3.00 m						
5	13	30° a la derecha	2.00 m					76 m +/- 1m	
	14	10° a la derecha	2.40 m						
	15	15° a la izquierda	1.80 m						

Tabla VI

54

Grupo	Número de máquina	Dirección de los Platos (grados)	Elevación a 10 m del nivel del suelo	Distancia	NOTA
1	1	40° a la derecha	2.00 m	76 m +/- 1m	
	2	0° grados	3.00 m		
	3	35° a la izquierda	1.50 m		
2	4	35° a la derecha	2.50 m		
	5	10° a la derecha	1.50 m		
	6	35° a la izquierda	2.00 m		
3	7	35° a la derecha	2.00 m		
	8	5° a la izquierda	1.50 m		
	9	40° a la izquierda	3.00 m		
4	10	45° a la derecha	1.50 m		
	11	10° a la izquierda	3.00 m		
	12	25° a la izquierda	2.60 m		
5	13	25° a la derecha	2.40 m		
	14	5° a la derecha	1.50 m		
	15	45° a la izquierda	2.00 m		

Tabla VII									
Grupo	Número de máquina	Dirección de los Platos (grados)	Elevación a 10 m del nivel del suelo	Distancia	NOTA				
1	1	35° a la derecha	2.20 m	76 m +/- 1m					
	2	5° a la izquierda	3.00 m						
	3	20° a la izquierda	3.00 m						
2	4	40° a la derecha	2.00 m		76 m +/- 1m				
	5	0° grados	3.00 m						
	6	45° a la izquierda	2.80 m						
3	7	40° a la derecha	3.00 m			76 m +/- 1m			
	8	0° grados	2.00 m						
	9	40° a la izquierda	2.20 m						
4	10	45° a la derecha	1.50 m				76 m +/- 1m		
	11	5° a la derecha	2.00 m						
	12	35° a la izquierda	1.80 m						
5	13	20° a la derecha	1.80 m					76 m +/- 1m	
	14	5° a la izquierda	1.50 m						
	15	45° a la izquierda	2.00 m						

Tabla VIII

55

Grupo	Número de máquina	Dirección de los Platos (grados)	Elevación a 10 m del nivel del suelo	Distancia	NOTA
1	1	25° a la derecha	3.00 m	76 m +/- 1m	
	2	5° a la derecha	1.50 m		
	3	20° a la izquierda	2.00 m		
2	4	40° a la derecha	1.50 m		
	5	0° grados	3.00 m		
	6	45° a la izquierda	2.80 m		
3	7	35° a la derecha	3.00 m		
	8	5° a la izquierda	2.50 m		
	9	45° a la izquierda	2.00 m		
4	10	45° a la derecha	1.80 m		
	11	0° grados	1.50 m		
	12	30° a la izquierda	3.00 m		
5	13	30° a la derecha	2.00 m		
	14	10° a la derecha	3.00 m		
	15	15° a la izquierda	2.20 m		

Tabla IX					
Grupo	Número de máquina	Dirección de los Platos (grados)	Elevación a 10 m del nivel del suelo	Distancia	NOTA
1	1	40° a la derecha	3.00 m	76 m +/- 1m	
	2	0° grados	1.80 m		
	3	20° a la izquierda	3.00 m		
2	4	15° a la derecha	3.00 m		
	5	10° a la izquierda	1.50 m		
	6	35° a la izquierda	2.00 m		
3	7	45° a la derecha	1.60 m		
	8	0° grados	2.80 m		
	9	30° a la izquierda	3.00 m		
4	10	30° a la derecha	2.00 m		
	11	5° a la izquierda	2.00 m		
	12	15° a la izquierda	3.00 m		
5	13	35° a la derecha	2.90 m		
	14	0° grados	1.60 m		
	15	45° a la izquierda	2.20 m		

C Vol del plat

Tot i que no és objecte d'estudi en aquest PFC, s'adjunta aquí un document elaborat a la Universitat de Tecnologia (Sidney, Austràlia) on descriu el model de la dinàmica de vol d'un disc (tipus "Frisbee") i una simulació:



D Càlculs

D.1 Accionament del braç

La solució numèrica ampliada és:

t [s]	$\ddot{\psi}$ [rad/s ²]	$\dot{\psi}$ [rad/s]	ψ [rad]	\ddot{x} [m/s ²]	\dot{x} [m/s]	x [m]	v [m/s]	Dir. [°]	T [Nm]	ψ [°]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,235	0,00	-90,00	15,84	0,00
0,0005	146,66	0,07	0,00	1,18	0,00	0,235	0,02	-91,96	15,84	0,00
0,001	146,75	0,15	0,00	1,18	0,00	0,235	0,03	-91,95	15,86	0,01
0,0015	146,90	0,22	0,00	1,18	0,00	0,235	0,05	-91,95	15,87	0,01
0,002	147,11	0,29	0,00	1,19	0,00	0,235	0,07	-91,94	15,90	0,02
0,0025	147,39	0,37	0,00	1,19	0,00	0,235	0,09	-91,93	15,93	0,03
0,003	147,72	0,44	0,00	1,20	0,00	0,235	0,10	-91,92	15,97	0,04
0,0035	148,12	0,52	0,00	1,21	0,00	0,235	0,12	-91,91	16,01	0,05
0,004	148,57	0,59	0,00	1,22	0,00	0,235	0,14	-91,90	16,06	0,07
0,0045	149,09	0,66	0,00	1,23	0,01	0,235	0,16	-91,89	16,12	0,09
0,005	149,67	0,74	0,00	1,25	0,01	0,235	0,17	-91,87	16,19	0,11
0,0055	150,31	0,81	0,00	1,26	0,01	0,235	0,19	-91,85	16,26	0,13
0,006	151,01	0,89	0,00	1,28	0,01	0,235	0,21	-91,83	16,34	0,16
0,0065	151,78	0,96	0,00	1,29	0,01	0,235	0,23	-91,81	16,42	0,18
0,007	152,60	1,04	0,00	1,31	0,01	0,235	0,24	-91,79	16,51	0,21
0,0075	153,50	1,12	0,00	1,34	0,01	0,235	0,26	-91,77	16,61	0,24
0,008	154,45	1,19	0,00	1,36	0,01	0,235	0,28	-91,74	16,72	0,28
0,0085	155,47	1,27	0,01	1,38	0,01	0,235	0,30	-91,71	16,83	0,31
0,009	156,55	1,35	0,01	1,41	0,01	0,235	0,32	-91,69	16,95	0,35
0,0095	157,70	1,43	0,01	1,44	0,01	0,235	0,34	-91,65	17,08	0,39
0,01	158,91	1,51	0,01	1,47	0,01	0,235	0,35	-91,62	17,21	0,43
0,0105	160,19	1,59	0,01	1,50	0,01	0,235	0,37	-91,59	17,36	0,48
0,011	161,53	1,67	0,01	1,53	0,01	0,235	0,39	-91,55	17,50	0,53
0,0115	162,94	1,75	0,01	1,57	0,02	0,235	0,41	-91,51	17,66	0,58
0,012	164,42	1,83	0,01	1,61	0,02	0,235	0,43	-91,47	17,82	0,63
0,0125	165,96	1,91	0,01	1,65	0,02	0,235	0,45	-91,43	17,99	0,68
0,013	167,57	2,00	0,01	1,69	0,02	0,235	0,47	-91,39	18,17	0,74
0,0135	169,26	2,08	0,01	1,73	0,02	0,235	0,49	-91,35	18,36	0,80
0,014	171,01	2,17	0,01	1,78	0,02	0,235	0,51	-91,30	18,55	0,86
0,0145	172,83	2,25	0,02	1,83	0,02	0,235	0,53	-91,25	18,75	0,92
0,015	174,73	2,34	0,02	1,88	0,02	0,235	0,55	-91,20	18,96	0,99
0,0155	176,69	2,43	0,02	1,93	0,02	0,235	0,57	-91,15	19,18	1,06
0,016	178,73	2,52	0,02	1,99	0,02	0,235	0,59	-91,09	19,41	1,13
0,0165	180,84	2,61	0,02	2,05	0,02	0,235	0,61	-91,04	19,64	1,20
0,017	183,03	2,70	0,02	2,11	0,03	0,235	0,63	-90,98	19,88	1,28
0,0175	185,29	2,79	0,02	2,18	0,03	0,235	0,66	-90,92	20,13	1,36

t [s]	ψ' [rad/s ²]	ψ' [rad/s]	ψ [rad]	\ddot{x} [m/s ²]	\dot{x} [m/s]	x [m]	v [m/s]	Dir. [°]	T [Nm]	ψ [°]
0,018	187,63	2,88	0,03	2,25	0,03	0,235	0,68	-90,86	20,39	1,44
0,0185	190,04	2,98	0,03	2,32	0,03	0,235	0,70	-90,79	20,65	1,52
0,019	192,53	3,07	0,03	2,39	0,03	0,235	0,72	-90,73	20,93	1,61
0,0195	195,11	3,17	0,03	2,47	0,03	0,235	0,75	-90,66	21,21	1,70
0,02	197,76	3,27	0,03	2,55	0,03	0,235	0,77	-90,59	21,51	1,79
0,0205	200,49	3,37	0,03	2,64	0,03	0,235	0,79	-90,52	21,81	1,89
0,021	203,31	3,47	0,03	2,73	0,03	0,235	0,82	-90,44	22,12	1,99
0,0215	206,20	3,57	0,04	2,82	0,04	0,235	0,84	-90,37	22,44	2,09
0,022	209,19	3,68	0,04	2,92	0,04	0,235	0,87	-90,29	22,77	2,19
0,0225	212,25	3,78	0,04	3,02	0,04	0,235	0,89	-90,21	23,11	2,30
0,023	215,41	3,89	0,04	3,13	0,04	0,235	0,92	-90,12	23,45	2,41
0,0235	218,65	4,00	0,04	3,24	0,04	0,235	0,94	-90,04	23,81	2,53
0,024	221,98	4,11	0,05	3,36	0,04	0,235	0,97	-89,95	24,18	2,64
0,0245	225,41	4,22	0,05	3,48	0,05	0,235	0,99	-89,86	24,56	2,76
0,025	228,92	4,33	0,05	3,60	0,05	0,235	1,02	-89,77	24,94	2,89
0,0255	232,53	4,45	0,05	3,73	0,05	0,236	1,05	-89,67	25,34	3,01
0,026	236,23	4,57	0,05	3,87	0,05	0,236	1,08	-89,57	25,75	3,14
0,0265	240,03	4,69	0,06	4,01	0,05	0,236	1,10	-89,47	26,17	3,28
0,027	243,92	4,81	0,06	4,16	0,06	0,236	1,13	-89,37	26,60	3,41
0,0275	247,92	4,93	0,06	4,32	0,06	0,236	1,16	-89,27	27,04	3,55
0,028	252,01	5,06	0,06	4,48	0,06	0,236	1,19	-89,16	27,49	3,70
0,0285	256,21	5,18	0,07	4,65	0,06	0,236	1,22	-89,05	27,95	3,84
0,029	260,51	5,31	0,07	4,83	0,06	0,236	1,25	-88,93	28,43	3,99
0,0295	264,91	5,44	0,07	5,01	0,07	0,236	1,28	-88,82	28,91	4,15
0,03	269,43	5,58	0,08	5,20	0,07	0,236	1,32	-88,70	29,41	4,31
0,0305	274,05	5,71	0,08	5,40	0,07	0,236	1,35	-88,58	29,92	4,47
0,031	278,78	5,85	0,08	5,61	0,07	0,236	1,38	-88,45	30,44	4,64
0,0315	283,62	5,99	0,08	5,83	0,08	0,236	1,42	-88,33	30,98	4,81
0,032	288,58	6,14	0,09	6,05	0,08	0,236	1,45	-88,20	31,52	4,98
0,0325	293,65	6,28	0,09	6,29	0,08	0,236	1,48	-88,06	32,08	5,16
0,033	298,84	6,43	0,09	6,53	0,09	0,236	1,52	-87,93	32,66	5,34
0,0335	304,15	6,58	0,10	6,79	0,09	0,236	1,56	-87,79	33,24	5,53
0,034	309,58	6,73	0,10	7,05	0,09	0,236	1,59	-87,64	33,84	5,72
0,0345	315,14	6,89	0,10	7,33	0,10	0,236	1,63	-87,50	34,45	5,92
0,035	320,82	7,05	0,11	7,62	0,10	0,236	1,67	-87,35	35,08	6,12
0,0355	326,62	7,21	0,11	7,92	0,10	0,236	1,71	-87,19	35,72	6,32
0,036	332,56	7,38	0,11	8,24	0,11	0,236	1,75	-87,04	36,38	6,53
0,0365	338,63	7,55	0,12	8,56	0,11	0,236	1,79	-86,88	37,05	6,75
0,037	344,83	7,72	0,12	8,91	0,12	0,236	1,83	-86,71	37,73	6,97
0,0375	351,16	7,89	0,13	9,26	0,12	0,236	1,87	-86,55	38,43	7,19
0,038	357,64	8,07	0,13	9,63	0,13	0,237	1,91	-86,38	39,14	7,42
0,0385	364,25	8,25	0,13	10,02	0,13	0,237	1,96	-86,20	39,87	7,66
0,039	371,01	8,43	0,14	10,42	0,14	0,237	2,00	-86,02	40,62	7,90

