

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES EN LA DÁRSENA SUR DEL PUERTO DE CASTELLÓN (CASTELLÓN)

ANEJO Nº6: ESTABILIDAD DEL MUELLE

TUTOR:

VICENTE CERDÁ GARCÍA DE LEONARDO

AUTORES:

ROBERTO ARZO MARTÍ

FECHA: JUNIO 2015



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INDICE

1. ESTABILIDAD NAVAL DE LOS CAJONES 2

1.1. FLOTABILIDAD DEL CAJÓN 2

1.2. CAJÓN TIPO..... 4

2. ESTABILIDAD DEL MUELLE COMERCIAL 4

2.1. ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO POR LA BASE, VUELCO Y HUNIMIENTO..... 4

2.1.1. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS..... 5

2.1.2. GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN TIPO 5

2.1.3. SOLICITACIONES EN SERVICIO DEL MUELLE:..... 6

2.1.4. ACCIONES CARACTERÍSTICAS QUE SE VAN A CONSIDERAR: 6

2.1.5. RESUMEN DE ACCIONES 13

2.1.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES 13

2.1.7. RESULTADOS DE ESTABILIDAD 14

2.1.8. RESUMEN DE LOS COEFICIENTES DE SEGURIDAD..... 15

2.1.9. COEFICIENTES DE SEGURIDAD 16

2.2. ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO PROFUNDO 16

3. ESTABILIDAD DE LA SUPERESTRUCTURA 16

3.1. TIRO DE BOLARDO HORIZONTAL 16

3.2. TIRO DE BOLARDO INCLINADO 17

1. ESTABILIDAD NAVAL DE LOS CAJONES

Al tratarse de un cajón simétrico debe lastrarse simétricamente para poder remolcarlo en adecuadas condiciones de seguridad, desde una zona abrigada de la dársena sur donde se sitúa el cajonero. Para el cálculo del lastre a considerar para que el cajón sea estable durante la botadura y transporte, así como para proceder a su fondeo, se ha utilizado una hoja de cálculo de estabilidad .

Para la situación de botadura y flotación se exige un brazo del par de estabilidad mínimo de 0,50 m por lo que se necesita un lastre de agua salada en todas las celdas de 2,10 m de altura. En estas condiciones el cajón presenta un calado de 10,95 m.

Con respecto a la situación de fondeo se supone que ésta se realiza con una ligera sobreelevación del nivel de mar (cota del agua +0,25 m). Así pues, el calado total a conseguir con el cajón será de 16,75 m, lo que se obtiene con un lastre de agua salada en todas las celdas de 9,16 m.

1.1. FLOTABILIDAD DEL CAJÓN

Para el cálculo de las condiciones de flotabilidad del cajón durante el lastrado de las celdas se ha utilizado una hoja de cálculo , donde se recogen las diferentes alturas de lastrado .

La hoja de cálculo utilizada es la siguiente :

Altura de lastre (m)	Inercia mínima (m4)	Peso del cajón (t)	Volumen sumergido (m3)	Calado (m)	Centro de gravedad (m)	Centro de carena (m)	Radio metacéntrico (m)	Metacentro (m)
0,00	10386,05	4855,66	4737,23	9,23	7,68	4,61	2,19	6,81
0,10	9952,92	4898,92	4779,43	9,31	7,62	4,65	2,08	6,74
0,20	9952,92	4942,17	4821,63	9,39	7,56	4,69	2,06	6,76

0,30	9952,92	4985,43	4863,83	9,47	7,51	4,74	2,05	6,78
0,40	9952,92	5028,68	4906,03	9,55	7,45	4,78	2,03	6,81
0,50	9952,92	5071,94	4948,23	9,64	7,40	4,82	2,01	6,83
0,60	9952,92	5115,19	4990,43	9,72	7,35	4,86	1,99	6,85
0,70	9952,92	5158,45	5032,63	9,80	7,29	4,90	1,98	6,88
0,80	9952,92	5201,70	5074,83	9,88	7,25	4,94	1,96	6,90
0,90	9952,92	5244,96	5117,03	9,97	7,20	4,98	1,95	6,93
1,00	9952,92	5288,21	5159,23	10,05	7,15	5,02	1,93	6,95
1,10	9952,92	5331,47	5201,43	10,13	7,11	5,06	1,91	6,98
1,20	9952,92	5374,72	5243,63	10,21	7,07	5,11	1,90	7,00
1,30	9952,92	5417,98	5285,83	10,29	7,03	5,15	1,88	7,03
1,40	9952,92	5461,23	5328,03	10,38	6,99	5,19	1,87	7,06
1,50	9952,92	5504,49	5370,23	10,46	6,95	5,23	1,85	7,08
1,60	9952,92	5547,74	5412,43	10,54	6,91	5,27	1,84	7,11
1,70	9952,92	5591,00	5454,63	10,62	6,88	5,31	1,82	7,14
1,80	9952,92	5634,25	5496,83	10,70	6,84	5,35	1,81	7,16
1,90	9952,92	5677,51	5539,03	10,79	6,81	5,39	1,80	7,19
2,00	9952,92	5720,76	5581,23	10,87	6,78	5,43	1,78	7,22
2,10	9952,92	5764,02	5623,43	10,95	6,75	5,48	1,77	7,25
2,20	9952,92	5807,27	5665,63	11,03	6,72	5,52	1,76	7,27
2,30	9952,92	5850,53	5707,83	11,12	6,69	5,56	1,74	7,30
2,40	9952,92	5893,78	5750,03	11,20	6,67	5,60	1,73	7,33
2,50	9952,92	5937,04	5792,23	11,28	6,64	5,64	1,72	7,36
2,60	9952,92	5980,29	5834,43	11,36	6,62	5,68	1,71	7,39
2,70	9952,92	6023,55	5876,63	11,44	6,59	5,72	1,69	7,42
2,80	9952,92	6066,80	5918,83	11,53	6,57	5,76	1,68	7,44
2,90	9952,92	6110,06	5961,03	11,61	6,55	5,80	1,67	7,47
3,00	9952,92	6153,31	6003,23	11,69	6,53	5,85	1,66	7,50
3,10	9952,92	6196,57	6045,43	11,77	6,51	5,89	1,65	7,53
3,20	9952,92	6239,82	6087,63	11,86	6,49	5,93	1,63	7,56
3,30	9952,92	6283,08	6129,83	11,94	6,47	5,97	1,62	7,59
3,40	9952,92	6326,33	6172,03	12,02	6,46	6,01	1,61	7,62
3,50	9952,92	6369,59	6214,23	12,10	6,44	6,05	1,60	7,65
3,60	9952,92	6412,84	6256,43	12,18	6,43	6,09	1,59	7,68
3,70	9952,92	6456,10	6298,63	12,27	6,41	6,13	1,58	7,71
3,80	9952,92	6499,35	6340,83	12,35	6,40	6,17	1,57	7,74
3,90	9952,92	6542,61	6383,03	12,43	6,39	6,22	1,56	7,77
4,00	9952,92	6585,86	6425,23	12,51	6,37	6,26	1,55	7,81
4,10	9952,92	6629,12	6467,43	12,59	6,36	6,30	1,54	7,84
4,20	9952,92	6672,37	6509,63	12,68	6,35	6,34	1,53	7,87
4,30	9952,92	6715,63	6551,83	12,76	6,35	6,38	1,52	7,90
4,40	9952,92	6758,88	6594,03	12,84	6,34	6,42	1,51	7,93
4,50	9952,92	6802,14	6636,23	12,92	6,33	6,46	1,50	7,96
4,60	9952,92	6845,39	6678,43	13,01	6,32	6,50	1,49	7,99
4,70	9952,92	6888,65	6720,63	13,09	6,32	6,54	1,48	8,02
4,80	9952,92	6931,90	6762,83	13,17	6,31	6,59	1,47	8,06
4,90	9952,92	6975,16	6805,03	13,25	6,31	6,63	1,46	8,09
5,00	9952,92	7018,41	6847,23	13,33	6,30	6,67	1,45	8,12
5,10	9952,92	7061,67	6889,43	13,42	6,30	6,71	1,44	8,15
5,20	9952,92	7104,92	6931,63	13,50	6,30	6,75	1,44	8,19
5,30	9952,92	7148,18	6973,83	13,58	6,29	6,79	1,43	8,22
5,40	9952,92	7191,43	7016,03	13,66	6,29	6,83	1,42	8,25
5,50	9952,92	7234,69	7058,23	13,75	6,29	6,87	1,41	8,28
5,60	9952,92	7277,94	7100,43	13,83	6,29	6,91	1,40	8,32
5,70	9952,92	7321,20	7142,63	13,91	6,29	6,95	1,39	8,35
5,80	9952,92	7364,45	7184,83	13,99	6,29	7,00	1,39	8,38
5,90	9952,92	7407,71	7227,03	14,07	6,29	7,04	1,38	8,41
6,00	9952,92	7450,96	7269,23	14,16	6,30	7,08	1,37	8,45
6,10	9952,92	7494,22	7311,43	14,24	6,30	7,12	1,36	8,48
6,20	9952,92	7537,47	7353,63	14,32	6,30	7,16	1,35	8,51

