

## APÈNDIX B: RESULTATS EXPERIMENTALS

A continuació es mostren les taules amb les dades extretes experimentalment del prototipus fabricat i que s'han utilitzat per descriure els resultats del capítol 9. Totes les dades presentades es mostren en mil·límetres. La primera taula correspon als valors reals dels punts a trobar.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	108,8	74,9	-183,7	-183,7	74,9	108,8
$B_y$	149,3	168,9	19,3	-19,3	-168,9	-149,3
$P_x$	81,9	-21,9	-59,9	-59,9	-21,9	81,9
$P_y$	21,9	81,9	59,9	-59,9	-81,9	-21,9

*Taula B.1: Punts reals*

Cadascuna de les següents taules correspon a un experiment diferent (determinat pel nombre total de postures adoptades i pels valors inicials provisionals dels resultats), i mostren els valors de les coordenades dels punts trobats pel programa (en mil·límetres), ordenats segons la cadena cinemàtica a la que corresponen (en columnes). Tot seguit es mostren dues estadístiques, l'error total acumulat i l'error mitjà. El primer s'obté sumant els valors absoluts de les diferències de cada coordenada del resultat de l'experiment en qüestió respecte els resultats reals, mentre que el darrer és el mateix nombre dividit per 24 (el nombre total de valors), per donar la mitjana.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	113,103	59,641	-207,619	-191,500	96,409	162,195
$B_y$	151,638	182,988	30,108	-24,702	-152,103	-114,887
$P_x$	78,930	-24,065	-79,878	-60,264	-23,271	85,601
$P_y$	22,543	76,491	62,083	-63,760	-77,362	6,890

*Taula B.2: 4 Postures, Punts inicials aproximats a les dècimes de mil·límetre.*

Error total acumulat: 286,003 mm. Error mitjà: 11,917 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	101,155	75,370	-206,832	-194,571	74,764	102,478
$B_y$	161,211	181,317	25,679	-36,435	-158,676	-152,756
$P_x$	82,092	-21,306	-79,660	-63,520	-22,294	68,595
$P_y$	21,700	92,717	55,878	-63,674	-108,622	-7,323

*Taula B.3: 4 Postures, Punts inicials aproximats als mil·límetres.*



Error total acumulat: 208,075 mm. Error mitjà: 8,670 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	98,178	61,441	-185,157	-185,185	86,931	137,307
$B_y$	164,988	181,849	-4,255	-35,241	-172,242	-140,624
$P_x$	71,462	-26,911	-58,902	-55,582	-9,576	85,118
$P_y$	29,361	81,981	54,968	-64,196	-78,340	-14,426

*Taula B.4: 6 Postures, Punts inicials aproximats a les dècimes de mil·límetres.*

Error total acumulat: 211,823 mm. Error mitjà: 8,826 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	117,323	70,785	-193,015	-185,977	79,062	123,535
$B_y$	144,085	167,319	19,950	-23,718	-168,158	-144,975
$P_x$	87,002	-24,922	-67,698	-58,129	-18,897	73,798
$P_y$	12,229	70,198	62,047	-58,550	-80,521	-16,708

*Taula B.5: 8 Postures, Punts inicials aproximats a les dècimes de mil·límetres.*

Error total acumulat: 120,297 mm. Error mitjà: 5,012 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	128,407	76,526	-187,813	-182,777	63,072	109,542
$B_y$	157,431	173,879	17,896	-33,741	-176,978	-145,700
$P_x$	76,936	-25,276	-68,905	-59,759	-30,599	75,214
$P_y$	39,870	87,535	62,044	-62,760	-86,754	-14,571

*Taula B.6: 8 Postures, Punts inicials aproximats als mil·límetres.*

Error total acumulat: 153,135 mm. Error mitjà: 6,381 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	112,106	75,466	-188,351	-171,062	34,522	118,182
$B_y$	147,578	168,015	41,331	-1,003	-191,286	-150,215
$P_x$	76,969	-24,582	-60,914	-51,794	-34,206	76,194
$P_y$	20,788	73,163	63,586	-53,529	-83,225	-13,756

*Taula B.7: 8 Postures, Punts inicials aproximats a múltiples de 5 mil·límetres.*

Error total acumulat: 201,277 mm. Error mitjà: 8,387 mm.



	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	111,856	70,503	-176,666	-178,684	71,752	111,469
$B_y$	155,321	167,660	22,228	-22,898	-172,467	-144,582
$P_x$	78,662	-25,075	-55,845	-53,177	-22,976	71,707
$P_y$	25,151	73,610	61,551	-68,746	-80,099	-12,270

Taula B.8: 8 Postures, Punts inicials aproximats a les desenes de mil·límetres.