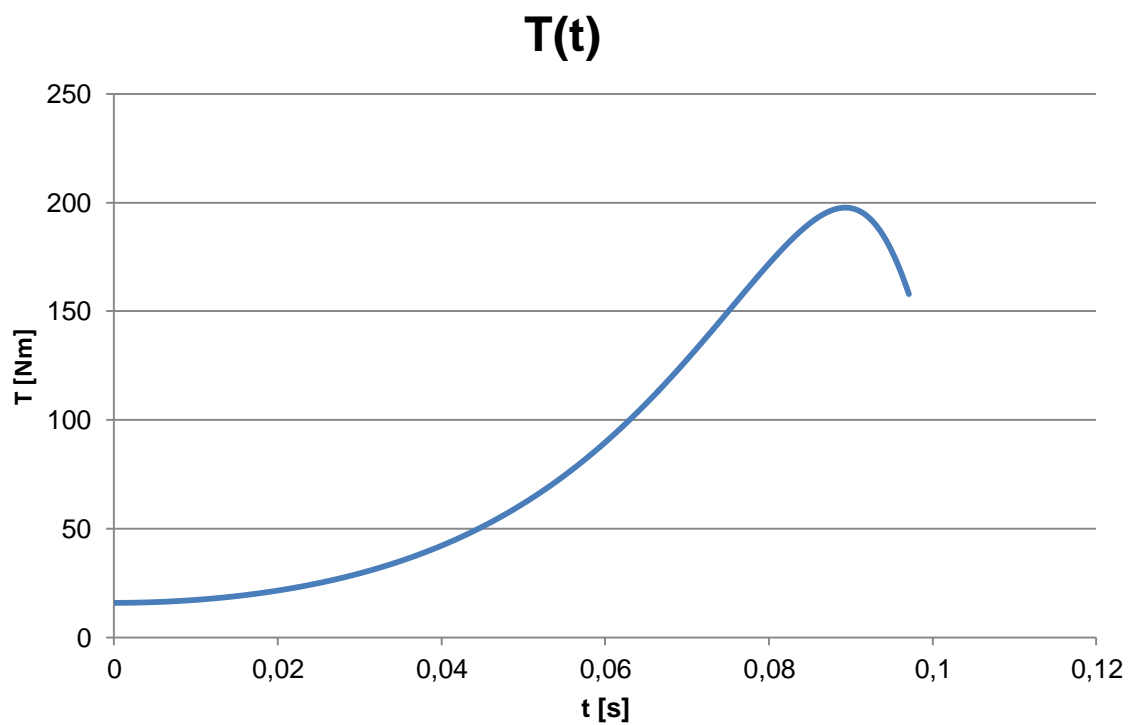
t [s]	$\dot{\psi}$ [rad/s ²]	$\ddot{\psi}$ [rad/s]	ψ [rad]	\ddot{x} [m/s ²]	\dot{x} [m/s]	x [m]	v [m/s]	Dir. [°]	T [Nm]	ψ [°]
0,0395	377,91	8,62	0,14	10,84	0,14	0,237	2,05	-85,84	41,38	8,14
0,04	384,95	8,81	0,15	11,27	0,15	0,237	2,09	-85,65	42,16	8,39
0,0405	392,15	9,01	0,15	11,73	0,15	0,237	2,14	-85,46	42,95	8,65
0,041	399,50	9,21	0,16	12,20	0,16	0,237	2,19	-85,27	43,76	8,91
0,0415	407,00	9,41	0,16	12,69	0,17	0,237	2,24	-85,07	44,59	9,18
0,042	414,66	9,61	0,16	13,21	0,17	0,237	2,29	-84,87	45,44	9,45
0,0425	422,47	9,82	0,17	13,74	0,18	0,237	2,34	-84,66	46,30	9,73
0,043	430,45	10,04	0,17	14,30	0,19	0,237	2,39	-84,45	47,18	10,02
0,0435	438,59	10,25	0,18	14,88	0,19	0,237	2,44	-84,23	48,08	10,31
0,044	446,89	10,48	0,19	15,49	0,20	0,238	2,50	-84,01	49,00	10,61
0,0445	455,36	10,70	0,19	16,12	0,21	0,238	2,55	-83,78	49,94	10,91
0,045	464,01	10,93	0,20	16,77	0,22	0,238	2,61	-83,55	50,89	11,22
0,0455	472,82	11,17	0,20	17,46	0,23	0,238	2,67	-83,32	51,86	11,54
0,046	481,81	11,41	0,21	18,17	0,23	0,238	2,72	-83,07	52,86	11,87
0,0465	490,98	11,65	0,21	18,91	0,24	0,238	2,78	-82,83	53,87	12,20
0,047	500,33	11,90	0,22	19,69	0,25	0,238	2,85	-82,58	54,91	12,54
0,0475	509,86	12,15	0,22	20,49	0,26	0,238	2,91	-82,32	55,96	12,88
0,048	519,58	12,41	0,23	21,33	0,27	0,238	2,97	-82,06	57,04	13,24
0,0485	529,49	12,67	0,24	22,21	0,29	0,239	3,04	-81,79	58,13	13,60
0,049	539,58	12,94	0,24	23,12	0,30	0,239	3,10	-81,52	59,25	13,97
0,0495	549,87	13,21	0,25	24,07	0,31	0,239	3,17	-81,24	60,39	14,34
0,05	560,35	13,49	0,26	25,06	0,32	0,239	3,24	-80,95	61,55	14,73
0,0505	571,03	13,77	0,26	26,09	0,33	0,239	3,31	-80,66	62,73	15,12
0,051	581,91	14,06	0,27	27,16	0,35	0,239	3,38	-80,37	63,93	15,52
0,0515	592,99	14,36	0,28	28,28	0,36	0,240	3,46	-80,06	65,16	15,93
0,052	604,27	14,66	0,29	29,45	0,38	0,240	3,53	-79,75	66,41	16,34
0,0525	615,76	14,96	0,29	30,66	0,39	0,240	3,61	-79,44	67,68	16,77
0,053	627,45	15,27	0,30	31,93	0,41	0,240	3,69	-79,11	68,98	17,20
0,0535	639,36	15,59	0,31	33,25	0,42	0,240	3,77	-78,78	70,30	17,65
0,054	651,48	15,91	0,32	34,62	0,44	0,241	3,85	-78,45	71,64	18,10
0,0545	663,81	16,24	0,32	36,05	0,46	0,241	3,94	-78,10	73,01	18,56
0,055	676,35	16,58	0,33	37,54	0,48	0,241	4,02	-77,75	74,41	19,04
0,0555	689,12	16,92	0,34	39,10	0,49	0,241	4,11	-77,39	75,82	19,52
0,056	702,10	17,27	0,35	40,72	0,51	0,242	4,20	-77,03	77,26	20,01
0,0565	715,30	17,62	0,36	42,40	0,54	0,242	4,30	-76,65	78,73	20,51
0,057	728,72	17,99	0,37	44,16	0,56	0,242	4,39	-76,27	80,22	21,02
0,0575	742,36	18,35	0,38	45,99	0,58	0,242	4,49	-75,88	81,74	21,55
0,058	756,22	18,73	0,39	47,90	0,60	0,243	4,58	-75,49	83,28	22,08
0,0585	770,31	19,11	0,39	49,89	0,63	0,243	4,69	-75,08	84,85	22,62
0,059	784,62	19,50	0,40	51,96	0,65	0,243	4,79	-74,67	86,44	23,18
0,0595	799,16	19,90	0,41	54,12	0,68	0,244	4,90	-74,24	88,06	23,75
0,06	813,92	20,30	0,42	56,37	0,71	0,244	5,00	-73,81	89,71	24,32
0,0605	828,90	20,71	0,43	58,72	0,74	0,244	5,11	-73,37	91,38	24,91

t [s]	$\ddot{\psi}$ [rad/s ²]	$\dot{\psi}$ [rad/s]	ψ [rad]	\ddot{x} [m/s ²]	\dot{x} [m/s]	x [m]	v [m/s]	Dir. [°]	T [Nm]	ψ [°]
0,061	844,10	21,13	0,45	61,16	0,77	0,245	5,23	-72,92	93,07	25,52
0,0615	859,53	21,56	0,46	63,71	0,80	0,245	5,34	-72,46	94,79	26,13
0,062	875,18	21,99	0,47	66,36	0,83	0,246	5,46	-71,99	96,54	26,76
0,0625	891,04	22,44	0,48	69,13	0,87	0,246	5,59	-71,52	98,32	27,40
0,063	907,13	22,89	0,49	72,01	0,90	0,246	5,71	-71,03	100,12	28,05
0,0635	923,43	23,34	0,50	75,02	0,94	0,247	5,84	-70,53	101,94	28,71
0,064	939,95	23,81	0,51	78,15	0,98	0,247	5,97	-70,02	103,79	29,39
0,0645	956,67	24,29	0,53	81,41	1,02	0,248	6,10	-69,50	105,67	30,08
0,065	973,60	24,77	0,54	84,81	1,06	0,248	6,24	-68,97	107,56	30,79
0,0655	990,74	25,26	0,55	88,36	1,10	0,249	6,38	-68,43	109,49	31,51
0,066	1008,07	25,76	0,56	92,05	1,15	0,249	6,53	-67,87	111,44	32,24
0,0665	1025,60	26,27	0,58	95,90	1,19	0,250	6,68	-67,31	113,41	32,99
0,067	1043,32	26,79	0,59	99,92	1,24	0,251	6,83	-66,73	115,40	33,75
0,0675	1061,21	27,32	0,60	104,10	1,29	0,251	6,99	-66,14	117,42	34,53
0,068	1079,29	27,85	0,62	108,46	1,35	0,252	7,15	-65,54	119,46	35,32
0,0685	1097,53	28,40	0,63	113,01	1,40	0,253	7,31	-64,93	121,52	36,13
0,069	1115,93	28,95	0,65	117,75	1,46	0,253	7,48	-64,31	123,61	36,96
0,0695	1134,48	29,52	0,66	122,69	1,52	0,254	7,65	-63,67	125,71	37,80
0,07	1153,18	30,09	0,67	127,84	1,58	0,255	7,83	-63,01	127,83	38,65
0,0705	1172,00	30,67	0,69	133,21	1,65	0,256	8,02	-62,35	129,97	39,53
0,071	1190,95	31,26	0,71	138,81	1,72	0,257	8,20	-61,67	132,13	40,42
0,0715	1210,00	31,86	0,72	144,65	1,79	0,257	8,40	-60,98	134,30	41,33
0,072	1229,15	32,47	0,74	150,73	1,86	0,258	8,60	-60,27	136,48	42,25
0,0725	1248,37	33,09	0,75	157,08	1,94	0,259	8,80	-59,55	138,68	43,19
0,073	1267,66	33,72	0,77	163,69	2,02	0,260	9,01	-58,81	140,90	44,15
0,0735	1286,99	34,36	0,79	170,59	2,10	0,261	9,23	-58,05	143,12	45,13
0,074	1306,36	35,01	0,81	177,78	2,19	0,262	9,45	-57,29	145,35	46,13
0,0745	1325,73	35,67	0,82	185,27	2,28	0,264	9,68	-56,50	147,59	47,15
0,075	1345,09	36,34	0,84	193,09	2,38	0,265	9,91	-55,70	149,83	48,18
0,0755	1364,41	37,02	0,86	201,24	2,48	0,266	10,15	-54,88	152,07	49,24
0,076	1383,68	37,71	0,88	209,74	2,58	0,267	10,40	-54,05	154,32	50,31
0,0765	1402,86	38,41	0,90	218,61	2,69	0,269	10,66	-53,20	156,56	51,41
0,077	1421,93	39,11	0,92	227,85	2,80	0,270	10,93	-52,33	158,79	52,52
0,0775	1440,86	39,83	0,94	237,49	2,92	0,271	11,20	-51,44	161,02	53,65
0,078	1459,61	40,56	0,96	247,54	3,04	0,273	11,48	-50,54	163,24	54,81
0,0785	1478,15	41,29	0,98	258,02	3,17	0,274	11,77	-49,62	165,44	55,99
0,079	1496,45	42,04	1,00	268,94	3,30	0,276	12,07	-48,68	167,62	57,18
0,0795	1514,46	42,79	1,02	280,34	3,44	0,278	12,37	-47,72	169,79	58,40
0,08	1532,13	43,55	1,04	292,22	3,58	0,280	12,69	-46,74	171,92	59,64
0,0805	1549,43	44,32	1,06	304,60	3,73	0,281	13,02	-45,74	174,02	60,91
0,081	1566,31	45,10	1,09	317,52	3,89	0,283	13,36	-44,72	176,09	62,19
0,0815	1582,70	45,89	1,11	330,99	4,05	0,285	13,71	-43,68	178,11	63,50
0,082	1598,55	46,69	1,13	345,02	4,22	0,287	14,07	-42,62	180,08	64,83

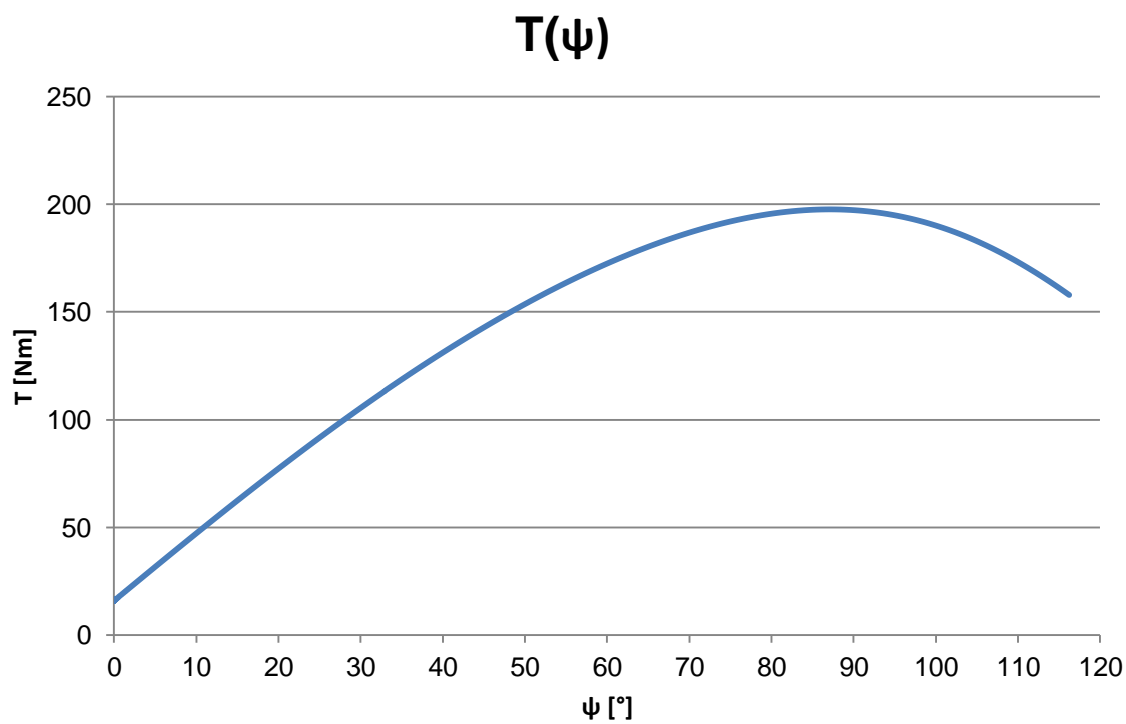
t [s]	$\ddot{\psi}$ [rad/s ²]	$\dot{\psi}$ [rad/s]	ψ [rad]	\ddot{x} [m/s ²]	\dot{x} [m/s]	x [m]	v [m/s]	Dir. [°]	T [Nm]	ψ [°]
0,0825	1613,79	47,49	1,16	359,66	4,39	0,290	14,44	-41,53	182,00	66,19
0,083	1628,37	48,30	1,18	374,91	4,58	0,292	14,82	-40,43	183,86	67,56
0,0835	1642,20	49,12	1,20	390,81	4,77	0,294	15,22	-39,31	185,64	68,96
0,084	1655,21	49,95	1,23	407,37	4,97	0,297	15,63	-38,16	187,35	70,39
0,0845	1667,31	50,78	1,25	424,64	5,18	0,299	16,05	-36,99	188,97	71,83
0,085	1678,41	51,61	1,28	442,62	5,40	0,302	16,49	-35,80	190,49	73,30
0,0855	1688,41	52,46	1,31	461,35	5,63	0,305	16,94	-34,59	191,90	74,80
0,086	1697,21	53,30	1,33	480,85	5,86	0,308	17,41	-33,35	193,20	76,32
0,0865	1704,69	54,15	1,36	501,16	6,11	0,311	17,89	-32,09	194,36	77,86
0,087	1710,73	55,01	1,39	522,29	6,36	0,314	18,39	-30,81	195,37	79,43
0,0875	1715,20	55,86	1,41	544,28	6,63	0,317	18,91	-29,51	196,22	81,03
0,088	1717,97	56,72	1,44	567,15	6,91	0,320	19,45	-28,18	196,90	82,64
0,0885	1718,90	57,58	1,47	590,92	7,20	0,324	20,00	-26,82	197,38	84,29
0,089	1717,83	58,44	1,50	615,63	7,51	0,328	20,57	-25,45	197,65	85,95
0,0895	1714,61	59,30	1,53	641,29	7,82	0,332	21,16	-24,05	197,70	87,64
0,09	1709,09	60,16	1,56	667,93	8,15	0,336	21,77	-22,62	197,50	89,36
0,0905	1701,10	61,01	1,59	695,56	8,49	0,340	22,40	-21,18	197,03	91,10
0,091	1690,48	61,86	1,62	724,21	8,85	0,344	23,05	-19,70	196,27	92,86
0,0915	1677,08	62,70	1,65	753,88	9,22	0,349	23,73	-18,21	195,21	94,65
0,092	1660,74	63,53	1,68	784,60	9,60	0,353	24,42	-16,69	193,83	96,47
0,0925	1641,33	64,35	1,72	816,37	10,01	0,358	25,14	-15,15	192,10	98,30
0,093	1618,70	65,17	1,75	849,20	10,42	0,364	25,88	-13,59	190,01	100,16
0,0935	1592,76	65,97	1,78	883,09	10,86	0,369	26,65	-12,00	187,54	102,05
0,094	1563,40	66,76	1,81	918,03	11,31	0,374	27,44	-10,39	184,69	103,95
0,0945	1530,59	67,53	1,85	954,03	11,78	0,380	28,25	-8,76	181,43	105,88
0,095	1494,28	68,28	1,88	991,06	12,27	0,386	29,10	-7,11	177,76	107,83
0,0955	1454,49	69,02	1,92	1029,13	12,78	0,393	29,96	-5,44	173,69	109,80
0,096	1411,28	69,73	1,95	1068,19	13,30	0,399	30,86	-3,75	169,20	111,79
0,0965	1364,75	70,43	1,99	1108,24	13,85	0,406	31,78	-2,03	164,31	113,80
0,0971	1304,74	71,22	2,03	1157,56	14,53	0,415	32,92	0,05	157,93	116,24