6,30	9952,92	7580,73	7395,83	14,40	6,31	7,20	1,35	8,55
6,40	9952,92	7623,98	7438,03	14,49	6,31	7,24	1,34	8,58
6,50	9952,92	7667,24	7480,23	14,57	6,32	7,28	1,33	8,61
6,60	9952,92	7710,49	7522,43	14,65	6,32	7,32	1,32	8,65
6,70	9952,92	7753,75	7564,63	14,73	6,33	7,37	1,32	8,68
6,80	9952,92	7797,00	7606,83	14,81	6,33	7,41	1,31	8,72
6,90	9952,92	7840,26	7649,03	14,90	6,34	7,45	1,30	8,75
7,00	9952,92	7883,51	7691,23	14,98	6,35	7,49	1,29	8,78
7,10	9952,92	7926,77	7733,43	15,06	6,35	7,53	1,29	8,82
7,20	9952,92	7970,02	7775,63	15,14	6,36	7,57	1,28	8,85
7,30	9952,92	8013,28	7817,83	15,22	6,37	7,61	1,27	8,89
7,40	9952,92	8056,53	7860,03	15,31	6,38	7,65	1,27	8,92
7,50	9952,92	8099,79	7902,23	15,39	6,39	7,69	1,26	8,95
7,60	9952,92	8143,04	7944,43	15,47	6,40	7,74	1,25	8,99
7,70	9952,92	8186,30	7986,63	15,55	6,41	7,78	1,25	9,02
7,80	9952,92	8229,55	8028,83	15,64	6,42	7,82	1,24	9,06
7,90	9952,92	8272,81	8071,03	15,72	6,43	7,86	1,23	9,09
8,00	9952,92	8316,06	8113,23	15,80	6,44	7,90	1,23	9,13
8,10	9952,92	8359,32	8155,43	15,88	6,45	7,94	1,22	9,16
8,20	9952,92	8402,57	8197,63	15,96	6,47	7,98	1,21	9,20
8,30	9952,92	8445,83	8239,83	16,05	6,48	8,02	1,21	9,23
8,40	9952,92	8489,08	8282,03	16,13	6,49	8,06	1,20	9,27
8,50	9952,92	8532,34	8324,23	16,21	6,51	8,11	1,20	9,30
8,60	9952,92	8575,59	8366,43	16,29	6,52	8,15	1,19	9,34
8,70	9952,92	8618,85	8408,63	16,38	6,53	8,19	1,18	9,37
8,80	9952,92	8662,10	8450,83	16,46	6,55	8,23	1,18	9,41
8,90	9952,92	8705,36	8493,03	16,54	6,56	8,27	1,17	9,44
9,00	9952,92	8748,61	8535,23	16,62	6,58	8,31	1,17	9,48
9,10	9952,92	8791,87	8577,43	16,70	6,59	8,35	1,16	9,51
9,20	9952,92	8835,12	8619,63	16,79	6,61	8,39	1,15	9,55
9,30	9952,92	8878,38	8661,83	16,87	6,63	8,43	1,15	9,58
9,40	9952,92	8921,63	8704,03	16,95	6,64	8,48	1,14	9,62
9,50	9952,92	8964,89	8746,23	17,03	6,66	8,52	1,14	9,65
9,60	9952,92	9008,14	8788,43	17,12	6,68	8,56	1,13	9,69
9,70	9952,92	9051,40	8830,63	17,20	6,70	8,60	1,13	9,73
9,80	9952,92	9094,65	8872,83	17,28	6,71	8,64	1,12	9,76
9,90	9952,92	9137,91	8915,03	17,36	6,73	8,68	1,12	9,80
10,00	9952,92	9181,16	8957,23	17,44	6,75	8,72	1,11	9,83
10,10	9952,92	9224,42	8999,43	17,53	6,77	8,76	1,11	9,87
10,20	9952,92	9267,67	9041,63	17,61	6,79	8,80	1,10	9,90
10,30	9952,92	9310,93	9083,83	17,69	6,81	8,85	1,10	9,94
10,40	9952,92	9354,18	9126,03	17,77	6,83	8,89	1,09	9,98
10,50	9952,92	9397,44	9168,23	17,85	6,85	8,93	1,09	10,01
10,60	9952,92	9440,69	9210,43	17,94	6,87	8,97	1,08	10,05
10,70	9952,92	9483,95	9252,63	18,02	6,89	9,01	1,08	10,09
10,80	9952,92	9527,20	9294,83	18,10	6,91	9,05	1,07	10,12
10,90	9952,92	9570,46	9337,03	18,18	6,93	9,09	1,07	10,16
11,00	9952,92	9613,71	9379,23	18,27	6,95	9,13	1,06	10,19
11,10	9952,92	9656,97	9421,43	18,35	6,97	9,17	1,06	10,23
11,20	9952,92	9700,22	9463,63	18,43	6,99	9,21	1,05	10,27
11,30	9952,92	9743,48	9505,83	18,51	7,02	9,26	1,05	10,30
11,40	9952,92	9786,73	9548,03	18,59	7,04	9,30	1,04	10,34
11,50	9952,92	9829,99	9590,23	18,68	7,06	9,34	1,04	10,38
11,60	9952,92	9873,24	9632,43	18,76	7,08	9,38	1,03	10,41
11,70	9952,92	9916,50	9674,63	18,84	7,11	9,42	1,03	10,45
11,80	9952,92	9959,75	9716,83	18,92	7,13	9,46	1,02	10,49
11,90	9952,92	10003,01	9759,03	19,01	7,15	9,50	1,02	10,52
12,00	9952,92	10046,26	9801,23	19,09	7,18	9,54	1,02	10,56
12,10	9952,92	10089,52	9843,43	19,17	7,20	9,58	1,01	10,60
12,20	9952,92	10132,77	9885,63	19,25	7,22	9,63	1,01	10,63