Error total acumulat: 109,321 mm. Error mitjà: 4,555 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	84,075	52,316	-190,875	-181,994	68,256	130,304
$B_y$	161,286	190,953	35,026	-39,453	-172,626	-144,069
$P_x$	66,382	-31,174	-61,282	-56,665	-24,167	84,124
$P_y$	22,991	82,920	62,010	-67,135	-79,225	-14,809

Taula B.9: 12 Postures, Punts inicials aproximats a les dècimes de mil·límetres.

Error total acumulat: 218,335 mm. Error mitjà: 9,097 mm.

Les següents taules es corresponen a l'estudi de sensibilitat del sensor electromagnètic. Específicament, es mostren els resultats que s'obtenen en variar un mil·límetre cada valor llegit de posició i un grau sexagesimal cada valor d'angle en dos experiments mostrats anteriorment (els corresponents als resultats de les taules B.8 i B.9). Les següents sis taules mostren els resultats en variar cada valor del sensor en l'experiment mostrat a la taula B.8 i, a sota, el valor d'error més gran respecte el resultat obtingut sense variar el valor del sensor i l'error mitjà.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	112,229	70,242	-175,736	-178,748	72,431	111,982
$B_y$	155,463	168,882	20,587	-24,435	-172,334	-144,511
$P_x$	78,837	-24,932	-56,384	-53,822	-22,715	71,985
$P_y$	25,346	74,288	61,642	-68,381	-80,468	-12,438

Taula B.10: Alteració de la posició X a l'experiment mostrat en la taula B.8.

Error màxim: 1,641 mm ( $B_y$  Pota 3). Error mitjà: 0,478 mm.



	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	110,877	70,189	-176,740	-178,483	73,194	112,910
$B_y$	154,368	166,572	23,207	-22,583	-171,101	-143,338
$P_x$	78,013	-25,576	-55,789	-53,146	-22,926	72,027
$P_y$	24,461	73,051	61,822	-68,902	-80,213	-11,714

Taula B.11: Alteració de la posició Y a l'experiment mostrat en la taula B.8.

Error màxim: 1,442 mm ( $B_x$  Pota 5). Error mitjà: 0,598 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	110,986	69,486	-175,293	-176,705	71,958	110,556
$B_y$	154,309	166,071	23,122	-22,121	-170,788	-143,428
$P_x$	78,886	-25,037	-55,425	-52,712	-22,423	71,807
$P_y$	25,376	73,450	61,597	-68,754	-79,956	-12,238

Taula B.12: Alteració de la posició Z a l'experiment mostrat en la taula B.8.

Error màxim: 1,979 mm ( $B_x$  Pota 4). Error mitjà: 0,662 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	109,374	71,718	-176,435	-178,719	69,639	114,047
$B_y$	154,845	166,172	23,229	-23,669	-172,841	-143,277
$P_x$	77,857	-24,659	-55,264	-53,393	-23,135	71,928
$P_y$	24,695	72,863	60,143	-67,913	-80,152	-11,391

Taula B.13: Alteració de l'angle d'azimut a l'experiment mostrat en la taula B.8.

Error màxim: 2,578 mm ( $B_x$  Pota 6). Error mitjà: 0,868 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	108,507	72,105	-174,902	-176,381	72,937	107,316
$B_y$	157,184	167,399	21,259	-24,101	-172,654	-144,995
$P_x$	77,315	-24,504	-54,294	-50,964	-22,362	68,809
$P_y$	25,797	73,879	61,597	-70,472	-80,690	-12,675

Taula B.14: Alteració de l'angle d'elevació a l'experiment mostrat en la taula B.8.

Error màxim: 4,153 mm ( $B_x$  Pota 6). Error mitjà: 1,339 mm.



	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	111,483	70,305	-177,434	-176,008	73,049	111,733
$B_y$	154,015	163,825	19,980	-17,681	-169,227	-144,066
$P_x$	78,664	-25,475	-56,497	-51,953	-23,172	71,744
$P_y$	23,680	69,678	60,902	-68,694	-78,819	-11,852

Taula B.15: Alteració de l'angle de balanceig a l'experiment mostrat en la taula B.8.

Error màxim: 5,217 mm ( $B_y$  Pota 4). Error mitjà: 1,344 mm.

Les següents sis taules mostren de forma anàloga a les anteriors amb l'experiment corresponent a la taula B.9.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	83,698	50,782	-191,259	-182,465	67,891	130,232
$B_y$	161,182	191,504	35,788	-38,062	-173,161	-144,057
$P_x$	66,444	-31,272	-62,619	-57,829	-23,846	84,333
$P_y$	22,962	83,042	62,572	-66,683	-79,491	-14,950

Taula B.16: Alteració de la posició X a l'experiment mostrat en la taula B.9.