Taula D.1

L'evolució gràfica del parell és la següent:

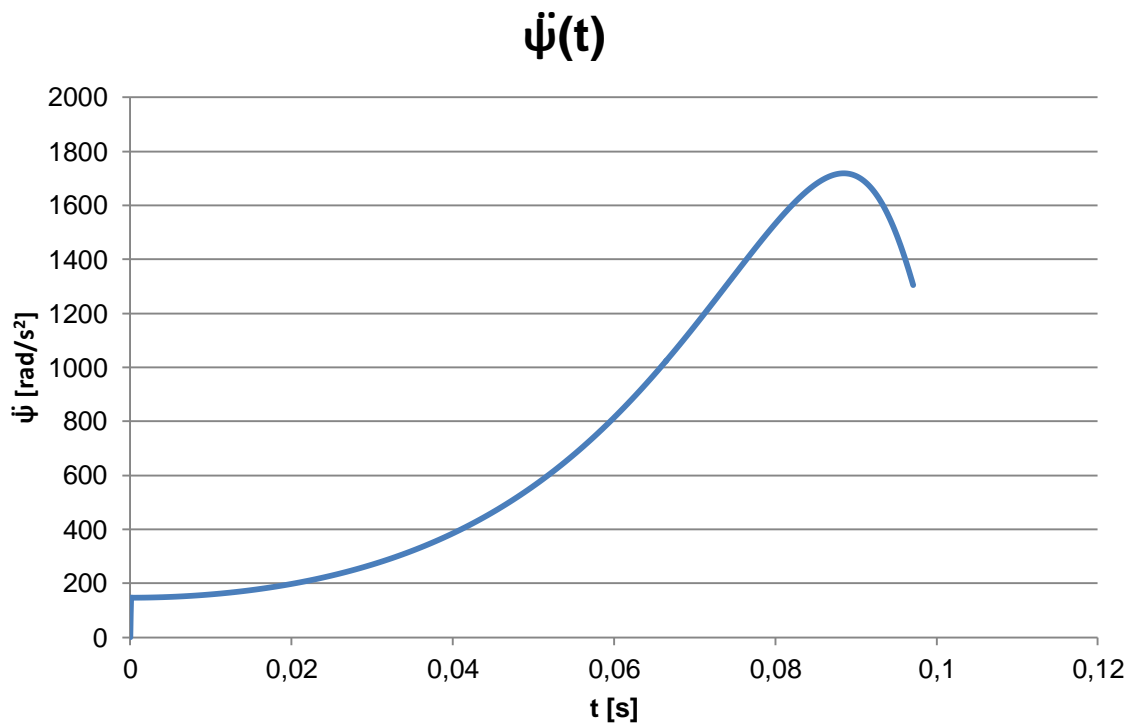


Gràfic D.1

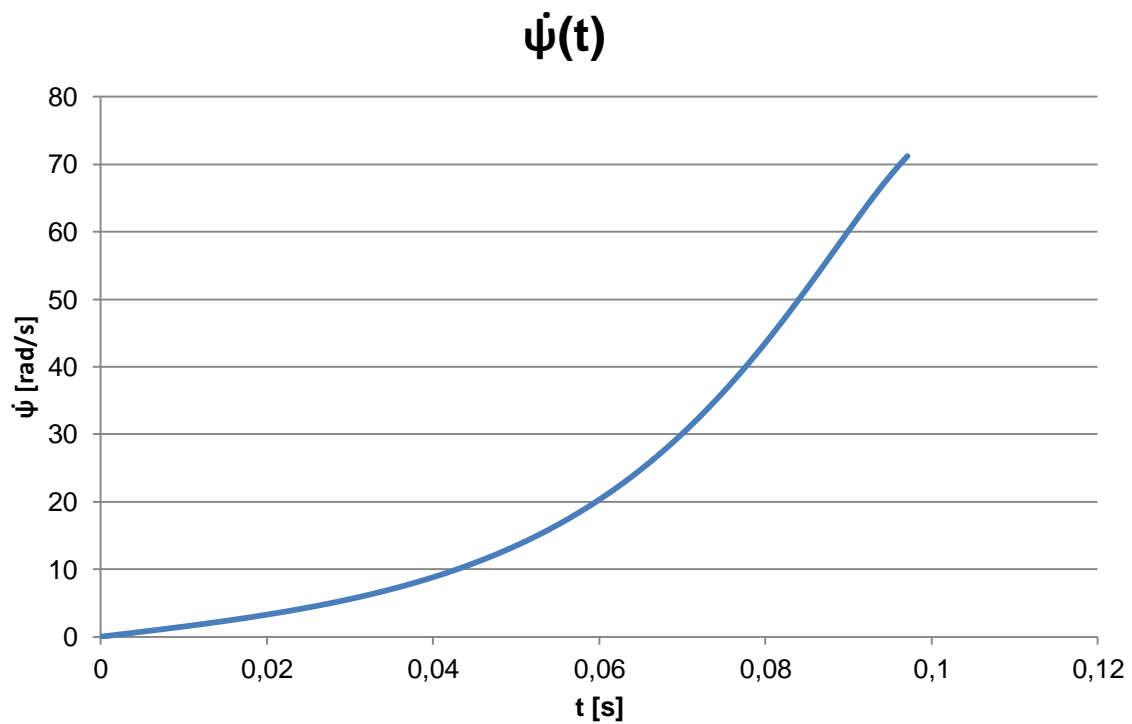


Gràfic D.2

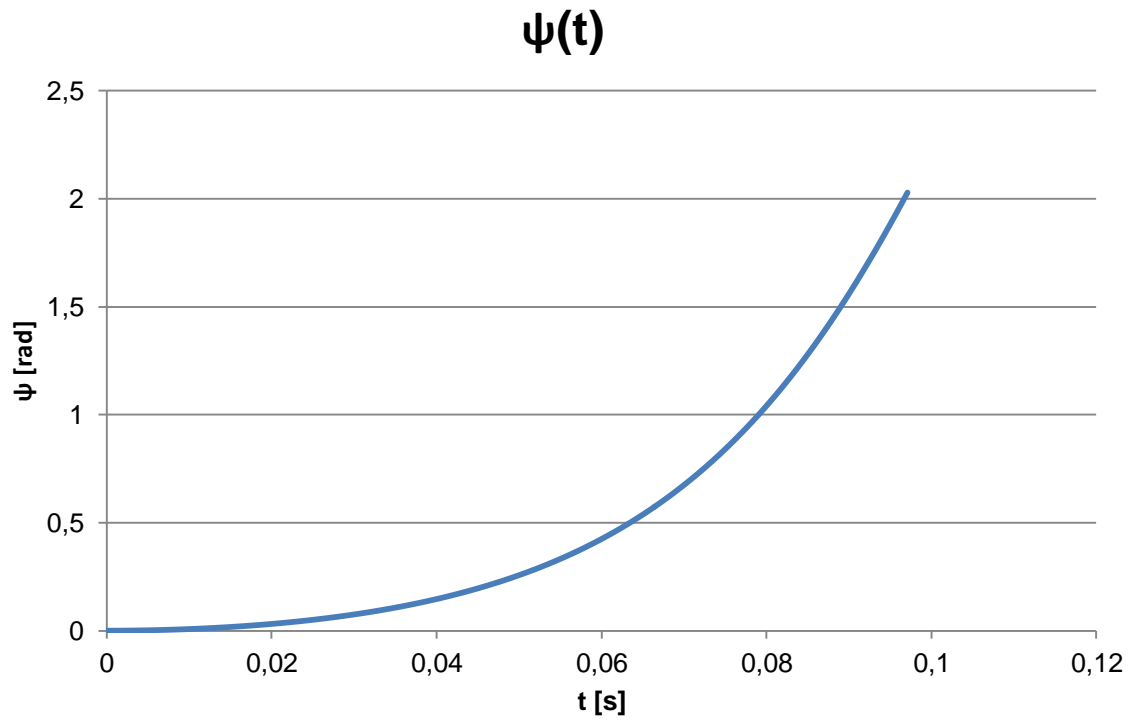
L'evolució gràfica de l'acceleració, la velocitat i la posició angular del braç és la següent:



Gràfic D.3

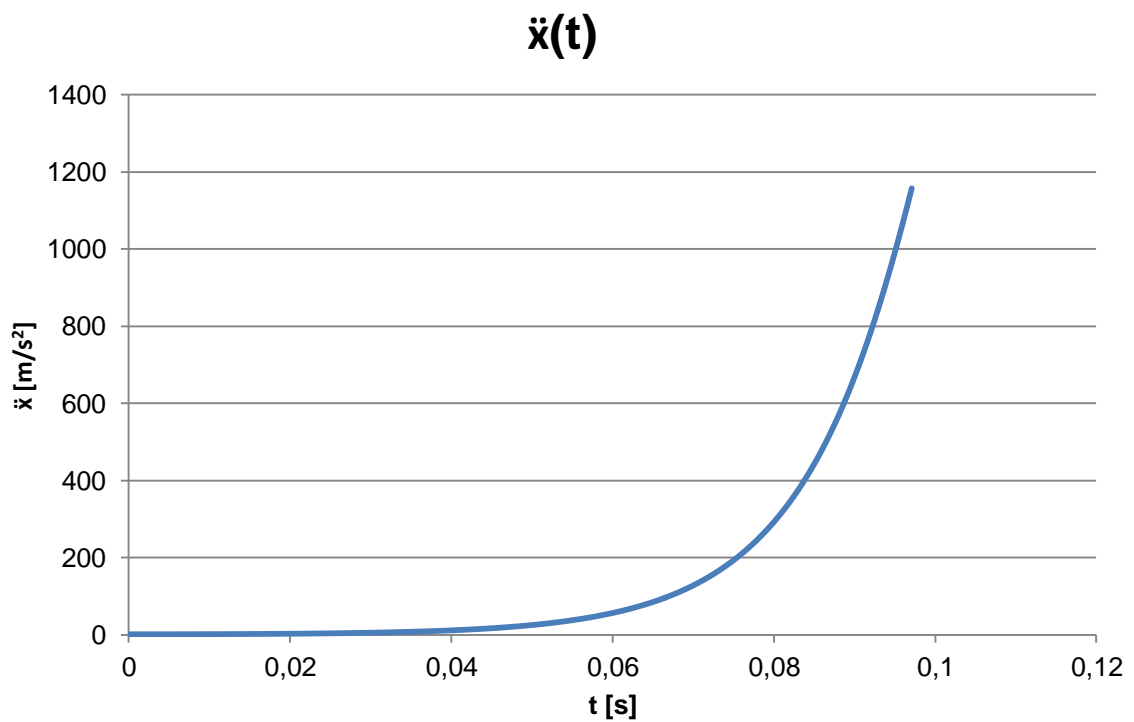


Gràfic D.4

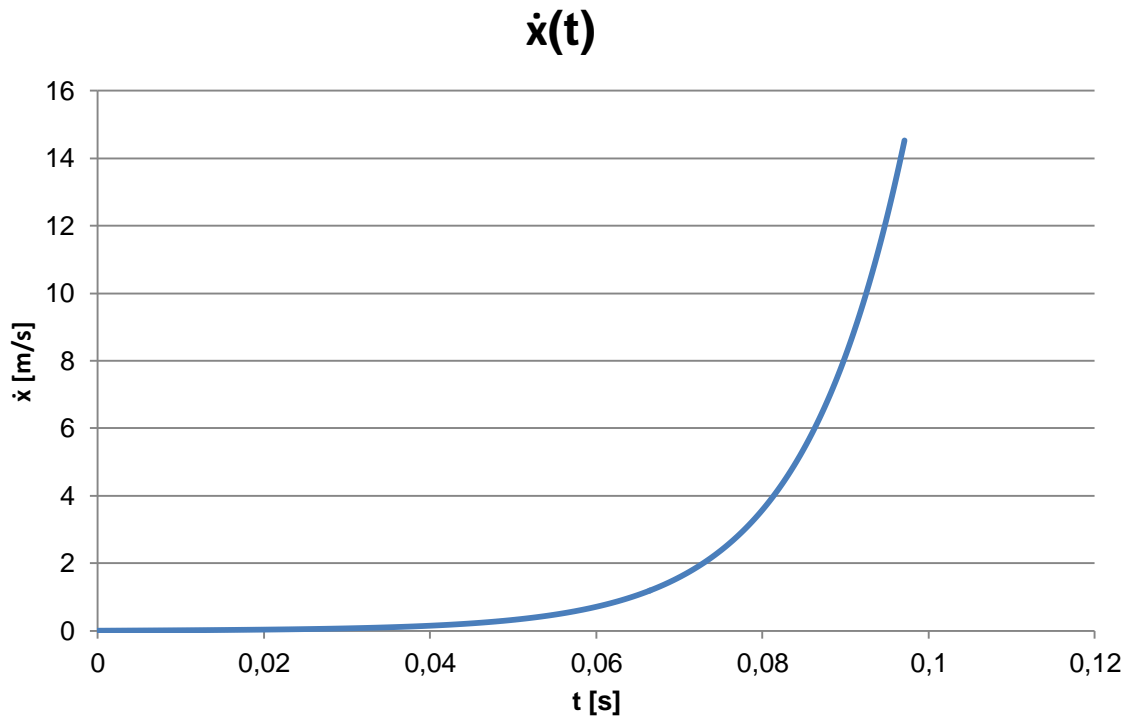


Gràfic D.5

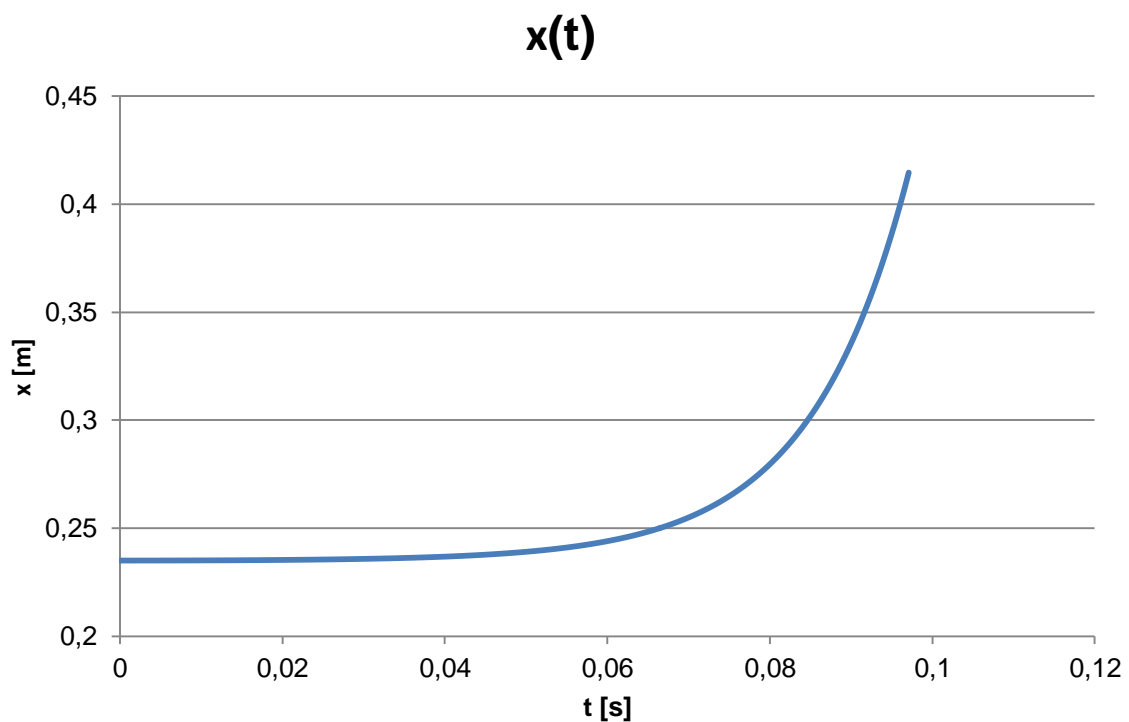
L'evolució gràfica de l'acceleració, la velocitat i la posició de la variable x és la següent:



Gràfic D.6

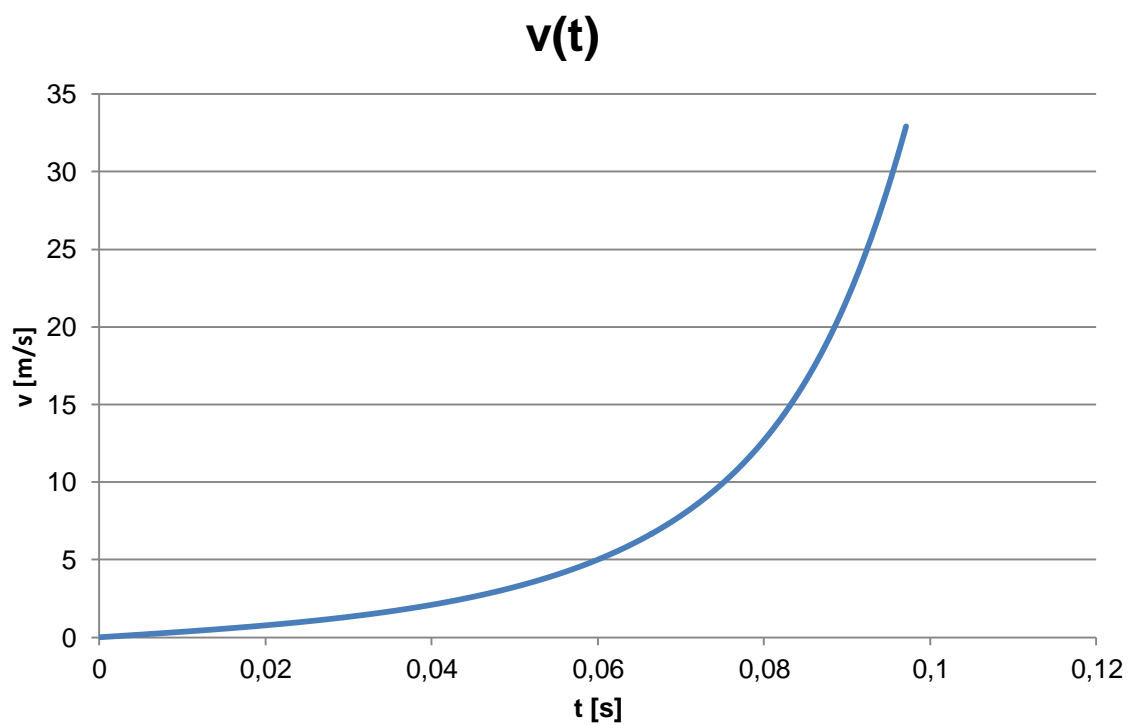


Gràfic D.7



Gràfic D.8

l'evolució de la velocitat real del plat és la següent:



Gràfic D.9

D.2 Moviment “lliure” del braç

La solució numèrica ampliada és:

t [s]	$\ddot{\psi}$ [rad/s ²]	$\dot{\psi}$ [rad/s]	ψ [rad]	T [Nm]	Ψ [°]
0,0972	1523,76	71,38	2,04	156,81	116,65
0,0977	1468,23	72,12	2,07	151,00	118,71
0,0982	1409,32	72,84	2,11	144,84	120,79
0,0987	1347,28	73,52	2,14	138,37	122,89
0,0992	1282,44	74,18	2,18	131,61	125,01
0,0997	1215,23	74,80	2,22	124,62	127,15
0,1002	1146,09	75,39	2,26	117,44	129,31
0,1007	1075,52	75,94	2,29	110,12	131,48
0,1012	1004,06	76,46	2,33	102,72	133,66
0,1017	932,24	76,94	2,37	95,29	135,86
0,1022	860,63	77,38	2,41	87,89	138,08
0,1027	789,77	77,79	2,45	80,59	140,30
0,1032	720,19	78,16	2,49	73,42	142,54
0,1037	652,35	78,50	2,53	66,44	144,78
0,1042	586,70	78,81	2,57	59,70	147,04
0,1047	523,60	79,08	2,61	53,23	149,30
0,1052	463,32	79,33	2,65	47,05	151,57
0,1057	406,06	79,54	2,69	41,18	153,85
0,1062	351,93	79,73	2,73	35,64	156,13
0,1067	300,93	79,89	2,76	30,42	158,42
0,1072	252,97	80,03	2,80	25,51	160,71
0,1077	207,86	80,14	2,84	20,89	163,01
0,1082	165,32	80,23	2,89	16,53	165,30
0,1087	124,99	80,30	2,93	12,39	167,60
0,1092	86,45	80,35	2,97	8,42	169,90
0,1097	49,22	80,38	3,01	4,58	172,21
0,1102	12,77	80,40	3,05	0,80	174,51
0,1107	-23,45	80,39	3,09	-2,96	176,81
0,1112	-59,99	80,37	3,13	-6,77	179,12
0,1117	-97,39	80,33	3,17	-10,67	181,42
0,1122	-136,17	80,27	3,21	-14,73	183,72
0,1127	-176,81	80,19	3,25	-19,00	186,02
0,1132	-219,73	80,09	3,29	-23,50	188,31
0,1137	-265,25	79,96	3,33	-28,28	190,60
0,1142	-313,65	79,82	3,37	-33,36	192,89
0,1147	-365,10	79,64	3,41	-38,76	195,17
0,1152	-419,66	79,44	3,45	-44,48	197,45
0,1157	-477,33	79,22	3,49	-50,52	199,72
0,1162	-537,97	78,96	3,53	-56,87	201,99

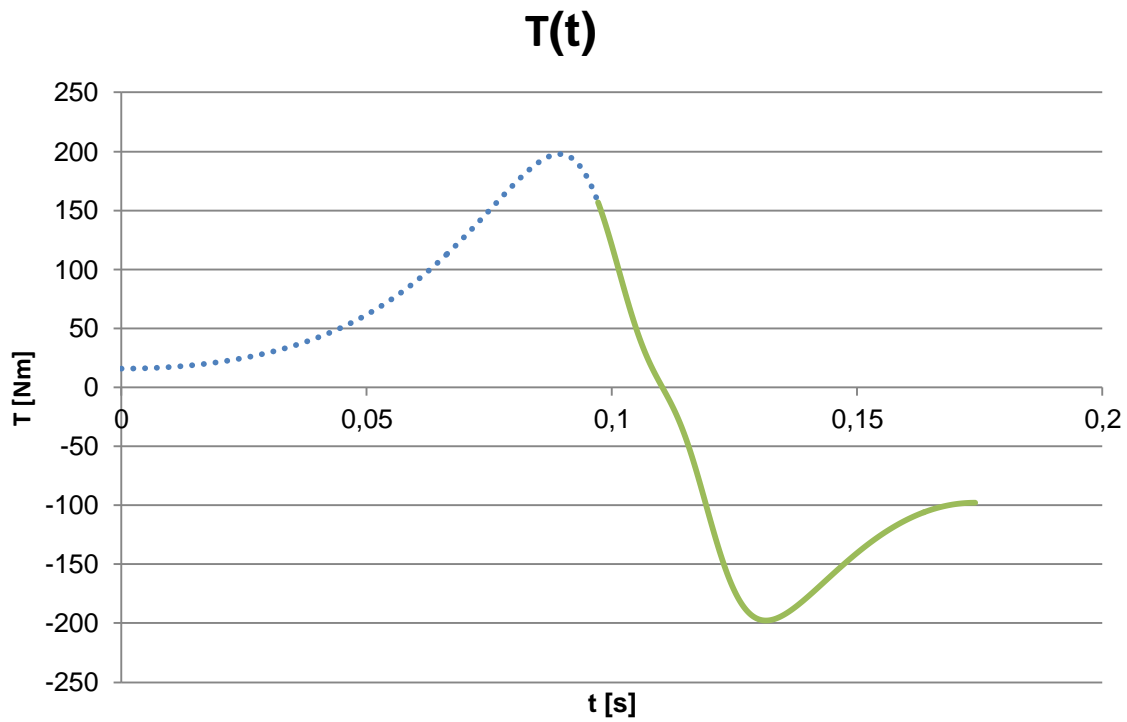
t [s]	$\ddot{\psi}$ [rad/s ²]	$\dot{\psi}$ [rad/s]	ψ [rad]	T [Nm]	ψ [°]
0,1167	-601,38	78,67	3,56	-63,49	204,24
0,1172	-667,26	78,35	3,60	-70,37	206,49
0,1177	-735,24	78,00	3,64	-77,45	208,73
0,1182	-804,87	77,61	3,68	-84,69	210,95
0,1187	-875,68	77,19	3,72	-92,04	213,17
0,1192	-947,14	76,73	3,76	-99,45	215,37
0,1197	-1018,69	76,23	3,80	-106,86	217,56
0,1202	-1089,80	75,70	3,84	-114,20	219,73
0,1207	-1159,92	75,14	3,87	-121,44	221,89
0,1212	-1228,52	74,54	3,91	-128,51	224,03
0,1217	-1295,12	73,90	3,95	-135,36	226,15
0,1222	-1359,27	73,23	3,98	-141,95	228,26
0,1227	-1420,58	72,54	4,02	-148,23	230,34
0,1232	-1478,72	71,81	4,06	-154,19	232,41
0,1237	-1533,40	71,05	4,09	-159,78	234,45
0,1242	-1584,41	70,27	4,13	-164,98	236,47
0,1247	-1631,59	69,46	4,16	-169,79	238,46
0,1252	-1674,84	68,63	4,20	-174,19	240,44
0,1257	-1714,12	67,79	4,23	-178,18	242,39
0,1262	-1749,44	66,92	4,26	-181,76	244,31
0,1267	-1780,83	66,03	4,30	-184,94	246,21
0,1272	-1808,39	65,13	4,33	-187,72	248,08
0,1277	-1832,24	64,22	4,36	-190,12	249,93
0,1282	-1852,51	63,30	4,39	-192,15	251,75
0,1287	-1869,37	62,37	4,43	-193,83	253,55
0,1292	-1882,99	61,43	4,46	-195,19	255,32
0,1297	-1893,56	60,49	4,49	-196,23	257,06
0,1302	-1901,28	59,54	4,52	-196,98	258,77
0,1307	-1906,34	58,58	4,55	-197,45	260,46
0,1312	-1908,93	57,63	4,57	-197,68	262,12
0,1317	-1909,24	56,67	4,60	-197,67	263,75
0,1322	-1907,44	55,72	4,63	-197,45	265,35
0,1327	-1903,73	54,77	4,66	-197,04	266,93
0,1332	-1898,25	53,82	4,69	-196,45	268,48
0,1337	-1891,18	52,87	4,71	-195,69	270,00
0,1342	-1882,66	51,93	4,74	-194,78	271,50
0,1347	-1872,83	50,99	4,76	-193,75	272,97
0,1352	-1861,82	50,06	4,79	-192,59	274,41
0,1357	-1849,75	49,13	4,81	-191,33	275,82
0,1362	-1836,72	48,21	4,84	-189,97	277,21
0,1367	-1822,86	47,29	4,86	-188,52	278,58
0,1372	-1808,24	46,39	4,89	-187,00	279,91
0,1377	-1792,96	45,49	4,91	-185,41	281,22

t [s]	$\ddot{\psi}$ [rad/s ²]	$\dot{\psi}$ [rad/s]	ψ [rad]	T [Nm]	ψ [°]
0,1382	-1777,10	44,60	4,93	-183,76	282,51
0,1387	-1760,73	43,71	4,95	-182,06	283,77
0,1392	-1743,92	42,84	4,97	-180,32	285,00
0,1397	-1726,74	41,97	5,00	-178,54	286,21
0,1402	-1709,24	41,11	5,02	-176,73	287,40
0,1407	-1691,47	40,26	5,04	-174,89	288,56
0,1412	-1673,50	39,42	5,06	-173,03	289,70
0,1417	-1655,35	38,59	5,08	-171,15	290,81
0,1422	-1637,08	37,77	5,09	-169,26	291,90
0,1427	-1618,72	36,95	5,11	-167,36	292,96
0,1432	-1600,31	36,15	5,13	-165,46	294,01
0,1437	-1581,87	35,36	5,15	-163,55	295,03
0,1442	-1563,45	34,57	5,17	-161,65	296,02
0,1447	-1545,07	33,79	5,18	-159,75	297,00
0,1452	-1526,76	33,03	5,20	-157,86	297,95
0,1457	-1508,53	32,27	5,22	-155,98	298,88
0,1462	-1490,42	31,52	5,23	-154,11	299,79
0,1467	-1472,44	30,78	5,25	-152,25	300,68
0,1472	-1454,62	30,05	5,26	-150,41	301,55
0,1477	-1436,96	29,33	5,28	-148,59	302,39
0,1482	-1419,50	28,62	5,29	-146,79	303,22
0,1487	-1402,23	27,91	5,31	-145,01	304,02
0,1492	-1385,19	27,21	5,32	-143,25	304,81
0,1497	-1368,37	26,53	5,33	-141,52	305,57
0,1502	-1351,80	25,85	5,35	-139,81	306,32
0,1507	-1335,48	25,18	5,36	-138,13	307,05
0,1512	-1319,42	24,51	5,37	-136,47	307,76
0,1517	-1303,64	23,86	5,38	-134,84	308,45
0,1522	-1288,14	23,21	5,40	-133,25	309,12
0,1527	-1272,93	22,57	5,41	-131,68	309,77
0,1532	-1258,01	21,94	5,42	-130,14	310,40
0,1537	-1243,41	21,32	5,43	-128,64	311,02
0,1542	-1229,11	20,70	5,44	-127,17	311,62
0,1547	-1215,13	20,09	5,45	-125,73	312,20
0,1552	-1201,47	19,48	5,46	-124,32	312,76
0,1557	-1188,14	18,89	5,47	-122,95	313,31
0,1562	-1175,14	18,30	5,48	-121,61	313,84
0,1567	-1162,47	17,71	5,49	-120,31	314,35
0,1572	-1150,14	17,14	5,50	-119,04	314,84
0,1577	-1138,15	16,56	5,50	-117,81	315,32
0,1582	-1126,51	16,00	5,51	-116,61	315,79
0,1587	-1115,21	15,44	5,52	-115,45	316,23
0,1592	-1104,27	14,89	5,53	-114,32	316,66