12,30	9952,92	10176,03	9927,83	19,33	7,25	9,67	1,00	10,67
12,40	9952,92	10219,28	9970,03	19,42	7,27	9,71	1,00	10,71
12,50	9952,92	10262,54	10012,23	19,50	7,29	9,75	0,99	10,74
12,60	9952,92	10305,79	10054,43	19,58	7,32	9,79	0,99	10,78
12,70	9952,92	10349,05	10096,63	19,66	7,34	9,83	0,99	10,82
12,80	9952,92	10392,30	10138,83	19,74	7,37	9,87	0,98	10,85
12,90	9952,92	10435,56	10181,03	19,83	7,40	9,91	0,98	10,89
13,00	9952,92	10478,81	10223,23	19,91	7,42	9,95	0,97	10,93
13,10	9952,92	10522,07	10265,43	19,99	7,45	10,00	0,97	10,97
13,20	9952,92	10565,32	10307,63	20,07	7,47	10,04	0,97	11,00
13,30	9952,92	10608,58	10349,83	20,16	7,50	10,08	0,96	11,04
13,40	9952,92	10651,83	10392,03	20,24	7,53	10,12	0,96	11,08
13,50	9952,92	10695,09	10434,23	20,32	7,55	10,16	0,95	11,11
13,60	9952,92	10738,34	10476,43	20,40	7,58	10,20	0,95	11,15
13,70	9952,92	10781,60	10518,63	20,48	7,61	10,24	0,95	11,19
13,80	9952,92	10824,85	10560,83	20,57	7,64	10,28	0,94	11,23
13,90	9952,92	10868,11	10603,03	20,65	7,66	10,32	0,94	11,26
14,00	9952,92	10911,36	10645,23	20,73	7,69	10,37	0,93	11,30
14,10	9952,92	10954,62	10687,43	20,81	7,72	10,41	0,93	11,34
14,20	9952,92	10997,87	10729,63	20,90	7,75	10,45	0,93	11,38
14,30	9952,92	11041,13	10771,83	20,98	7,77	10,49	0,92	11,41
14,40	9952,92	11084,38	10814,03	21,06	7,80	10,53	0,92	11,45
14,50	9952,92	11127,64	10856,23	21,14	7,83	10,57	0,92	11,49
14,60	9952,92	11170,89	10898,43	21,22	7,86	10,61	0,91	11,53
14,70	9952,92	11214,15	10940,63	21,31	7,89	10,65	0,91	11,56
14,80	9952,92	11257,40	10982,83	21,39	7,92	10,69	0,91	11,60
14,90	9952,92	11300,66	11025,03	21,47	7,95	10,74	0,90	11,64
15,00	9952,92	11343,91	11067,23	21,55	7,98	10,78	0,90	11,68
15,10	9952,92	11387,17	11109,43	21,64	8,01	10,82	0,90	11,71
15,20	9952,92	11430,42	11151,63	21,72	8,04	10,86	0,89	11,75
15,30	9952,92	11473,68	11193,83	21,80	8,07	10,90	0,89	11,79
15,40	9952,92	11516,93	11236,03	21,88	8,10	10,94	0,89	11,83
15,50	9952,92	11560,19	11278,23	21,96	8,13	10,98	0,88	11,86
15,60	9952,92	11603,44	11320,43	22,05	8,16	11,02	0,88	11,90
15,70	9952,92	11646,70	11362,63	22,13	8,19	11,06	0,88	11,94
15,80	9952,92	11689,95	11404,83	22,21	8,22	11,11	0,87	11,98
15,90	9952,92	11733,21	11447,03	22,29	8,25	11,15	0,87	12,02
16,00	9952,92	11776,46	11489,23	22,37	8,28	11,19	0,87	12,05
16,10	9952,92	11819,72	11531,43	22,46	8,31	11,23	0,86	12,09
16,20	9952,92	11862,97	11573,63	22,54	8,34	11,27	0,86	12,13
16,30	9952,92	11906,23	11615,83	22,62	8,37	11,31	0,86	12,17
16,40	9952,92	11949,48	11658,03	22,70	8,40	11,35	0,85	12,21
16,50	9952,92	11992,74	11700,23	22,79	8,44	11,39	0,85	12,24
16,60	9952,92	12035,99	11742,43	22,87	8,47	11,43	0,85	12,28
16,70	9952,92	12079,25	11784,63	22,95	8,50	11,47	0,84	12,32
16,80	9952,92	12122,50	11826,83	23,03	8,53	11,52	0,84	12,36
16,90	9952,92	12165,76	11869,03	23,11	8,56	11,56	0,84	12,40
17,00	9952,92	12209,01	11911,23	23,20	8,59	11,60	0,84	12,43
17,10	9952,92	12252,27	11953,43	23,28	8,63	11,64	0,83	12,47
17,20	9952,92	12295,52	11995,63	23,36	8,66	11,68	0,83	12,51
17,30	9952,92	12338,78	12037,83	23,44	8,69	11,72	0,83	12,55
17,40	9952,92	12382,03	12080,03	23,53	8,72	11,76	0,82	12,59

17,50	9952,92	12425,29	12122,23	23,61	8,76	11,80	0,82	12,62
17,60	9952,92	12468,54	12164,43	23,69	8,79	11,84	0,82	12,66
17,70	9952,92	12511,80	12206,63	23,77	8,82	11,89	0,82	12,70
17,80	9952,92	12555,05	12248,83	23,85	8,86	11,93	0,81	12,74
17,90	9952,92	12598,31	12291,03	23,94	8,89	11,97	0,81	12,78
18,00	9952,92	12641,56	12333,23	24,02	8,92	12,01	0,81	12,82
18,10	9952,92	12684,82	12375,43	24,10	8,96	12,05	0,80	12,85
18,20	9952,92	12728,07	12417,63	24,18	8,99	12,09	0,80	12,89
18,30	9952,92	12771,33	12459,83	24,26	9,02	12,13	0,80	12,93
18,40	9952,92	12814,58	12502,03	24,35	9,06	12,17	0,80	12,97
18,50	9952,92	12857,84	12544,23	24,43	9,09	12,21	0,79	13,01
18,60	9952,92	12901,09	12586,43	24,51	9,13	12,26	0,79	13,05
18,70	9952,92	12944,35	12628,63	24,59	9,16	12,30	0,79	13,08
18,80	9952,92	12987,60	12670,83	24,68	9,19	12,34	0,79	13,12
18,90	9952,92	13030,86	12713,03	24,76	9,23	12,38	0,78	13,16
19,00	9952,92	13074,11	12755,23	24,84	9,26	12,42	0,78	13,20
19,10	9952,92	13117,37	12797,43	24,92	9,30	12,46	0,78	13,24
19,20	9952,92	13160,62	12839,63	25,00	9,33	12,50	0,78	13,28
19,30	9952,92	13203,88	12881,83	25,09	9,37	12,54	0,77	13,32
19,40	9952,92	13247,13	12924,03	25,17	9,40	12,58	0,77	13,35
19,50	9952,92	13290,39	12966,23	25,25	9,44	12,63	0,77	13,39
19,60	9952,92	13333,64	13008,43	25,33	9,47	12,67	0,77	13,43
19,70	9952,92	13376,90	13050,63	25,42	9,51	12,71	0,76	13,47
19,80	9952,92	13420,15	13092,83	25,50	9,54	12,75	0,76	13,51
19,90	9952,92	13463,41	13135,03	25,58	9,58	12,79	0,76	13,55

20,00	9952,92	13506,66	13177,23	25,66	9,61	12,83	0,76	13,59
20,10	9952,92	13549,92	13219,43	25,74	9,67	12,87	0,75	13,62
20,20	9952,92	13593,17	13261,63	25,83	9,71	12,91	0,75	13,66
20,30	9952,92	13636,43	13303,83	25,91	9,74	12,95	0,75	13,70
20,40	9952,92	13679,68	13346,03	25,99	9,78	13,00	0,75	13,74
20,50	9952,92	13722,94	13388,23	26,07	9,81	13,04	0,74	13,78
20,60	9952,92	13766,19	13430,43	26,16	9,85	13,08	0,74	13,82
20,70	9952,92	13809,45	13472,63	26,24	9,88	13,12	0,74	13,86
20,80	9952,92	13852,70	13514,83	26,32	9,92	13,16	0,74	13,90
20,90	9952,92	13895,96	13557,03	26,40	9,96	13,20	0,73	13,93
21,00	9952,92	13939,21	13599,23	26,48	9,99	13,24	0,73	13,97
21,10	9952,92	13982,47	13641,43	26,57	10,03	13,28	0,73	14,01
21,20	9952,92	14025,72	13683,63	26,65	10,07	13,32	0,73	14,05
21,30	9952,92	14068,98	13725,83	26,73	10,10	13,37	0,73	14,09
21,40	9952,92	14112,23	13768,03	26,81	10,14	13,41	0,72	14,13
21,50	9952,92	14155,49	13810,23	26,89	10,18	13,45	0,72	14,17
21,60	9952,92	14198,74	13852,43	26,98	10,21	13,49	0,72	14,21
21,70	9952,92	14242,00	13894,63	27,06	10,25	13,53	0,72	14,25
21,80	9952,92	14285,25	13936,83	27,14	10,29	13,57	0,71	14,28
21,90	9952,92	14328,51	13979,03	27,22	10,32	13,61	0,71	14,32
22,00	9952,92	14371,76	14021,23	27,31	10,36	13,65	0,71	14,36
22,10	9952,92	14415,02	14063,43	27,39	10,40	13,69	0,71	14,40
22,20	9952,92	14458,27	14105,63	27,47	10,43	13,73	0,71	14,44
22,30	9952,92	14501,53	14147,83	27,55	10,47	13,78	0,70	14,48
22,40	9952,92	14544,78	14190,03	27,63	10,51	13,82	0,70	14,52

1.2.CAJÓN TIPO

El cajón tipo elegido para la construcción del muelle de la terminal es el que se describe en el *Anejo nº7 dimensionamiento del cajón*, cuyas características son las siguientes:

Eslora del cajón (m)	33,75
Anchura del fuste (m)	15,55
Superficie de celdas (m2)	422,00
Número de juntas	2,00
Longitud de la junta lado exterior (m)	14,55
Longitud de la junta lado interior (m)	13,75
Anchura de la junta (m)	0,40
Altura del cajón (m)	18,00
Espesor de la solera (m)	0,70
Espesor de la solera en juntas (m)	0,00
Densidad del hormigón (T/m3)	2,50
Densidad del agua de mar (T/m3)	1,03
Inercia de las celdas (m4)	433,13

2.ESTABILIDAD DEL MUELLE COMERCIAL

2.1.ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO POR LA BASE, VUELCO Y HUNIMIENTO

Las acciones consideradas en este apartado para proceder al cálculo de la estabilidad de la estructura al deslizamiento, vuelco y hundimiento, han sido las reflejadas en el anejo de bases de cálculo del presente proyecto.