Error màxim: 1,534 mm ( $B_x$  Pota 2). Error mitjà: 0,472 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	86,339	52,613	-190,785	-181,592	68,912	130,501
$B_y$	160,525	190,510	34,884	-40,103	-171,8	-143,724
$P_x$	67,065	-30,962	-61,223	-56,378	-24,136	84,087
$P_y$	23,211	83,121	61,864	-67,384	-79,387	-14,749

Taula B.17: Alteració de la posició Y a l'experiment mostrat en la taula B.9.

Error màxim: 2,264 mm ( $B_x$  Pota 1). Error mitjà: 0,392 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	83,708	51,470	-189,673	-179,981	66,704	128,877
$B_y$	159,975	189,338	34,188	-39,577	-171,472	-142,920
$P_x$	66,464	-31,596	-61,464	-56,251	-24,846	83,998
$P_y$	22,778	82,397	61,754	-67,257	-78,788	-14,657

Taula B.18: Alteració de la posició Z a l'experiment mostrat en la taula B.9.



Error màxim: 2,013 mm ( $B_x$  Pota 4). Error mitjà: 0,717 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	83,125	54,976	-190,050	-181,077	66,789	130,265
$B_y$	160,862	189,832	36,814	-38,288	-172,535	-143,058
$P_x$	65,455	-29,867	-61,554	-55,927	-24,197	83,948
$P_y$	23,031	82,795	62,195	-66,732	-78,938	-14,159

*Taula B.19: Alteració de l'angle d'azimut a l'experiment mostrat en la taula B.9.*

Error màxim: 2,660 mm ( $B_x$  Pota 2). Error mitjà: 0,733 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	79,340	54,124	-189,101	-180,105	69,675	123,417
$B_y$	162,625	190,182	31,449	-41,258	-172,937	-146,306
$P_x$	64,607	-30,719	-59,252	-54,286	-23,055	80,064
$P_y$	23,019	82,756	61,635	-67,435	-79,572	-15,672

*Taula B.20: Alteració de l'angle d'elevació a l'experiment mostrat en la taula B.9.*

Error màxim: 6,887 mm ( $B_x$  Pota 6). Error mitjà: 1,768 mm.

	Pota 1	Pota 2	Pota 3	Pota 4	Pota 5	Pota 6
$B_x$	84,030	52,104	-191,269	-182,090	67,795	130,598
$B_y$	160,630	188,707	32,833	-37,324	-170,433	-143,579
$P_x$	66,368	-31,791	-61,104	-57,262	-25,971	83,948
$P_y$	22,316	80,599	60,556	-65,633	-77,873	-14,551

*Taula B.21: Alteració de l'angle de balanceig a l'experiment mostrat en la taula B.9.*

Error màxim: 2,321 mm ( $P_y$  Pota 2). Error mitjà: 0,932 mm.

A continuació, per a cada punt de la base i de la plataforma, es mostra les mitjanes, les matrius de covariàncies entre les coordenades  $X$  i  $Y$  pròpies dels punts, i els valors i vectors propis d'aquestes matrius de covariàncies.



**Punt 1 de la base:**

$$\text{Mitjana: } \bar{\mathbf{B}}_1 = \begin{bmatrix} 108,275 \\ 155,442 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{B1} = \begin{bmatrix} 159,532 & -48,816 \\ -48,816 & 45,978 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{B11} = 177,633 \\ \lambda_{B12} = 27,878 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{B11} = \begin{bmatrix} 0,938 \\ -0,348 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{B12} = \begin{bmatrix} 0,348 \\ 0,938 \end{bmatrix}$$

**Punt 1 de la plataforma:**

$$\text{Mitjana: } \bar{\mathbf{P}}_1 = \begin{bmatrix} 77,304 \\ 24,329 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{P1} = \begin{bmatrix} 34,391 & -18,880 \\ -18,880 & 54,795 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{P11} = 66,053 \\ \lambda_{P12} = 23,133 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{P11} = \begin{bmatrix} 0,512 \\ -0,859 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{P12} = \begin{bmatrix} 0,859 \\ 0,512 \end{bmatrix}$$

**Punt 2 de la base:**

$$\text{Mitjana: } \bar{\mathbf{B}}_2 = \begin{bmatrix} 67,756 \\ 176,748 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{B2} = \begin{bmatrix} 69,397 & -51,676 \\ -51,676 & 67,951 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{B21} = 120,355 \\ \lambda_{B22} = 16,993 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{B21} = \begin{bmatrix} 0,712 \\ -0,702 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{B22} = \begin{bmatrix} 0,702 \\ 0,712 \end{bmatrix}$$