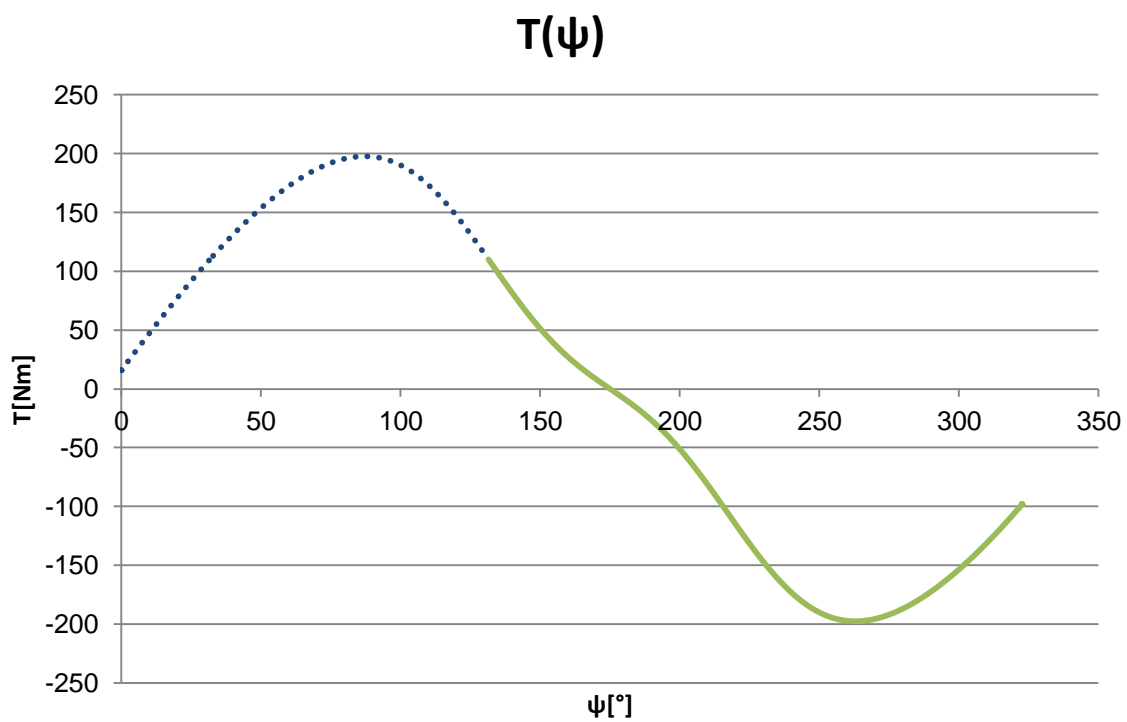
t [s]	$\dot{\psi}$ [rad/s ²]	$\dot{\psi}$ [rad/s]	ψ [rad]	T [Nm]	ψ [°]
0,1597	-1093,67	14,34	5,53	-113,23	317,08
0,1602	-1083,43	13,79	5,54	-112,18	317,48
0,1607	-1073,54	13,25	5,55	-111,16	317,86
0,1612	-1064,00	12,72	5,55	-110,19	318,23
0,1617	-1054,83	12,19	5,56	-109,24	318,59
0,1622	-1046,01	11,67	5,57	-108,34	318,93
0,1627	-1037,55	11,15	5,57	-107,47	319,25
0,1632	-1029,45	10,63	5,58	-106,64	319,56
0,1637	-1021,71	10,12	5,58	-105,85	319,85
0,1642	-1014,33	9,61	5,59	-105,09	320,13
0,1647	-1007,31	9,10	5,59	-104,37	320,40
0,1652	-1000,66	8,60	5,60	-103,69	320,65
0,1657	-994,36	8,10	5,60	-103,05	320,88
0,1662	-988,43	7,61	5,60	-102,44	321,11
0,1667	-982,86	7,12	5,61	-101,87	321,31
0,1672	-977,65	6,63	5,61	-101,34	321,51
0,1677	-972,81	6,14	5,61	-100,85	321,69
0,1682	-968,32	5,65	5,62	-100,39	321,86
0,1687	-964,20	5,17	5,62	-99,97	322,01
0,1692	-960,44	4,69	5,62	-99,59	322,15
0,1697	-957,04	4,21	5,62	-99,25	322,27
0,1702	-954,01	3,73	5,63	-98,94	322,38
0,1707	-951,33	3,26	5,63	-98,67	322,48
0,1712	-949,02	2,78	5,63	-98,44	322,56
0,1717	-947,07	2,31	5,63	-98,24	322,63
0,1722	-945,49	1,83	5,63	-98,09	322,69
0,1727	-944,26	1,36	5,63	-97,97	322,73
0,1732	-943,40	0,89	5,63	-97,89	322,76
0,1737	-942,90	0,42	5,63	-97,84	322,78

Taula D.2

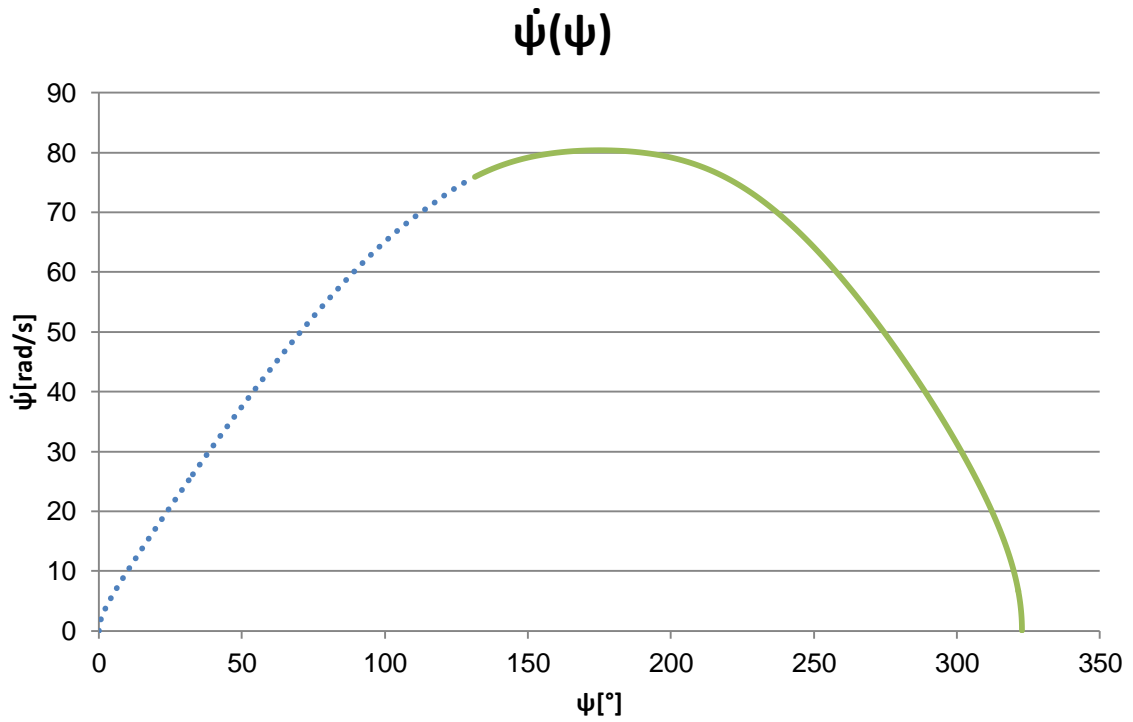
L'evolució gràfica del parell i la velocitat angular és la següent:



Gràfic D.10

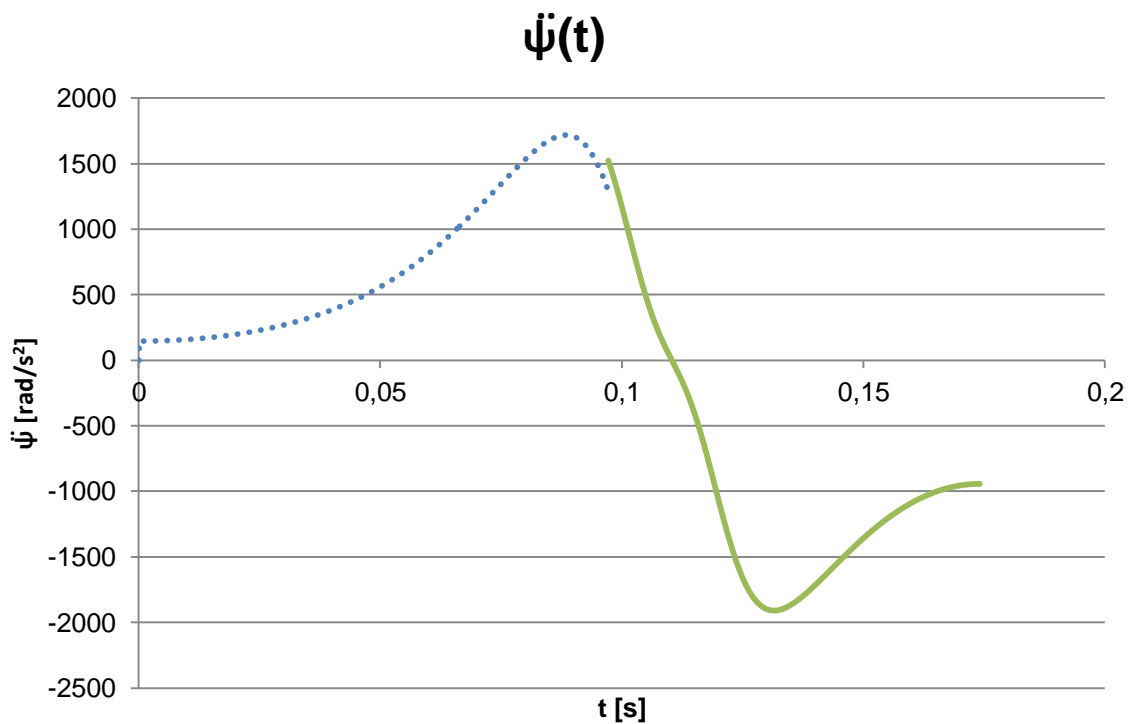


Gràfic D.11

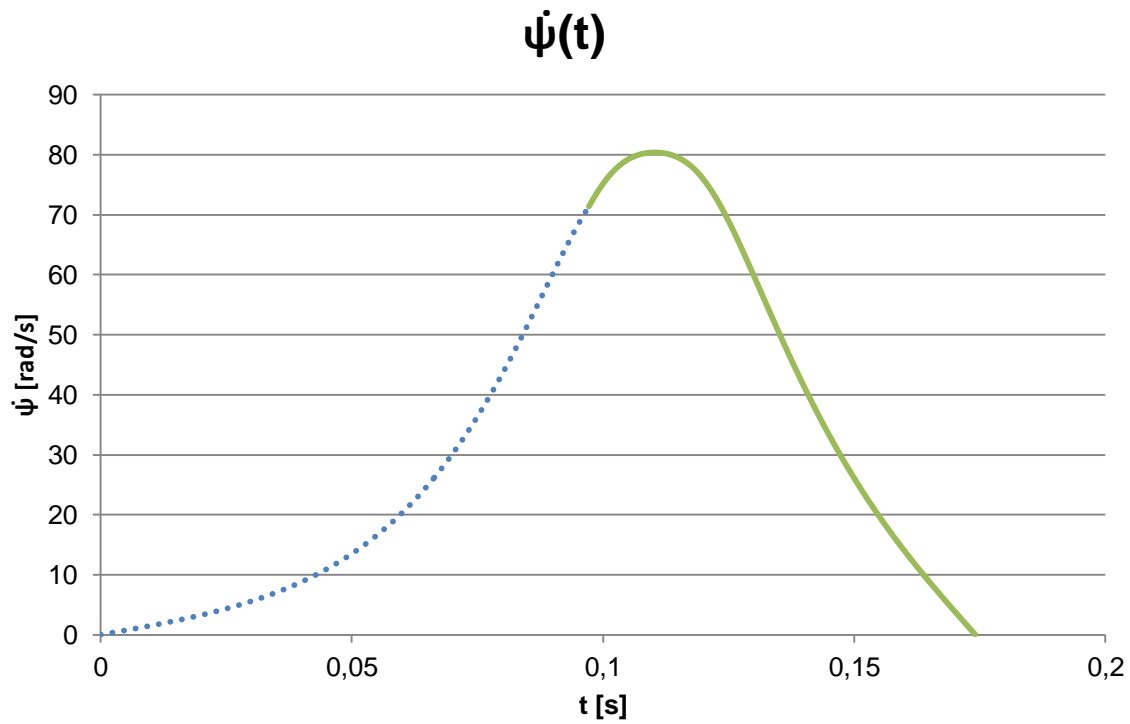


Gràfic D.12

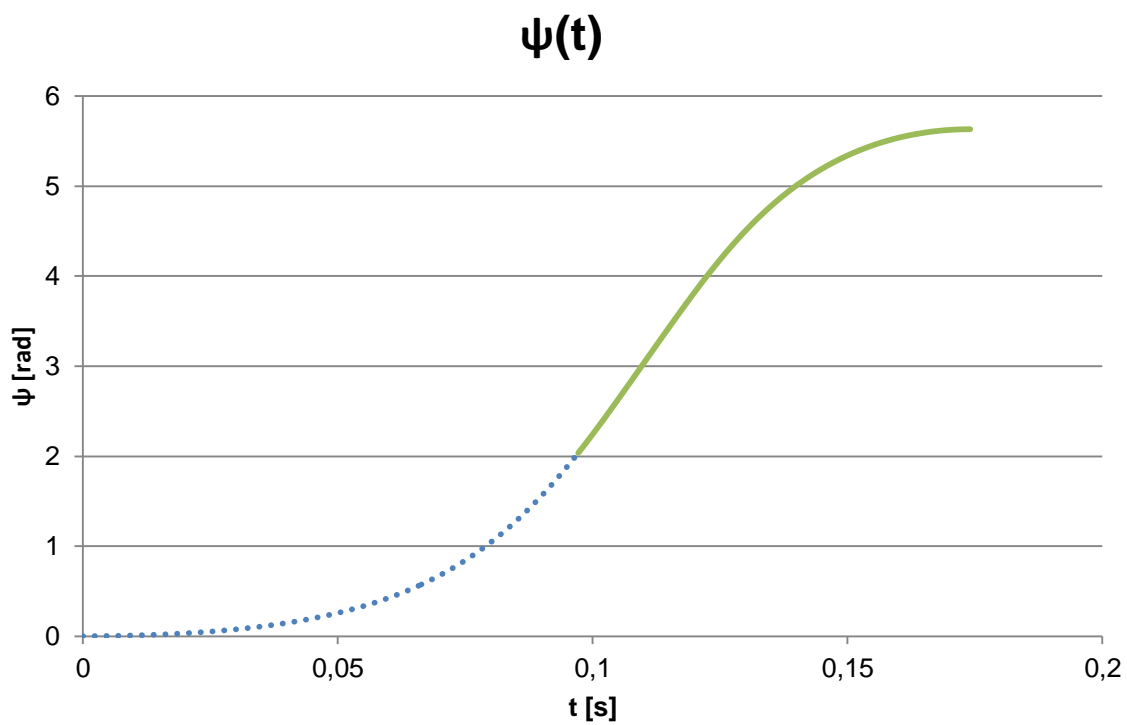
L'evolució gràfica de l'acceleració, la velocitat i la posició angular és la següent:



Gràfic D.13



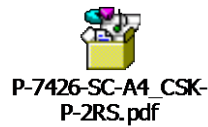
Gràfic D.14



Gràfic D.15

D.3 Mecanisme de gir unidireccional

A continuació s'adjunta el catàleg del fabricant:



Combined Bearing/Freewheel

CSK..P, CSK..PP CSK..P-2RS



TYPE



CSK..PP



CSK..P

Types CSK..P and CSK..PP are sprag type freewheels integrated into 62.. series ball bearings (except size 40). They are bearing supported, delivered grease lubricated and protected against dust of more than 0,3 mm.