Para la verificación de los distintos modos de fallo del muelle se han empleado los procedimientos que se incluyen en la *ROM 05-94*, debido a que simplifican notablemente el proceso de cálculo de los mismos

Se ha realizado el cálculo adoptando los valores de resistencia del terreno que se describen en el geotécnico. Además, se han estudiado dos tipos de hipótesis, correspondientes a sobrecargas de manipulación restringida o grúas (trenes A según la nomenclatura de la *ROM 0.2-90*) y a sobrecargas de manipulación no restringida sobre neumáticos u orugas (trenes B según *ROM 0.2-90*).

Los coeficientes de combinación de cargas para cada hipótesis (cargas predominantes o no predominantes) se han tomado de la ROM 0.2-90 y 0.5-94.

ACCIÓN	ψ_0
Q_H - Cargas Hidráulicas	1,00*
Q_T - Cargas del Terreno	1,00
Q_V - Cargas Variables de Uso o Explotación	0,70
Q_M - Cargas Medioambientales	0,70
Q_D - Cargas de Deformación	1,00
Q_C - Cargas de Construcción	1,00

Tabla1 : Tabla 3.2.3.2. de la ROM 0.2-90

2.1.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Densidad del agua del mar	1,03 t/m3
---------------------------	-----------

- Relleno del trasdós :

Densidad seca relleno	1,70 t/m3
Densidad sumergida del relleno	1,10 t/m3
Ángulo de rozamiento interno del relleno	35º
Inclinación de los empujes del trasdós	23,33 º

- Banqueta :

Coeficiente de rozamiento en la cimentación del cajón	0,7
Altura banqueteta de cimentación	2,00 m
Ángulo de apertura de tensiones en banqueteta	0º
Densidad sumergida de la banqueteta	1,10 t/m3
Ángulo de rozamiento de la banqueteta de cimentación	45º

- Cimentación :

Cohesión del terreno de cimentación	0,00 t/m2
Sobrecarga en las inmediaciones del cimientto	0,55 t/m2
Ángulo de rozamiento del terreno de cimentación	32º
Densidad sumergida del terreno de cimentación	1,10 t/m3

2.1.2 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN TIPO

- Características del muelle :

Altura del muelle	19,35 m
Cota coronación del muelle	2,85 m
Francobordo del muelle	2,85 m
Cota de agua en el trasdós del cajón	0,00 m
Cota de agua en el intradós del cajón	0,00 m
Desnivel de agua entre trasdós e intradós	0,00 m
Cota de fondeo del cajón	-16,5m
Inclinación del terreno del trasdós	0,00%

- Características del cajón :

Eslora del cajón (incluidas orejetas)	33,75 m
Manga del fuste	15,55 m
Puntal del cajón	18,00 m
Espesor de la solera	0,70 m
Vuelo de las zapatas	0,00 m
Superficie de juntas	11,36 m2
Espesor de la solera en juntas	0,00 m
Superficie de celdas	422,00 m2
Densidad hormigón armado	2,50 t/m3
Densidad saturada del relleno de celdas	2,08 t/m3

- Cargas muertas que actúan sobre la estructura :

Según la ROM 0.2-90, Apartado 3.4.1.2 , se define como **Carga Muerta** a la carga producida por el peso de todos los elementos no resistentes en el sentido estructural, soportados o incluidos en la estructura resistente de forma permanente.

- Superestructura:

Peso de la superestructura	16,87 t/m
Brazo de la superestructura	1,51 m

- Relleno sobre el fuste:

Peso del relleno sobre fuste	30,44 t/m
Brazo del relleno sobre fuste	9,53 m

2.1.3 SOLICITACIONES EN SERVICIO DEL MUELLE:

- Carga del bolardo :

Tiro de bolardo	5,92 t/m
Inclinación respecto de la horizontal del tiro del bolardo	0º
Distancia al al punto de vuelco del muelle	0,50 m

- Sobrecargas repartidas mínimas :

Según la ROM 0.2-90, en la tabla 3.4.2.3.1.3. , para un **muelle de uso comercial** (Graneles ordinarios, mercancía general y contenedores) , se obtienen los siguientes valores:

Sobrecarga de almacenamiento	6,00 t/m2
------------------------------	-----------

Sobrecarga de estacionamiento	3,00 t/m2
Anchura de la banda de operación a partir del cantil	62 m

- Sobrecargas de operaciones no restringidas :

Sobrecarga de operación no restringida	8,40 t/m2
Componente horizontal de carga de operación no restringida	1,35 t/m

- Equipo de manipulación de mercancías :

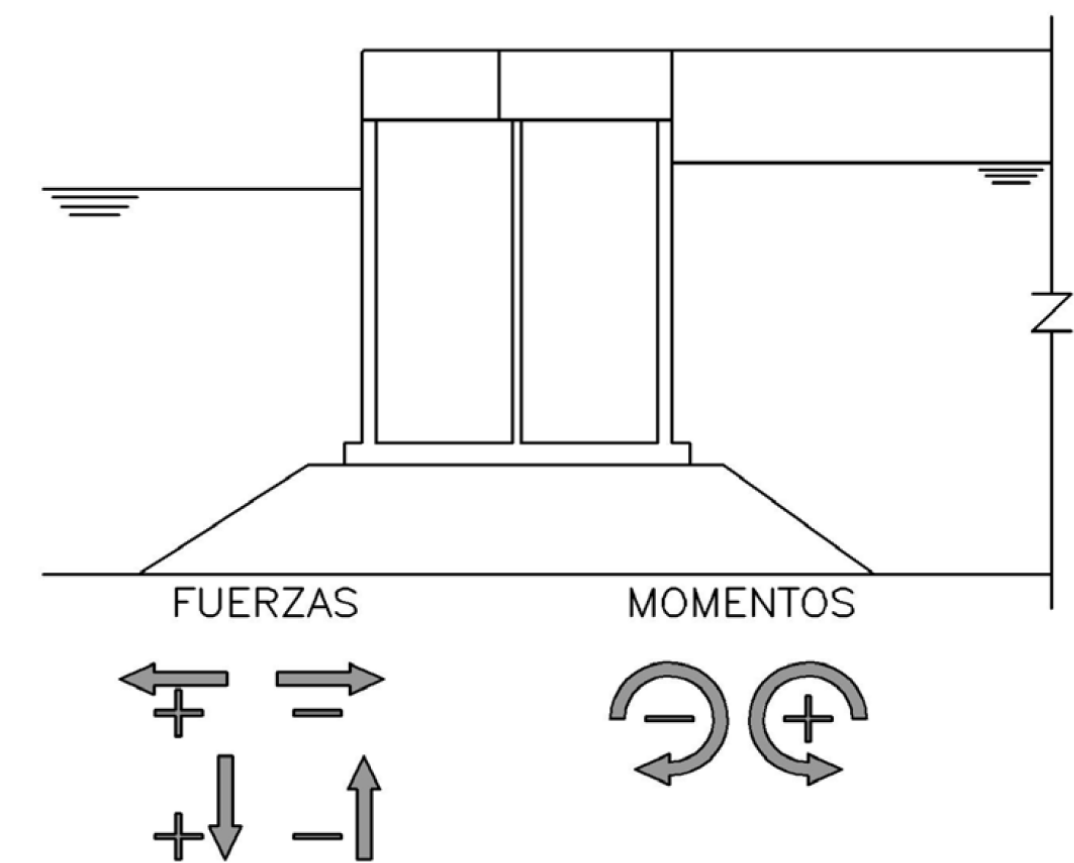
Carga mayor pata de la grúa	48,16 t/m
Distancia pata delantera al cantil	2,50 m
Carga menor pata de la grúa	28,90 t/m2
Distancia entre patas de grúa	32 m
Distancia pata trasera al trasdós del muelle	20,12 m
Componente horizontal de la grúa	7,22 t/m
Ancho de viga trasera	0,00 m
Canto de viga trasera	0,00 m

2.1.4 ACCIONES CARACTERÍSTICAS QUE SE VAN A CONSIDERAR:

Con los datos antes definidos se obtienen las siguientes acciones, las cuales se utilizarán para poder determinar los coeficientes de seguridad del muelle. A continuación se presenta un breve guión de las acciones que se van a considerar:

- 1.- PESO PROPIO.
- 2.- CARGAS HIDRÁULICAS.
- 3.- EMPUJES DEL TERRENO.
- 4.- TIRO DE BOLARDO.
- 5.- SOBRECARGA DE ESTACIONAMIENTO.
- 6.- SOBRECARGA DE ALMACENAMIENTO.
- 7.- SOBRECARGA DE MANIPULACIÓN.
- 8.- SOBRECARGA DE MANIPULACIÓN RESTRINGIDA.
- 9.- SOBRECARGA SOBRE EL CAJÓN.