**Punt 2 de la plataforma:**

$$\text{Mitjana: } \bar{\mathbf{P}}_2 = \begin{bmatrix} -25,414 \\ 79,827 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{P2} = \begin{bmatrix} 6,898 & 2,011 \\ 2,011 & 53,335 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{P21} = 53,422 \\ \lambda_{P22} = 6,811 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{P21} = \begin{bmatrix} 0,043 \\ 0,999 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{P22} = \begin{bmatrix} 0,999 \\ -0,043 \end{bmatrix}$$

**Punt 3 de la base:**

$$\text{Mitjana: } \bar{\mathbf{B}}_3 = \begin{bmatrix} -192,041 \\ 23,495 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{B3} = \begin{bmatrix} 97,379 & -35,849 \\ -35,849 & 164,397 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{B31} = 179,959 \\ \lambda_{B32} = 81,816 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{B31} = \begin{bmatrix} 0,398 \\ -0,917 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{B32} = \begin{bmatrix} 0,917 \\ 0,398 \end{bmatrix}$$



**Punt 3 de la plataforma:**

$$\text{Mitjana: } \overline{\mathbf{P}}_3 = \begin{bmatrix} -66,636 \\ 60,521 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{P3} = \begin{bmatrix} 73,615 & 3,548 \\ 3,548 & 9,019 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{P31} = 73,809 \\ \lambda_{P32} = 8,825 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{P31} = \begin{bmatrix} 0,999 \\ 0,055 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{P32} = \begin{bmatrix} 0,055 \\ -0,999 \end{bmatrix}$$

**Punt 4 de la base:**

$$\text{Mitjana: } \overline{\mathbf{B}}_4 = \begin{bmatrix} -183,969 \\ -27,149 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{B4} = \begin{bmatrix} 46,809 & 51,343 \\ 51,353 & 133,250 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{B41} = 157,142 \\ \lambda_{B42} = 22,916 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{B41} = \begin{bmatrix} 0,422 \\ 0,907 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{B42} = \begin{bmatrix} 0,907 \\ -0,422 \end{bmatrix}$$

**Punt 4 de la plataforma:**

$$\text{Mitjana: } \overline{\mathbf{P}}_4 = \begin{bmatrix} -57,361 \\ -62,794 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{P4} = \begin{bmatrix} 13,106 & 3,255 \\ 3,255 & 20,225 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{P41} = 21,489 \\ \lambda_{P42} = 11,842 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{P41} = \begin{bmatrix} 0,362 \\ 0,932 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{P42} = \begin{bmatrix} 0,932 \\ -0,362 \end{bmatrix}$$

**Punt 5 de la base:**

$$\text{Mitjana: } \overline{\mathbf{B}}_5 = \begin{bmatrix} 71,846 \\ -170,567 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{B5} = \begin{bmatrix} 296,806 & 164,685 \\ 164,685 & 121,144 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{B51} = 395,617 \\ \lambda_{B52} = 22,332 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{B51} = \begin{bmatrix} 0,857 \\ 0,514 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{B52} = \begin{bmatrix} 0,514 \\ -0,857 \end{bmatrix}$$

**Punt 5 de la plataforma:**

$$\text{Mitjana: } \overline{\mathbf{P}}_5 = \begin{bmatrix} -23,248 \\ -84,269 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \Sigma_{P5} = \begin{bmatrix} 47,725 & 9,663 \\ 9,663 & 92,509 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{P51} = 94,505 \\ \lambda_{P52} = 45,729 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{P51} = \begin{bmatrix} 0,202 \\ 0,979 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{P52} = \begin{bmatrix} 0,979 \\ -0,202 \end{bmatrix}$$





**Punt 6 de la base:**

$$\text{Mitjana: } \overline{\mathbf{B}}_6 = \begin{bmatrix} 124,377 \\ -142,226 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \boldsymbol{\Sigma}_{B6} = \begin{bmatrix} 317,233 & 176,006 \\ 176,006 & 119,158 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{B61} = 420,152 \\ \lambda_{B62} = 16,239 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{B61} = \begin{bmatrix} 0,863 \\ 0,505 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{B62} = \begin{bmatrix} 0,505 \\ -0,863 \end{bmatrix}$$

**Punt 6 de la plataforma:**

$$\text{Mitjana: } \overline{\mathbf{P}}_6 = \begin{bmatrix} 77,544 \\ -10,872 \end{bmatrix} \quad \text{Matriu de covariàncies: } \boldsymbol{\Sigma}_{P6} = \begin{bmatrix} 37,627 & 12,632 \\ 12,632 & 51,779 \end{bmatrix}$$

$$\text{Valors propis: } \begin{cases} \lambda_{P61} = 59,182 \\ \lambda_{P62} = 30,224 \end{cases} \quad \text{Vectors propis: } \mathbf{V}_{P61} = \begin{bmatrix} 0,506 \\ 0,863 \end{bmatrix} \quad \mathbf{V}_{P62} = \begin{bmatrix} 0,863 \\ -0,506 \end{bmatrix}$$