The use of additional "nylos" type seals is recommended especially when the working temperature exceeds 50°C. Oil bath lubrication is also possible.

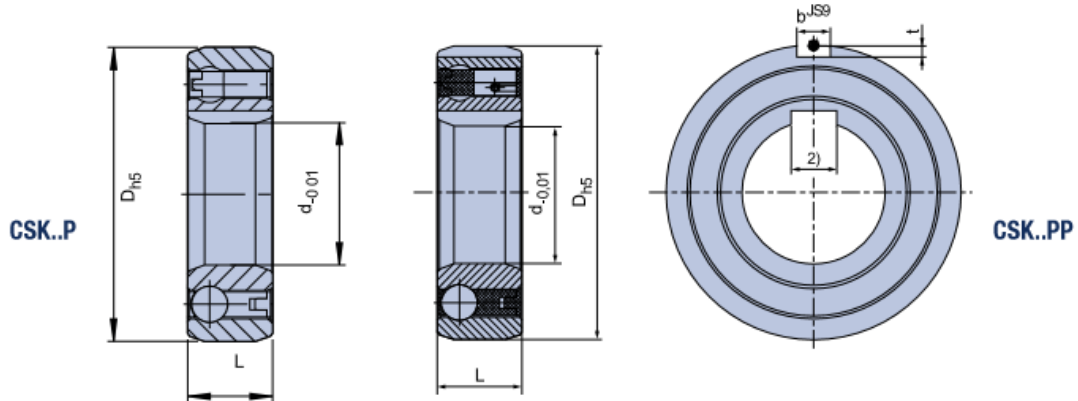
In addition to the basic CSK model, type CSK..P

features a keyway on the inner race. For this reason it can be keyed to a shaft to k6 tolerance. The outer race must still be pressed into a rigid steel housing to N6 tolerance.

CSK..PP features a keyway on both the inner and outer race. The recommended mounting tolerances are h6 on the shaft and H6 in a rigid housing. Please contact us when either the ambient or the operating temperature is not within the range +5°C to +60°C.

Combined Bearing/Freewheel

CSK..P, CSK..PP, CSK..P-2RS

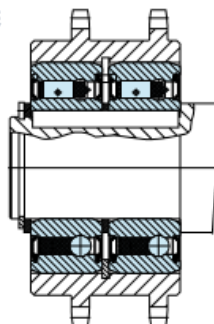


Type	Size	Bearing series							Bearing loads		Weight	Drag torque
			$T_{KN}^{1)}$ [Nm]	n_{max} [min ⁻¹]	D [mm]	L [mm]	b [mm]	t [mm]	C [kN]	C ₀ [kN]		
CSK..P ²⁾	12	6201	9,3	10000	32	10			6,1	2,77	0,04	0,7
	15	6202	17	8400	35	11			7,4	3,42	0,06	0,9
	17	6203	30	7350	40	12			7,9	3,8	0,070	1,1
	20	6204	50	6000	47	14			9,4	4,46	0,110	1,3
	25	6205	85	5200	52	15			10,7	5,46	0,140	2,0
	30	6206	138	4200	62	16			11,7	6,45	0,210	4,4
	35	6207	175	3600	72	17			12,6	7,28	0,300	5,8
	40	-	325	3000	80	22			15,54	12,25	0,5	7,0
CSK..PP ²⁾	15	6202	17	8400	35	11	2	0,6	7,4	3,42	0,06	0,9
	17	6203	30	7350	40	12	2	1,0	7,9	3,8	0,070	1,1
	20	6204	50	6000	47	14	3	1,5	9,4	4,46	0,110	1,3
	25	6205	85	5200	52	15	6	2,0	10,7	5,46	0,140	2,0
	30	6206	138	4200	62	16	6	2,0	11,7	6,45	0,210	4,4
	35	6207	175	3600	72	17	8	2,5	12,6	7,28	0,300	5,8
CSK..P-2RS ²⁾	12	-	9,3	10000	32	14			6,1	2,77	0,05	3
	15	-	17	8400	35	16			7,4	3,42	0,07	4
	17	-	30	7350	40	17			7,9	3,8	0,09	5,6
	20	-	50	6000	47	19			9,4	4,46	0,145	6,0
	25	-	85	5200	52	20			10,7	5,46	0,175	6,0
	30	-	138	4200	62	21			11,7	6,45	0,270	7,5
	35	-	175	3600	72	22			12,6	7,28	0,4	8,2
	40	-	325	3000	80	27			15,54	12,25	0,6	10

NOTES

- 1) $T_{max} = 2 \times T_{KN}$
» Refer to Selection page 7 to 11
- 2) Keyway to DIN 6885.3
Size 40 keyway to DIN 6885.1
» Refer to mounting and maintenance instructions page 12 to 13

MOUNTING EXAMPLE



Taula D.3

D.4 Unió arbre-botó braç

D.4.1 Unió per pinçament amb botó semipartit

El coeficient de fregament global (més conservador) per a un cargol amb recobriment de cadmiat galvànic i una femella (botó braç) sense recobriment és $\mu_G=0,08$ (sense lubricació). S'utilitzaran 2 cargols.

Per a un cargol M14, classe 12.9 i $\mu_G=0,08$:

- La força de muntatge límit és $F_{Mlim}=99750N$
- El moment de muntatge límit és $M_{Mlim}=162,5Nm$

El moment de muntatge a prescriure és:

$$M_M = 0,9M_{Mlim} = 146,25Nm$$

Eq. D.1

I la seguretat a ruptura del cargol és $C_s=1,1$.

Amb clau dinamomètrica i sense lubricació el factor de collada és $\alpha_c=1,8$. Per tant, si el muntatge és fins a la seva força de muntatge límit:

- Abans de l'assentament:

$$F_{Mmin} = \frac{F_{Mlim}}{\alpha_c} = 55416,67N$$

Eq. D.2

- Després de l'assentament (pèrdua de la força de muntatge d'un 30%):

$$F'_{Mmin} = 0,7F_{Mmin} = 38791,67N$$

Eq. D.3

Tenint en compte la geometria del botó braç i la utilització de 2 cargols s'obté:

$$F_S = 2F'_{Mmin} \frac{0,046m}{0,015m} = 237922,22N$$

Eq. D.4

El coeficient d'adherència (més conservador) per a un sistema arbre d'acer i botó d'acer és $\mu_{ru}=0,06$. Aleshores el parell resistent al lliscament és:

$$M_t = F_S \mu_{ru} \phi = 285,51 Nm$$

Eq. D.5

I la seguretat al lliscament resulta:

$$C_s = \frac{M_t}{T_{max}} = \frac{285,51}{197,71} = 1,44$$

Eq. D.6

La pressió admissible per al contacte puntual acer-acer és $p=50 \div 90 N/mm^2$.

Abans de l'assentament:

$$F_{Smax} = 2F_{Mlim} \frac{0,046m}{0,015m} = 611800 N$$

Eq. D.7

I la pressió de contacte:

$$p = \frac{F_{Smax}}{\phi l} = \frac{611800 \text{ N}}{20 \cdot 50 \text{ mm}^2} = 611,8 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Eq. D.8

... que resulta en un valor inadmissible, i per això es passa a considerar un disseny de la unió mitjançant eix estriat.

D.4.2 Unió per estriat de perfil envoltant

Tot i que la opció escollida sigui estriat de perfil envoltant, es farà una estimació de la longitud d'estriat necessària com si la unió fos per estriat de flancs paral·lels (sèrie mitjana).

La fallada per cisallament de les estries (n'hi hauria 6) resultaria en una longitud mínima:

$$l \geq \frac{4M}{6\phi b \sigma_{adm}} = \frac{4 \cdot 197,71}{6 \cdot 0,02 \cdot 0,004 \cdot 285 \cdot 10^6} m \cong 5,8 mm$$

Eq. D.9

Considerant una pressió de contacte màxima de 100N/mm^2 (botó d'acer) la longitud mínima d'estriat seria:

$$l \geq \frac{F}{6tp_{\text{màx}}} = \frac{2M}{6\phi tp_{\text{màx}}} = \frac{2 \cdot 197,71}{6 \cdot 0,02 \cdot 2 \cdot 100} \text{mm} \cong 16\text{mm}$$

Eq. D.10

Adoptant una longitud de 25mm, la seguretat resultaria:

$$C_s = \frac{p_{\text{lim}}}{p_{\text{max}}} = 1,52$$

Eq. D.11

D.5 Unió botó braç-braç

El coeficient de fregament global (més conservador) per a un cargol amb recobriments de zincat galvànic i una femella (botó braç) sense recobriments és $\mu_G=0,12$ (sense lubricació).

Per a un cargol M10, classe 10.9 i $\mu_G=0,12$:

- La força de muntatge límit és $F_{M\text{lim}}=38450\text{N}$
- El moment de muntatge límit és $M_{M\text{lim}}=62,5\text{Nm}$

El moment de muntatge a prescriure és:

$$M_M = 0,9M_{M\text{lim}} = 56,25\text{Nm}$$

Eq. D.12

I la seguretat a ruptura del cargol és $C_s=1,1$.

Amb clau dinamomètrica i sense lubricació el factor de collada és $\alpha_c=1,8$. Per tant, si el muntatge és fins a la seva força de muntatge límit:

- Abans de l'assentament:

$$F_{M\text{min}} = \frac{F_{M\text{lim}}}{\alpha_c} = 21361\text{N}$$

Eq. D.13

- Després de l'assentament (pèrdua de la força de muntatge d'un 30%):

$$F'_{Mmin} = 0,7F_{Mmin} = 14953N$$

Eq. D.14

Tenint en compte la geometria del botó braç i la utilització de 2 cargols:

$$F_M = \frac{T}{\frac{\phi}{2}\mu} = \frac{197,71}{0,084197 \cdot 2 \cdot 0,1} N = 11741N$$

Eq. D.15

I la seguretat al lliscament resulta:

$$C_s = \frac{F'_{Mmin}}{F_M} = \frac{14953}{11741} = 1,27$$

Eq. D.16

D.6 Rodament superior

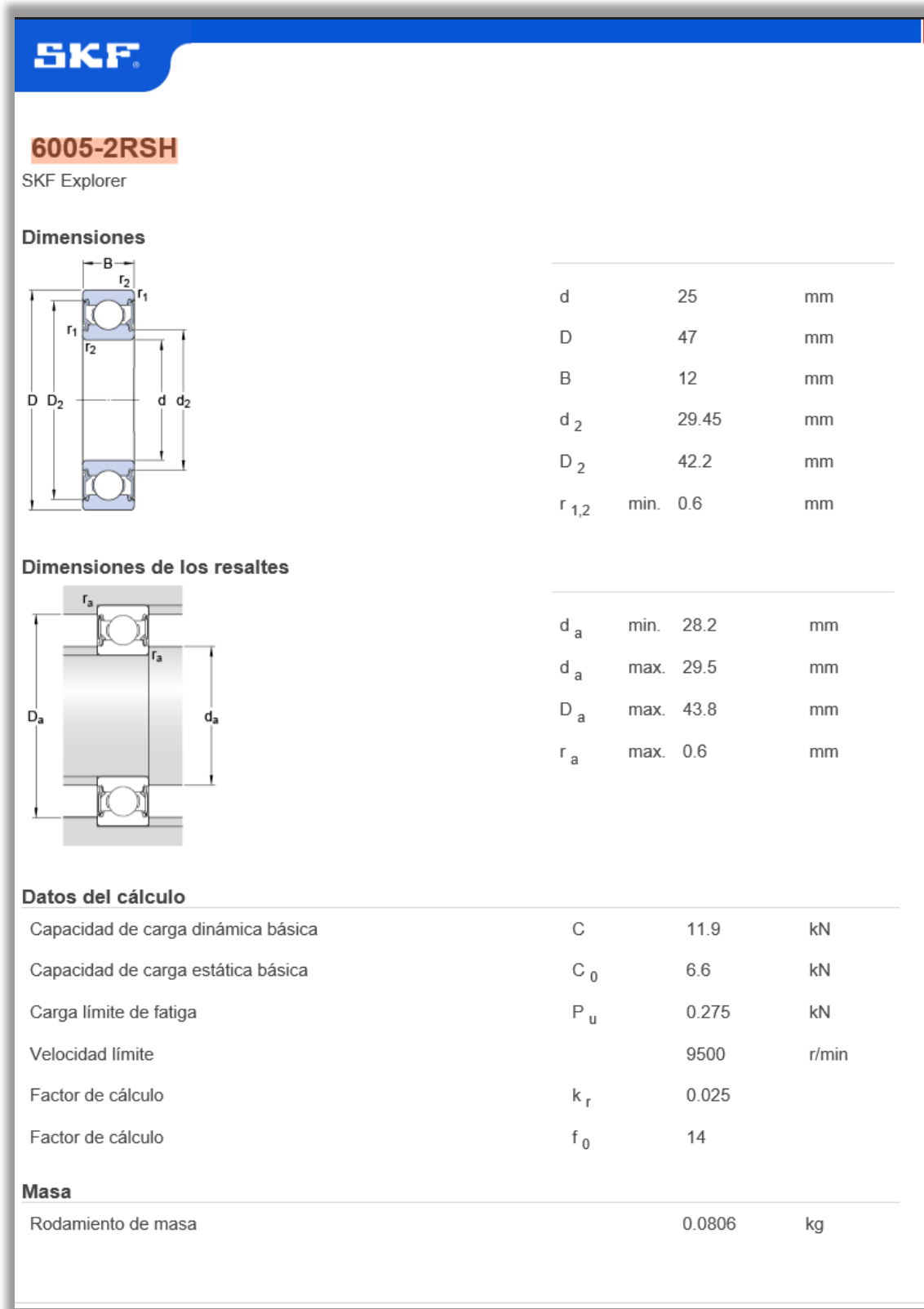


Figura D.1

D.7 Unió arbre-manovella

Per a una unió 20H7/s6 la interferència constructiva és:

$$J_{max} = 0,048mm - 0 = 0,048mm$$

Eq. D.17

$$J_{min} = 0,035mm - 0,021mm = 0,014mm$$

Eq. D.18

Els acabats superficials permeten determinar l'allisat, considerant que la unió és de qualitat extra (arbre i biela rectificats fins):