Los criterios de signos que se han utilizado son los siguientes:



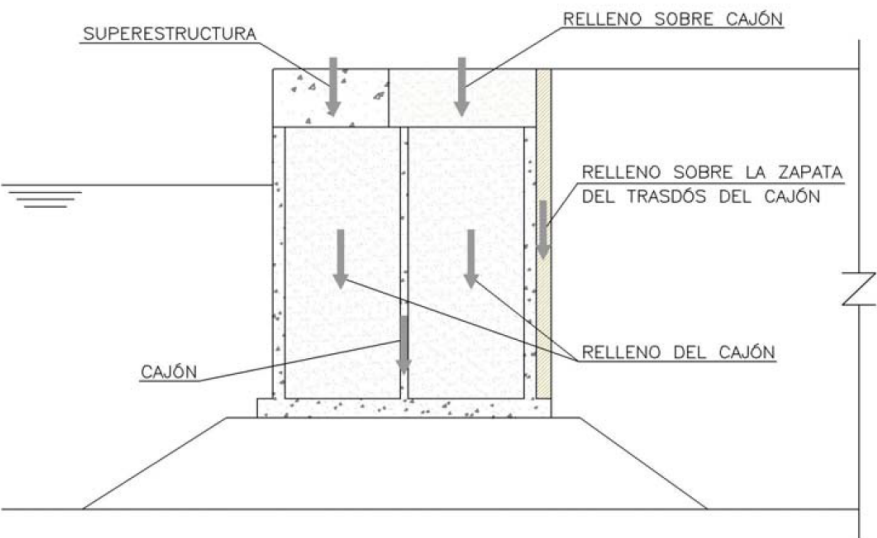
La nomenclatura que se va a utilizar es la siguiente:

- F_x : Fuerza horizontal [t]
- F_y : Fuerza vertical [t]
- X : Brazo en horizontal [m]
- Y : Brazo en vertical [m]
- M_x : Momento provocado por una fuerza horizontal de brazo Y [t·m]
- M_y : Momento provocado por una fuerza vertical de brazo X [t·m]

2.1.4.1. PESO PROPIO

Según la ROM 0.2 -90 3.4.1.1. se define como **Peso Propio** a la carga producida por los pesos correspondientes a los distintos elementos resistentes o estructurales. En este apartado se tiene en cuenta además las acciones producidas por las cargas muertas.

El esquema de las acciones consideradas es el siguiente:



Los cálculos realizados son los siguientes:

	F_y	X	M_y
Peso del cajón p.m.l. de eslora	593,75	7,78	4616,42
Superestructura	16,87	1,51	25,47
Relleno sobre fuste	30,44	9,53	290,09
Tierras sobre zapata de trasdós	0	0	0
Total	641,06	7,69	4931,98

En resumen:

F_x	F_y	Mestabilizador	Mvolcador
0	641,06	4931,98	0

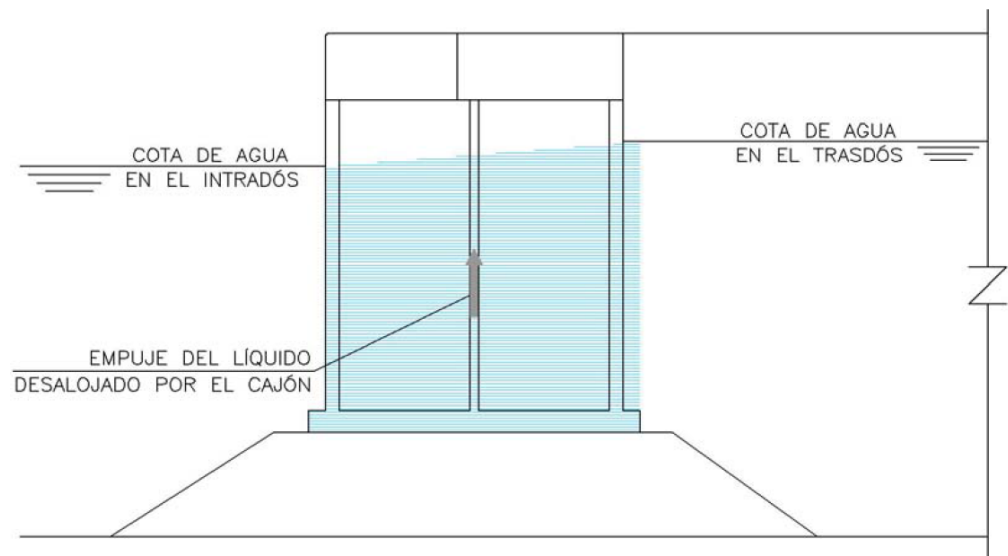
2.1.4.2. CARGAS HIDRÁULICAS

Se define como **Cargas Hidráulicas** a las cargas producidas por el agua actuando preponderantemente como

aguas exteriores libres, capa freática en rellenos y terrenos naturales, y lastres; y cuyos niveles de actuación se mantengan en reposo o sensiblemente invariables en relación con el tiempo de respuesta de la estructura resistente, según ROM 0.2 - 90 3.4.2.1.

2.1.4.2.1 EMPUJE DEL LÍQUIDO DESALOJADO

El esquema de las acciones consideradas es el siguiente:



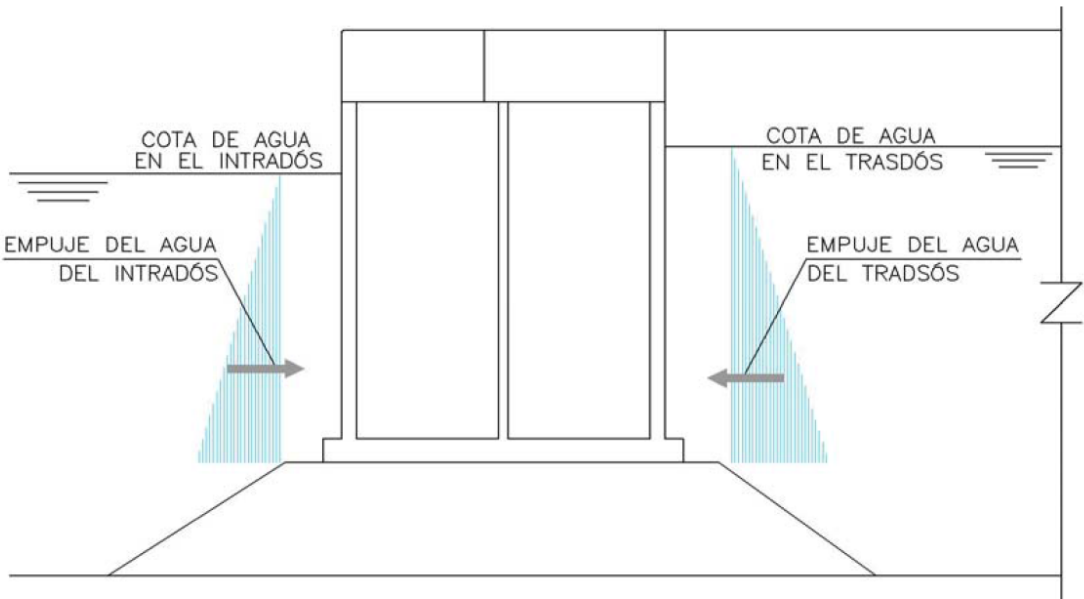
Fy	X	My
-262,99	7,78	2044,74

En resumen:

Fx	Fy	Mestabilizador	Mvolcador
0	-262,99	-2044,74	0

2.1.4.2.2 EMPUJE DEBIDO A LA VARIACIÓN DE LA COTA DE AGUA

El esquema de las acciones consideradas es el siguiente:



- Empuje del agua del intradós: 139,53 t
- Empuje del agua del trasdós: 139,53 t

Fy	X	Mx
0	0	0

En resumen:

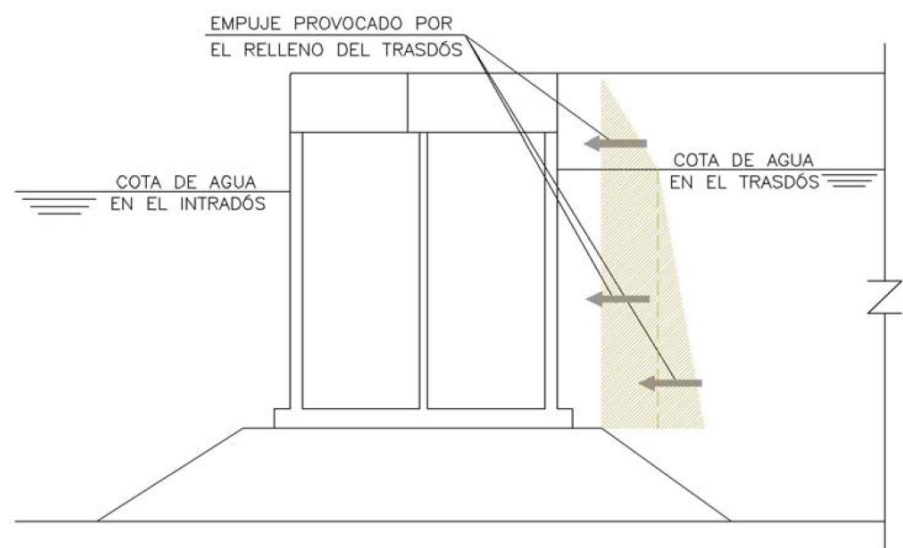
Fx	Fy	Mestabilizador	Mvolcador
0	0	0	0

2.1.4.3. CARGA DEL TERRENO

Se define como **Cargas del Terreno** a las presiones, empujes y demás esfuerzos ejercidos por un relleno o terreno natural sobre los distintos elementos de una estructura resistente; o las reacciones que tales estructuras pueden originar en el terreno para lograr su equilibrio, según ROM 0.2 - 90 3.4.2.2.

Por tratarse de cálculos de estabilidad se considerarán los empujes activos, ya que de alcanzar el estado de vuelco o deslizamiento en general dará lugar a deformaciones laterales significativas del terreno.

El esquema de las acciones consideradas es el siguiente:



- $\delta: 23,33^\circ$
- $\beta: 0,00^\circ$

Fx	Y	Mx	Fy	X	My
53,09	6,78	359,87	22,9	15,55	356,14

En resumen:

Fx	Fy	Mestabilizador	Mvolcador
53,09	22,9	356,14	359,87

2.1.4.4. TIRO DE BOLARDO

El coeficiente de empuje activo:

- $K_a: 0,244$
- $K_{ah}: 0,224$
- $K_{av}: 0,097$

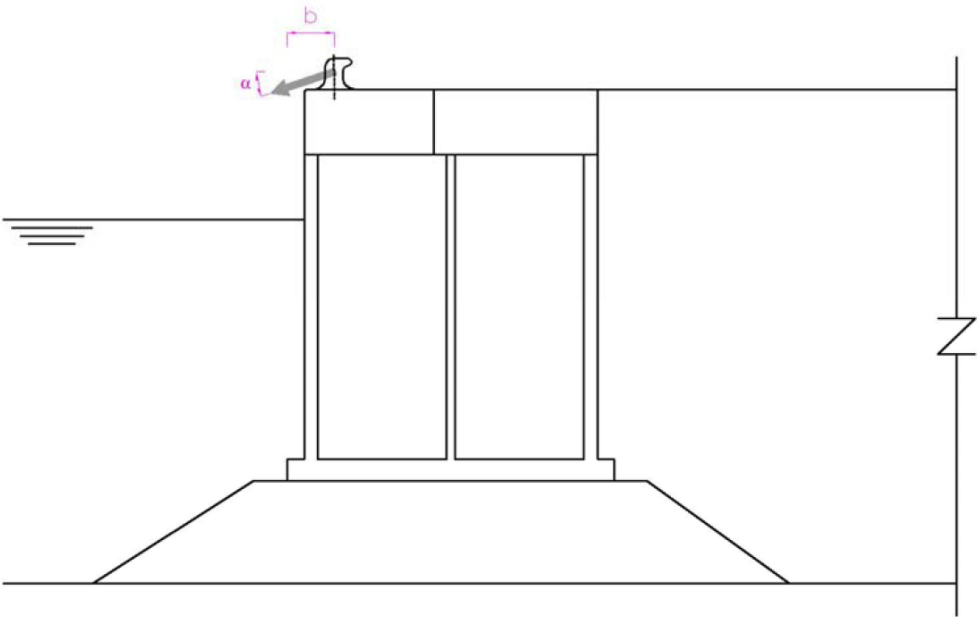
El coeficiente K_a se obtiene de la teoría de coulomb :

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(90 + \phi)}{\text{sen}(90 - \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \beta)}{\text{sen}(90 + \beta) \cdot \text{sen}(\phi + \beta)}} \right)^2}$$

Siendo :

- $\phi: 35,00^\circ$

El esquema de las acciones consideradas es el siguiente:



Los datos disponibles para calcular son los siguientes :

Tiro de bolardo	5,92
Inclinación respecto de la horizontal del tiro del bolardo	0º
Distancia al al punto de vuelco del muelle	0,50 m

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Fx	Y	Mx	Fy	X	My
5,92	19,85	117,51	0	0	0

En resumen:

Fx	Fy	Mestabilizador	Mvolcador
5,92	0	0	117,51

Se han realizado los cálculos con el caso nº 1 , con hipótesis de tipo A (movilidad restringida) y los resultados obtenidos son los siguientes :

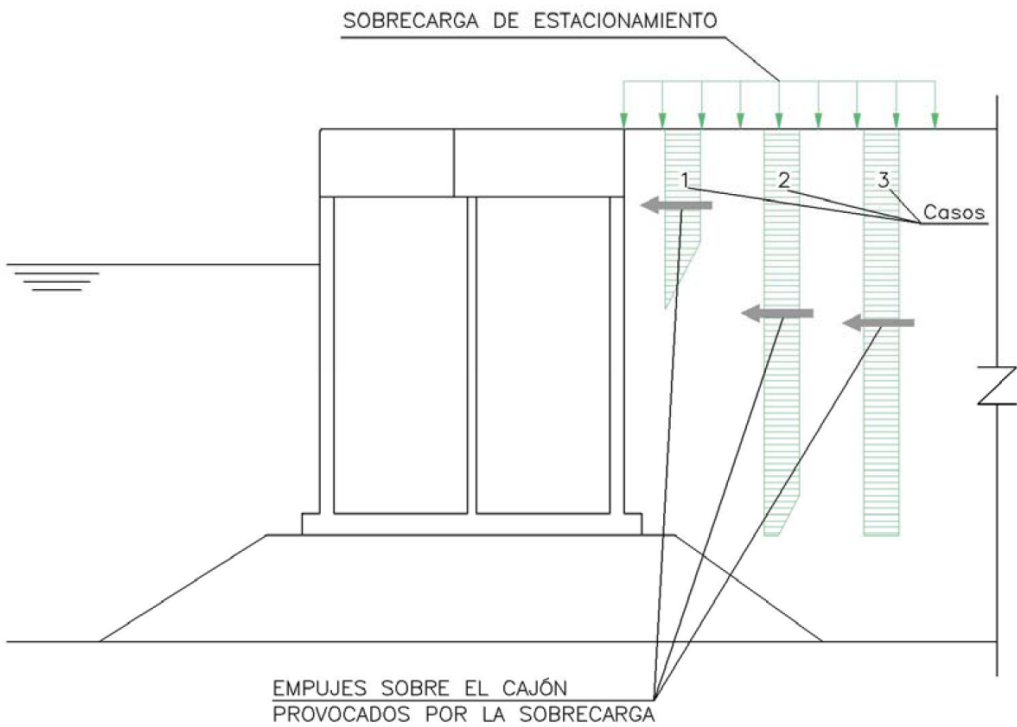
Fx	Y	Mx	Fy	X	My
9,7	12,05	116,88	4,18	15,55	-65,05