- Arbre:
 - $R_a=0,2\mu m$
 - $R_z=2,5\mu m$

$$R_{pA} \cong 0,4R_z = 1\mu m$$

Eq. D.19

- Biela:
 - $R_a=0,4\mu m$
 - $R_z=4\mu m$

$$R_{pB} \cong 0,4R_z = 1,6\mu m$$

Eq. D.20

La pèrdua d'interferència és:

$$2(R_{pA} + R_{pB}) = 5,2\mu m$$

Eq. D.21

La interferència efectiva resulta en:

$$Z_{max} = J_{max} - 5,2\mu m = 42,8\mu m$$

Eq. D.22

$$Z_{min} = J_{min} - 5,2\mu m = 8,8\mu m$$

Eq. D.23

I la interferència efectiva relativa queda com:

$$\xi_{max} = \frac{Z_{max}}{\varnothing} = 0,00214$$

Eq. D.24

$$\xi_{min} = \frac{Z_{min}}{\varnothing} = 0,00044$$

Eq. D.25

D.7.1.1 Pressió de contacte

La pressió originada per la interferència de muntatge és la següent:

$$Q_B = \frac{20mm}{40mm} = 0,5$$

Eq. D.26

$$K_B = \frac{1}{E_B} \left(\frac{1 + Q_B^2}{1 - Q_B^2} + \nu \right) = \frac{1}{210000MPa} \left(\frac{1 + 0,5^2}{1 - 0,5^2} + 0,3 \right) = 9,3651 \cdot 10^{-6} \frac{1}{MPa}$$

Eq. D.27

$$K_A = \frac{1}{E_A} (1 - \nu) = \frac{1}{210000MPa} (1 - 0,3) = 3,3333 \cdot 10^{-6} \frac{1}{MPa}$$

Eq. D.28

$$p_{max} = \frac{\xi_{max}}{K_B + K_A} = 168,525MPa$$

Eq. D.29

$$p_{min} = \frac{\xi_{min}}{K_B + K_A} = 34,65MPa$$

Eq. D.30

La pressió originada com a conseqüència de l'accionament del mecanisme és la següent:

$$p_{max} = \frac{F_{max}}{\frac{\varnothing}{2}l} = \frac{K_a \delta_{max}}{\frac{\varnothing}{2}l} = \frac{5225 \cdot 0,11}{\frac{0,02}{2} \cdot 0,025} Pa = 2,299MPa$$

Eq. D.31

Per tant l'acció combinada dels dos efectes resulta en:

$$p_{max} = 168,525MPa + 2,299MPa = 170,824MPa$$

Eq. D.32

La pressió límit que és capaç de suportar el material és:

$$p_{lim} = R_e \frac{1 - Q_B^2}{2} = 590MPa \frac{1 - 0,5^2}{2} = 221,25MPa > p_{max}$$

Eq. D.33

Això garanteix que el manegament treballarà en zona elàstica, amb una seguretat:

$$C_s = \frac{p_{lim}}{p_{max}} = 1,30$$

Eq. D.34

D.7.1.2 Força de fricció mínima

La força de fricció mínima és (prenen el coeficient de fricció a un valor conservador de $\mu_{ru}=0,6$ per a encaixos tèrmics):

$$F_{ru} = \mu_{ru} \phi \pi p_{min} l = 0,6 \cdot 20mm \cdot \pi \cdot 34,65MPa \cdot 25mm = 32657N$$

Eq. D.35

La força arrossegadora màxima és:

$$F_r = \frac{T_{max}}{\frac{\phi}{2}} = \frac{197,71}{\frac{0,02}{2}} N = 19771N$$

Eq. D.36

I la seguretat al lliscament resulta:

$$C_s = \frac{F_{ru}}{F_r} = \frac{32657}{19771} = 1,65$$

Eq. D.37

D.8 Unió manovella-eix biela

Per a una unió 10H7/u5 la interferència constructiva és:

$$J_{max} = 0,034mm - 0 = 0,034mm$$

Eq. D.38

$$J_{min} = 0,028mm - 0,015mm = 0,013mm$$

Eq. D.39

Els acabats superficials permeten determinar l'allisat, considerant que la unió és de qualitat alta (arbre i biela tornejats fins):

- Arbre:
 - $R_a=0,8\mu m$
 - $R_z=6,3\mu m$

$$R_{pA} \cong 0,4R_z = 2,52\mu m$$

Eq. D.40

- Biela:
 - $R_a=0,8\mu m$
 - $R_z=6,3\mu m$

$$R_{pB} \cong 0,4R_z = 2,52\mu m$$

Eq. D.41

La pèrdua d'interferència és:

$$2(R_{pA} + R_{pB}) = 10,08\mu m$$

Eq. D.42

La interferència efectiva resulta en:

$$Z_{max} = J_{max} - 10,08\mu m = 23,92\mu m$$

Eq. D.43

$$Z_{min} = J_{min} - 10,08\mu m = 2,92\mu m$$

Eq. D.44

I la interferència efectiva relativa queda com:

$$\xi_{max} = \frac{Z_{max}}{\emptyset} = 0,002392$$

Eq. D.45

$$\xi_{min} = \frac{Z_{min}}{\emptyset} = 0,000292$$

Eq. D.46

D.8.1.1 Pressió de contacte

La pressió originada per la interferència de muntatge és la següent:

$$Q_B = \frac{10mm}{20mm} = 0,5$$

Eq. D.47

$$K_B = \frac{1}{E_B} \left(\frac{1 + Q_B^2}{1 - Q_B^2} + \nu \right) = \frac{1}{210000MPa} \left(\frac{1 + 0,5^2}{1 - 0,5^2} + 0,3 \right) = 9,3651 \cdot 10^{-6} \frac{1}{MPa}$$

Eq. D.48

$$K_A = \frac{1}{E_A} (1 - \nu) = \frac{1}{210000MPa} (1 - 0,3) = 3,3333 \cdot 10^{-6} \frac{1}{MPa}$$

Eq. D.49

$$p_{max} = \frac{\xi_{max}}{K_B + K_A} = 188,37MPa$$

Eq. D.50

La pressió originada com a conseqüència de l'accionament del mecanisme és la següent:

$$p_{max} = \frac{F_{max}}{\frac{\emptyset}{2}l} = \frac{K_a \delta_{max}}{\frac{\emptyset}{2}l} = \frac{5225 \cdot 0,11}{\frac{0,01}{2} \cdot 0,015} Pa = 7,663MPa$$

Eq. D.51

Per tant l'acció combinada dels dos efectes resulta en:

$$p_{max} = 188,37MPa + 7,663MPa = 196,03MPa$$

Eq. D.52

La pressió límit que és capaç de suportar el material és:

$$p_{lim} = R_e \frac{1 - Q_B^2}{2} = 590MPa \frac{1 - 0,5^2}{2} = 221,25MPa > p_{max}$$

Eq. D.53

Això garanteix que el manegament treballarà en zona elàstica, amb una seguretat:

$$C_s = \frac{p_{lim}}{p_{max}} = 1,13$$

Eq. D.54

D.9 Recàrrega del braç

La solució numèrica ampliada és:

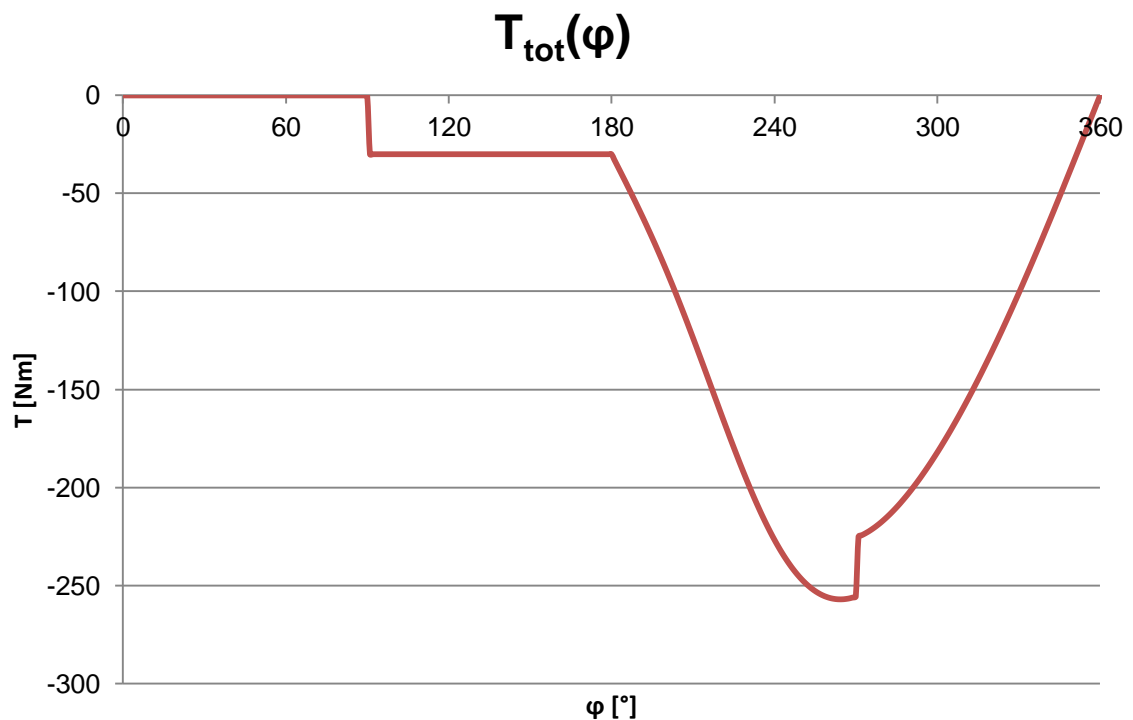
ϕ [°]	T_1 [Nm]	T_2 [Nm]	T_{tot} [Nm]
0	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00
24	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00
33	0,00	0,00	0,00
36	0,00	0,00	0,00
39	0,00	0,00	0,00
42	0,00	0,00	0,00
45	0,00	0,00	0,00
48	0,00	0,00	0,00
51	0,00	0,00	0,00
54	0,00	0,00	0,00
57	0,00	0,00	0,00
60	0,00	0,00	0,00
63	0,00	0,00	0,00
66	0,00	0,00	0,00
69	0,00	0,00	0,00
72	0,00	0,00	0,00
75	0,00	0,00	0,00
78	0,00	0,00	0,00
81	0,00	0,00	0,00
84	0,00	0,00	0,00
87	0,00	0,00	0,00
90	0,00	0,00	0,00
93	0,00	-30,00	-30,00
96	0,00	-30,00	-30,00
99	0,00	-30,00	-30,00
102	0,00	-30,00	-30,00
105	0,00	-30,00	-30,00
108	0,00	-30,00	-30,00
111	0,00	-30,00	-30,00
114	0,00	-30,00	-30,00

ϕ [°]	T_1 [Nm]	T_2 [Nm]	T_{tot} [Nm]
117	0,00	-30,00	-30,00
120	0,00	-30,00	-30,00
123	0,00	-30,00	-30,00
126	0,00	-30,00	-30,00
129	0,00	-30,00	-30,00
132	0,00	-30,00	-30,00
135	0,00	-30,00	-30,00
138	0,00	-30,00	-30,00
141	0,00	-30,00	-30,00
144	0,00	-30,00	-30,00
147	0,00	-30,00	-30,00
150	0,00	-30,00	-30,00
153	0,00	-30,00	-30,00
156	0,00	-30,00	-30,00
159	0,00	-30,00	-30,00
162	0,00	-30,00	-30,00
165	0,00	-30,00	-30,00
168	0,00	-30,00	-30,00
171	0,00	-30,00	-30,00
174	0,00	-30,00	-30,00
177	0,00	-30,00	-30,00
180	0,00	-30,00	-30,00
183	-8,17	-30,00	-38,17
186	-16,44	-30,00	-46,44
189	-24,90	-30,00	-54,90
192	-33,62	-30,00	-63,62
195	-42,67	-30,00	-72,67
198	-52,10	-30,00	-82,10
201	-61,92	-30,00	-91,92
204	-72,13	-30,00	-102,13
207	-82,71	-30,00	-112,71
210	-93,59	-30,00	-123,59
213	-104,72	-30,00	-134,72
216	-115,99	-30,00	-145,99
219	-127,29	-30,00	-157,29
222	-138,50	-30,00	-168,50
225	-149,48	-30,00	-179,48
228	-160,11	-30,00	-190,11
231	-170,26	-30,00	-200,26
234	-179,80	-30,00	-209,80
237	-188,64	-30,00	-218,64
240	-196,67	-30,00	-226,67
243	-203,83	-30,00	-233,83

ϕ [°]	T_1 [Nm]	T_2 [Nm]	T_{tot} [Nm]
246	-210,06	-30,00	-240,06
249	-215,32	-30,00	-245,32
252	-219,59	-30,00	-249,59
255	-222,89	-30,00	-252,89
258	-225,22	-30,00	-255,22
261	-226,63	-30,00	-256,63
264	-227,14	-30,00	-257,14
267	-226,82	-30,00	-256,82
270	-225,71	-30,00	-255,71
273	-223,86	0,00	-223,86
276	-221,34	0,00	-221,34
279	-218,20	0,00	-218,20
282	-214,48	0,00	-214,48
285	-210,22	0,00	-210,22
288	-205,48	0,00	-205,48
291	-200,28	0,00	-200,28
294	-194,65	0,00	-194,65
297	-188,62	0,00	-188,62
300	-182,22	0,00	-182,22
303	-175,45	0,00	-175,45
306	-168,35	0,00	-168,35
309	-160,92	0,00	-160,92
312	-153,19	0,00	-153,19
315	-145,16	0,00	-145,16
318	-136,84	0,00	-136,84
321	-128,26	0,00	-128,26
324	-119,43	0,00	-119,43
327	-110,36	0,00	-110,36
330	-101,06	0,00	-101,06
333	-91,57	0,00	-91,57
336	-81,88	0,00	-81,88
339	-72,03	0,00	-72,03
342	-62,02	0,00	-62,02
345	-51,89	0,00	-51,89
348	-41,64	0,00	-41,64
351	-31,31	0,00	-31,31
354	-20,91	0,00	-20,91
357	-10,47	0,00	-10,47
360	0,00	0,00	0,00

Taula D.4

L'evolució gràfica del parell resistent màxim és la següent:



Gràfic D.16

D.10 Selecció de motor i transmissió

A continuació s'adjunta el catàleg complet del fabricant Bonfiglioli Riduttori per als motor reductors de vis sense fi (sèrie VF-W):



Com que el parell resistent màxim és conegut (257,14Nm) es considerarà un factor d'acceleració de masses K_1 corresponent a una càrrega uniforme.

Tenint en compte:

- Factor d'acceleració de masses K_1
- Engegades per hora: màxim 25 en condicions normals d'una tanda de tir
- Hores de funcionament diari: menys de 8

...resulta en un factor de servei 1,06.