En resumen:

Fx	Fy	Mest	Mvol
9,7	4,18	65,05	116,88

2.1.4.5. SOBRECARGA DE ESTACIONAMIENTO

El esquema de las acciones consideradas es el siguiente:

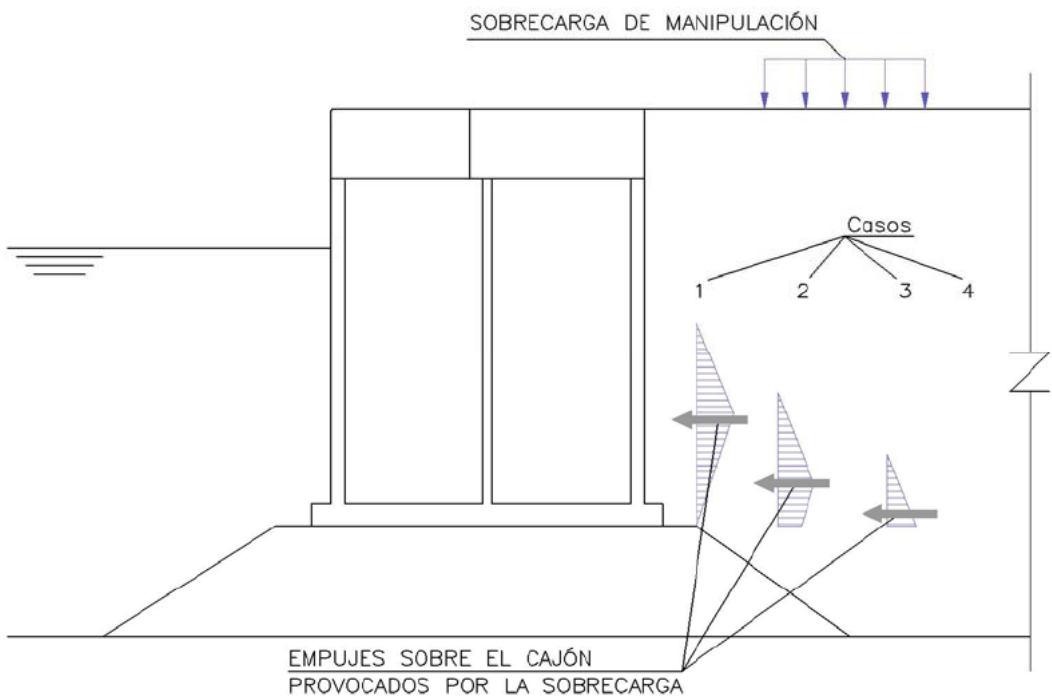


2.1.4.6. SOBRECARGA DE ALMACENAMIENTO

La sobrecarga de almacenamiento no se tiene en cuenta en el cálculo de la estabilidad, debido a que la zona de almacenamiento se encuentra a una distancia mayor a 50 metros del cajón y se considera despreciable el efecto que pueda tener sobre el mismo.

2.1.4.7. SOBRECARGA DE MANIPULACIÓN NO RESTRINGIDA

El esquema de las acciones consideradas es el siguiente:



Consideramos esta sobrecarga como hipótesis B (manipulación no restringida), según la ROM 0.2-90, en este caso se tienen en cuenta 2 sobrecargas:

- sobrecarga : 8,40 t/m

Los resultados obtenidos son los siguientes :

Fx	Y	Mx	Fy	X	My
15,05	16	240,71	5,91	15,55	-65,05

- sobrecarga : 1 t/m

Los resultados obtenidos son los siguientes :

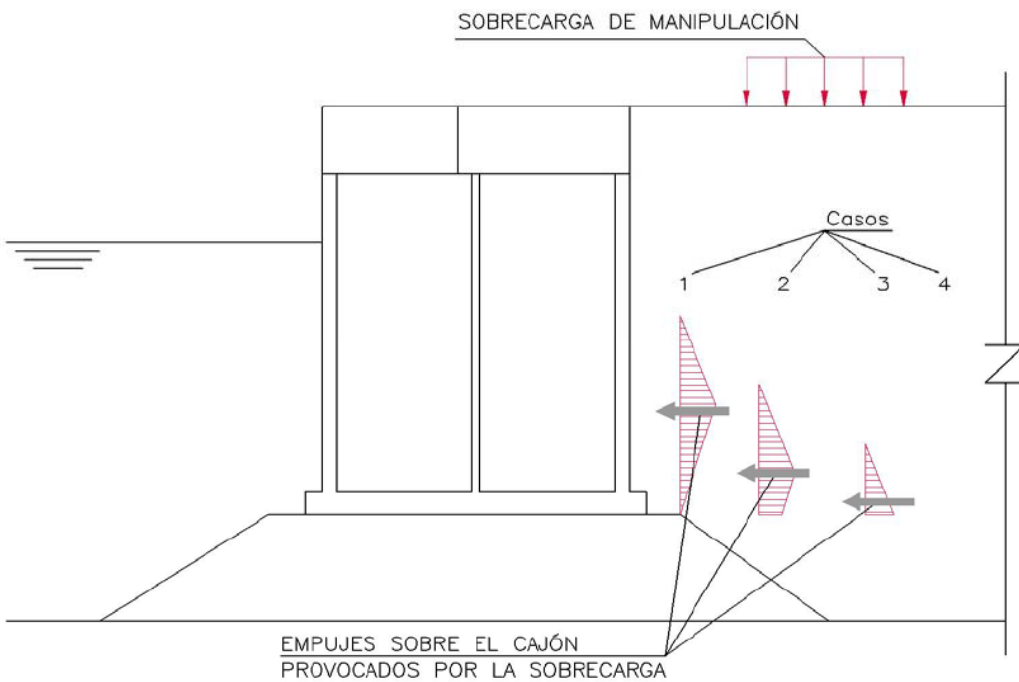
Fx	Y	Mx	Fy	X	My
1,28	12,75	16,35	0,55	15,55	-8,6

Teniendo en cuenta que ambas sobrecargas actúan simultáneamente, ya que corresponden a diferentes tipologías de equipos de manipulación no restringida , los resultados obtenidos son:

Fx	Fy	Mest	Mvol
16,33	6,46	100,46	257,06

2.1.4.8. SOBRECARGA DE MANIPULACIÓN RESTRINGIDA

El esquema de las acciones consideradas es el siguiente:



Consideramos esta sobrecarga como hipótesis A (manipulación restringida), según la ROM 0.2-90. Teniendo en cuenta que la longitud del cajón es de 33,75 m y que la separación mínima entre grúas es de 8 m, se puede admitir del lado de la seguridad que sobre un cajón puede trabajar una grúa. A su vez, se considera, de cara al cálculo de estabilidad del cajón, que la carga de una grúa se extiende uniformemente a lo largo del cajón. Por lo tanto, la carga a considerar por metro lineal del cajón es :

- Grúa Super Post PANAMAX : 100 toneladas/rueda

- Lado mar : $\frac{100 \times 16}{33,75} = 48,16 \text{ t/m}$

- Horizontal : $\frac{15 \times 16}{33,75} = 7,22 \text{ t/m}$

La pata trasera de la grúa no tiene ninguna influencia sobre las acciones sobre el cajón , debido a que la separación entre carriles es amplia (32 m), no cargan sobre el terreno del trasdós y por lo tanto no afecta a la estabilidad del muelle.