La potència requerida a l'eix d'entrada del reductor és:

$$P_{r1} = \frac{M_{r2} n_2}{9550 \eta_d} = \frac{257,14 \cdot 24}{9550 \cdot 0,5} kW = 1,29 kW$$


Eq. D.55








La classe de servei és S2 (servei de curta duració) amb una duració del cicle de menys de 10min. Per tant es pren un factor d'increment 1,35 i la potència nominal mínima requerida resulta en:

$$P_n \geq \frac{P_{r1}}{1,35} = 0,96 kW$$

Eq. D.56

Així, doncs, es seleccionen els motor reductors amb potència nominal 1,1kW, i dins d'aquest grup es selecciona el que té la velocitat n_2 més pròxima a la sol·licitada (24rpm) sempre i quan el factor de seguretat sigui igual o superior al factor de servei (1,06).



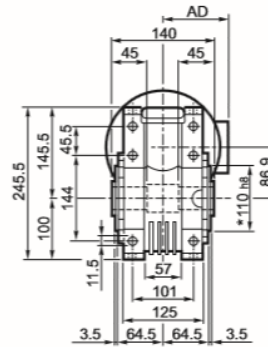
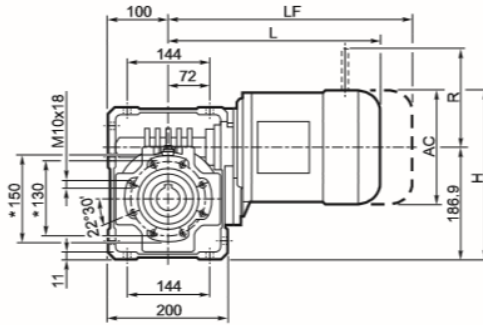
1.1 kW												
n ₂ min-1	M ₂ Nm	S	i	R _{n2} N						IEC 		
0.44	5042	1.8	3200	52000	—	—	—	—	VF/VF 130/250_3200	P90	BN90S4	168
0.50	7143	0.9	1840	34500	—	—	—	—	VF/VF 130/210_1840	P90	BN90L6	162
0.50	6093	1.5	1840	52000	—	—	—	—	VF/VF 130/250_1840	P90	BN90L6	168
0.55	4610	1.4	2560	34500	—	—	—	—	VF/VF 130/210_2560	P90	BN90S4	162
0.55	4802	1.9	2560	52000	—	—	—	—	VF/VF 130/250_2560	P90	BN90S4	168
0.76	4694	0.9	1840	19500	—	—	—	—	W/VF 86/185_1840	P90	BN90S4	157
0.76	4832	1.3	1840	34500	—	—	—	—	VF/VF 130/210_1840	P90	BN90S4	162
0.76	4280	2.1	1840	52000	—	—	—	—	VF/VF 130/250_1840	P90	BN90S4	168
0.88	4202	1.0	1600	19500	—	—	—	—	W/VF 86/185_1600	P90	BN90S4	157
1.0	3992	1.1	920	19500	—	—	—	—	W/VF 86/185_920	P90	BN90L6	157
1.2	3061	1.4	1200	19500	—	—	—	—	W/VF 86/185_1200	P90	BN90S4	157
1.5	2899	1.4	920	19500	—	—	—	—	W/VF 86/185_920	P90	BN90S4	157
1.8	2581	1.6	800	19500	—	—	—	—	W/VF 86/185_800	P90	BN90S4	157
2.0	2589	1.0	690	16000	—	—	—	—	W/VF 86/150_690	P90	BN90S4	151
2.3	1801	1.0	600	13800	—	—	—	—	W/VF 63/130_600	P90	BN90S4	145
2.3	2026	2.1	600	19500	—	—	—	—	W/VF 86/185_600	P90	BN90S4	157
2.6	2183	1.2	529	16000	—	—	—	—	W/VF 86/150_529	P90	BN90S4	151
3.0	1898	1.4	460	16000	—	—	—	—	W/VF 86/150_460	P90	BN90S4	151
3.1	1713	1.4	300	19500	—	—	—	—	VFR 185_300	P90	BN90L6	154
3.5	1321	1.4	400	13800	—	—	—	—	W/VF 63/130_400	P90	BN90S4	145
3.5	1441	2.9	400	19500	—	—	—	—	W/VF 86/185_400	P90	BN90S4	157
3.8	1480	1.1	240	16000	—	—	—	—	VFR 150_240	P90	BN90L6	148
3.8	1480	1.9	240	19500	—	—	—	—	VFR 185_240	P90	BN90L6	154
4.1	1501	1.7	345	16000	—	—	—	—	W/VF 86/150_345	P90	BN90S4	151
4.7	1222	1.1	300	16000	—	—	—	—	VFR 150_300	P90	BN90S4	148
4.7	1238	1.9	300	19500	—	—	—	—	VFR 185_300	P90	BN90S4	154
4.7	1306	2.0	300	16000	—	—	—	—	W/VF 86/150_300	P90	BN90S4	151
4.8	1272	1.0	192	13800	—	—	—	—	VFR 130_192	P90	BN90L6	142
5.0	1051	1.7	280	13800	—	—	—	—	W/VF 63/130_280	P90	BN90S4	145
5.8	1026	1.1	240	13800	—	—	—	—	VFR 130_240	P90	BN90S4	142
5.8	1044	1.5	240	16000	—	—	—	—	VFR 150_240	P90	BN90S4	148
5.8	1063	2.6	240	19500	—	—	—	—	VFR 185_240	P90	BN90S4	154
6.2	1064	2.4	225	16000	—	—	—	—	W/VF 86/150_225	P90	BN90S4	151
6.7	1008	1.5	138	13800	—	—	—	—	VFR 130_138	P90	BN90L6	142
6.7	1008	2.2	138	16000	—	—	—	—	VFR 150_138	P90	BN90L6	148
7.0	960	2.7	200	16000	—	—	—	—	W/VF 86/150_200	P90	BN90S4	151
7.3	879	1.4	192	13800	—	—	—	—	VFR 130_192	P90	BN90S4	142
7.3	893	1.9	192	16000	—	—	—	—	VFR 150_192	P90	BN90S4	148
7.7	891	1.0	120	8000	—	—	—	—	WR 110_120	P90	BN90L6	138
7.8	878	3.4	180	19500	—	—	—	—	VFR 185_180	P90	BN90S4	154
8.3	807	1.5	168	13800	—	—	—	—	VFR 130_168	P90	BN90S4	142
8.3	819	2.1	168	16000	—	—	—	—	VFR 150_168	P90	BN90S4	148
9.2	674	1.2	100	13200	—	—	—	—	VF 130_100	P90	BN90L6	140
10.1	683	1.0	138	8000	—	—	—	—	WR 110_138	P90	BN90S4	138
10.1	694	1.9	138	13800	—	—	—	—	VFR 130_138	P90	BN90S4	142
10.1	704	2.8	138	16000	—	—	—	—	VFR 150_138	P90	BN90S4	148
10.2	678	1.3	90	8000	—	—	—	—	WR 110_90	P90	BN90L6	138
11.5	585	1.6	80	13200	—	—	—	—	VF 130_80	P90	BN90L6	140
11.7	612	1.3	120	8000	—	—	—	—	WR 110_120	P90	BN90S4	138
11.7	603	2.3	120	13800	—	—	—	—	VFR 130_120	P90	BN90S4	142
11.7	612	3.3	120	16000	—	—	—	—	VFR 150_120	P90	BN90S4	148
14.0	465	1.0	100	8000	W 110_100	S2	M2SB4	136	W 110_100	P90	BN90S4	137
14.0	525	1.1	100	12600	—	—	—	—	VF 130_100	P90	BN90S4	140
15.6	473	1.8	90	8000	—	—	—	—	WR 110_90	P90	BN90S4	138
15.6	479	3.1	90	13800	—	—	—	—	VFR 130_90	P90	BN90S4	142
17.5	396	1.2	80	8000	W 110_80	S2	M2SB4	136	W 110_80	P90	BN90S4	137
17.5	408	2.2	80	12600	—	—	—	—	VF 130_80	P90	BN90S4	140
20.0	362	1.0	46	7000	W 86_46	S3	M3SA6	132	W 86_46	P90	BN90L6	133
20.0	383	3.0	46	13200	—	—	—	—	VF 130_46	P90	BN90L6	140
20.3	388	1.0	69	7000	—	—	—	—	WR 86_69	P90	BN90S4	134
20.3	399	1.6	69	8000	—	—	—	—	WR 110_69	P90	BN90S4	138
20.3	393	3.3	69	13800	—	—	—	—	VFR 130_69	P90	BN90S4	142
21.9	336	1.6	64	8000	W 110_64	S2	M2SB4	136	W 110_64	P90	BN90S4	137
21.9	341	2.7	64	12600	—	—	—	—	VF 130_64	P90	BN90S4	140
23.0	324	1.1	40	7000	W 86_40	S3	M3SA6	132	W 86_40	P90	BN90L6	133

Taula D.5

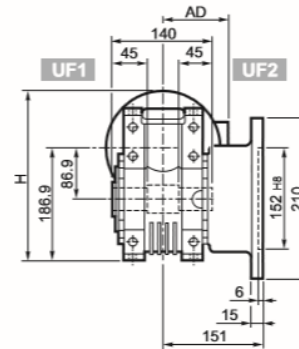
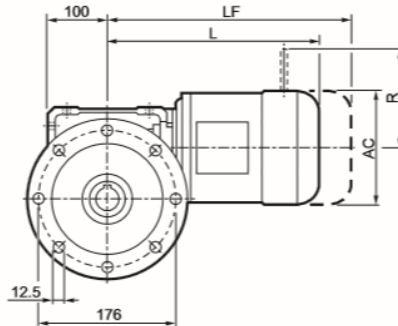


W 86...M

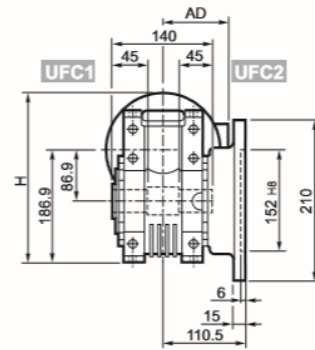
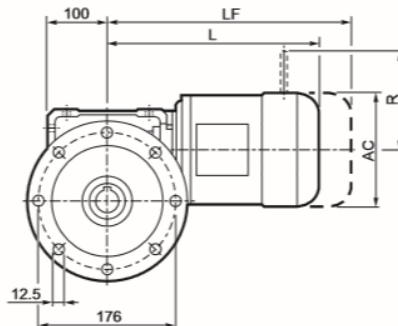
U



UF



UFC



			M_				M...FD M...FA		M...FD		M...FA		
			AC	H	L	AD	kg	LF	kg	R	AD	R	AD
W 86	S1	M1	138	256	324	108	20.1	385	22.3	103	135	124	108
W 86	S2	M2S	156	265	349	119	22.6	425	25.7	129	146	134	119
W 86	S3	M3S	193	283.5	392	142	29.7	488	35	160	158	160	142
W 86	S3	M3L	193	283.5	424	142	33	515	36	160	158	160	142

* De ambos lados

OUTPUT

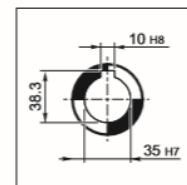


Figura D.2

F Pressupost

F.1 Condicionants

Tal i com s'avançava a l'apartat 1.2 (estudi de mercat), l'empresa d'aquest PFC és introduir una quantitat molt reduïda¹ de màquines durant un primer any al mercat nacional. Si es considera també que aquest projecte no és un projecte intern d'una companyia fabricant, aleshores el conjunt de circumstàncies determinen que:

- No es realitzaran inversions en centres productius, maquinària ni personal de fabricació
- Els components no estàndard que requereixen operacions de fabricació s'encarregaran directament a tallers, comprant directament la peça acabada (sense intervenir en la compra de matèria prima)
 - S'ha procurat que el disseny d'aquests components comporti processos de fabricació senzills i propis de sèries molt curtes. Per exemple, les bases superior i inferior, el bastidor, la pista de recàrrega, etc. estan pensades per a ser confeccionades mitjançant bandes d'acer tallades i soldades, amb algun plec. No es preveu en general el desenvolupament de motlles, matrius ni altres elements de mètodes de fabricació més cars per sèries més llargues
- Es preveu el lloguer d'un petit centre com a magatzem de producte acabat, on simplement es rebran tots els components i s'embalaran
 - La màquina es subministra desmuntada, i la opció de muntatge a casa del client es facturarà a part.

F.2 Cost del producte acabat

A continuació es presenta la relació dels costos de compra planificats dels components d'una màquina (una unitat de producte acabat):

¹ 42 màquines

Component	Cost unitari [€]	n.º	Cost total [€]
Base inferior	124,00	1	124,00
Base superior	83,00	1	83,00
Conjunt tensor	21,00	1	21,00
Bastidor	248,00	1	248,00
Biela recàrrega	17,00	1	17,00
Tub plats	17,00	12	204,00
Plàques bombo	17,00	2	34,00
Coixinet superior	8,00	1	8,00
Coixinet inferior	12,00	1	12,00
Biela	8,00	1	8,00
Botó braç	17,00	1	17,00
Braç	248,00	1	248,00
Carcassa superior	33,00	1	33,00
Carcassa inferior	41,00	1	41,00
Goma	4,00	1	4,00
Portagomes	4,00	1	4,00
Eix braç	74,00	1	74,00
Manovella eix braç	17,00	1	17,00
Monyó manovella eix braç	8,00	1	8,00
Monyó biela	8,00	2	16,00
Tapa carcassa	17,00	1	17,00
Molla regulació	8,00	1	8,00
Suport molla regulació	4,00	1	4,00
Eix recàrrega	50,00	1	50,00
Roda recàrrega	50,00	1	50,00
Manovella recàrrega	33,00	1	33,00
Monyó manovella recàrrega	8,00	1	8,00
Passador recàrrega	8,00	1	8,00
Motor reductor	500,00	1	500,00
Manovella eix motor reductor	17,00	1	17,00
Monyó manovella eix motor reductor	8,00	1	8,00
Pista de llançament	25,00	1	25,00
Pista de recàrrega	50,00	1	50,00
Separador plats	17,00	1	17,00
Protecció dreta	4,00	1	4,00
Protecció esquerra	8,00	1	8,00
Suport protecció dreta	12,00	1	12,00
Suport protecció esquerra	12,00	1	12,00
Làmina flexió	25,00	1	25,00
Actuador disparador	21,00	1	21,00
Varis	144,00	1	144,00
Total			2242,00

Taula F.1

F.3 Planificació de resultats

Si es prenen les assumpcions següents:

- Despeses logístiques: lloguer durant 1 any del centre de producte acabat, embalatge i activitat d'embalatge
- Cost del material d'embalatge
- Despeses comercials: salari d'un recurs durant l'equivalent a 3 mesos per activitats comercials
- Màrqueting: despesa publicitària de creació i manteniment de pàgina web
- Transport: despesa de portar la màquina al client

Aleshores una estimació dels resultats de l'empresa durant el primer any seria el següent:

	Import [€]	Import unitari [€]	% sobre ventes
Ventes	172200,00	4100,00	100,00%
Cost de la ventes	94164,00	2242,00	54,68%
Despeses logístiques	12000,00	286,00	6,97%
Embalatges	2100,00	50,00	1,22%
Marge del producte	63936,00	1522,00	37,13%
Despeses comercials	6000,00	143,00	3,48%
Màrqueting	500,00	12,00	0,29%
Transport	6300,00	150,00	3,66%
Marge comercial	51136,00	1218,00	29,70%

Taula F.2

Així, doncs, el preu proposat de venta al públic (sense impostos, amb transport inclòs, i muntatge no inclòs) d'una màquina resulta en 4100€.