Los resultados obtenidos son los siguientes :

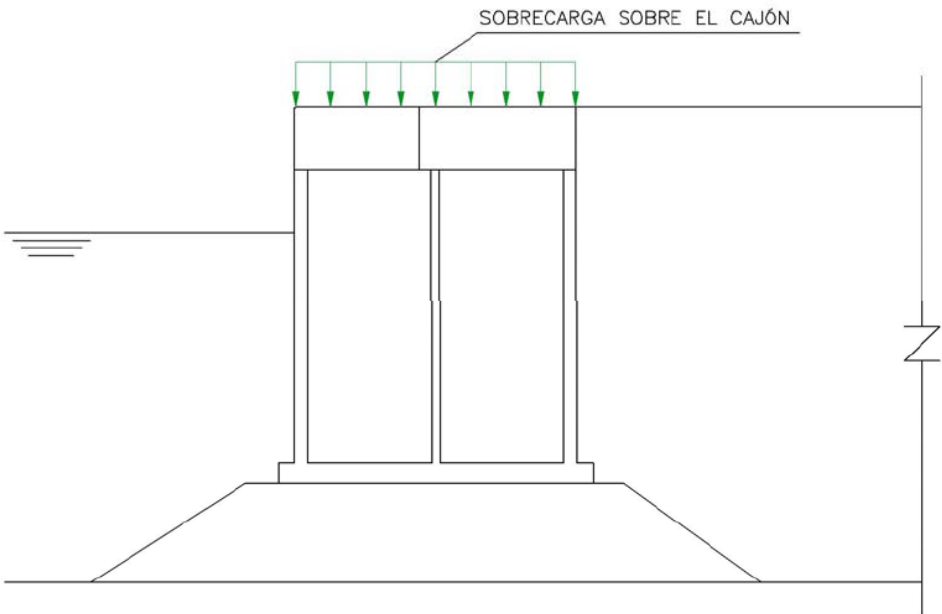
Fx	Y	Mx	Fy	X	My
7,22	19,17	135,4	48,16	2,5	-120,4

En resumen:

Fx	Fy	Mest	Mvol
7,22	48,16	120,4	135,4

2.1.4.9. SOBRECARGA SOBRE EL CAJÓN:

El esquema de las acciones consideradas es el siguiente:



En este apartado se consideran únicamente las cargas que actúan directamente sobre el cajón, ya sean equipos de tipo A o B.

- **Hipótesis A:** sobrecarga del cajón : 3,00 t/m2

Fx	Y	Mx	Fy	X	My
0	0	0	46,65	7,78	-362,7

En resumen :

Fx	Fy	Mest	Mvol
0	46,65	362,7	0

- **Hipótesis B:** sobrecarga del cajón : 1,00 t/m2

Fx	Y	Mx	Fy	X	My
0	0	0	15,55	7,78	-120,9

En resumen :

Fx	Fy	Mest	Mvol
0	15,55	120,9	0

2.1.5. RESUMEN DE ACCIONES

A continuación se muestra un resumen de los valores significativos de las acciones calculadas anteriormente. En este resumen el apartado 2.1.4.2.1 EMPUJE DEL LÍQUIDO DESALOJADO , se ha considerado como parte del peso propio ya que es donde tiene sentido ubicarlo.

Se distinguen en 2 grupos:

- **Hipótesis A:** corresponden a los trenes de manipulación restringida
- **Hipótesis B:** corresponden a los trenes de manipulación no restringida

▪ **Hipótesis A:**

	Fx	Fy	Mest	Mvol
1-Peso propio	0	378,07	2887,24	0
2-Cargas hidráulicas	0	0	0	0
3-Cargas del terreno	53,09	22,9	356,14	359,87
4-Tiro de bolardo	5,92	22,9	356,14	117,51
5-Sobrecarga de estacionamiento	9,7	4,18	65,05	116,88
6-Sobrecarga de almacenamiento	0	0	0	0
8-Sobrecarga de manipulacion restringida	7,22	48,16	120,4	135,4
9-Sobrecarga sobre el cajón	0	46,65	326,7	0

▪ **Hipótesis B:**

	Fx	Fy	Mest	Mvol
1-Peso propio	0	378,07	2887,24	0
2-Cargas hidráulicas	0	0	0	0
3-Cargas del terreno	53,09	22,9	356,14	359,87
4-Tiro de bolardo	5,92	22,9	356,14	117,51
5-Sobrecarga de estacionamiento	0	0	0	0
6-Sobrecarga de almacenamiento	0	0	0	0
7-Sobrecarga de manipulacion no restringida	16,33	6,46	100,46	257,06
9-Sobrecarga sobre el cajón	0	15,55	120,9	0

2.1.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para la realización de las diferentes hipótesis, se utilizan los coeficientes de combinación de acciones mencionados en la ROM 02-90 :

ACCIÓN	ψ_0
Q_H - Cargas Hidráulicas	1,00*
Q_T - Cargas del Terreno	1,00
Q_V - Cargas Variables de Uso o Explotación	0,70
Q_M - Cargas Medioambientales	0,70
Q_D - Cargas de Deformación	1,00
Q_C - Cargas de Construcción	1,00

Tabla1 : Tabla 3.2.3.2. de la ROM 0.2-90

La combinación utilizada en todas las hipótesis es la característica, según la ROM 0.2-90 :

Combinaciones fundamentales o características	$\gamma_g \cdot G + \gamma_{g,i} \cdot Q_i + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_i$
---	---

Tabla 3: Tabla de combinación de acciones ROM0.2-90

A continuación se muestra una tabla con las diferentes combinaciones que se consideran:

Hipótesis	Combinación
A 1	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+(5)+0'7*(6)+0'7*(8)
A 2	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+0'7*(5)+(6)+0'7*(8)
A 3	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+0'7*(5)+0'7*(6)+(8)
A 4	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+(5)+0'7*(6)+0'7*(8)+(9)
A 5	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+0'7*(5)+(6)+0'7*(8)+0'7*(9)
A 6	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+0'7*(5)+0'7*(6)+(8)+0'7*(9)
B 1	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+(6)+0'7*(7)
B 2	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+0'7*(6)+(7)
B 3	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+(6)+0'7*(7)+0'7*(9)
B 4	(1)+(2)+(3)+0'7*(4)+0'7*(6)+(7)+(9)

Tras realizar los cálculos con las diferentes combinaciones , los resultados obtenidos de los esfuerzos más significativos son los siguientes :

Hipótesis	Fx	Fy	Mest	Mvol
A 1	71,99	454,89	3642,01	653,79
A 2	69,08	453,64	3622,49	618,72
A 3	71,24	468,09	3658,61	659,34
A 4	71,99	501,54	3968,71	653,79
A 5	69,08	486,29	3851,18	618,72
A 6	71,24	500,74	3887,30	659,34
B 1	68,67	421,52	3563,00	622,07
B 2	73,56	423,46	3593,14	699,19
B 3	68,67	432,41	3647,63	622,07
B 4	73,56	439,01	3714,04	699,19

2.1.7. RESULTADOS DE ESTABILIDAD

Con los esfuerzos obtenidos para cada hipótesis , se ha calculado la estabilidad para los diferentes modos de fallo y poder determinar cuales son las combinaciones más pésimas para la estabilidad del muelle.

2.1.7.1. DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD AL VUELCO

El coeficiente de seguridad al vuelco, η , puede calcularse para una determinada situación de proyecto (geometría, combinación de acciones) mediante la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{M_{estabilizador}}{M_{volcador}}$$

Siendo:

- $M_{estabilizador}$: Momento , respecto al eje de giro del posible vuelco, producido por las fuerzas estabilizadoras.

- $M_{volcador}$: Momento, respecto al eje de giro del posible vuelco, producido por las fuerzas volcadoras.
- η : Es el coeficiente de seguridad frente al vuelco.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Hipótesis	η
A 1	5,57
A 2	5,85
A 3	5,55
A 4	6,07
A 5	6,22
A 6	5,90
B 1	5,73
B 2	5,14
B 3	5,86
B 4	5,31

2.1.7.2. Determinación de la estabilidad al DESLIZAMIENTO

El cálculo del coeficiente de seguridad a deslizamiento se refiere al contacto entre la estructura de gravedad y el terreno sobre el que descansa, que se supone de superficie libre horizontal.

En este caso el coeficiente de seguridad a deslizamiento queda definido por:

$$F_d = \frac{0,7 \times F_y}{F_x}$$

Siendo:

- F_y : Carga vertical.
- F_x : Carga horizontal.
- F_d : Es el coeficiente de seguridad frente al deslizamiento.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Hipótesis	F_d
A 1	4,42
A 2	4,60
A 3	4,60
A 4	4,88
A 5	4,93
A 6	4,92
B 1	4,30
B 2	4,03
B 3	4,41
B 4	4,18

$$P_{v,h} = q \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

donde:

q: Sobrecarga de tierras a la profundidad de cimentación, en el entorno del cimiento.

c: Cohesión.

γ : Peso específico aparente del cimiento.

N_q, N_c, N_γ : Coeficientes de capacidad de carga según apartado 3.5.4.3 de la ROM 0.5-94.

s_q, s_c, s_γ : Coeficientes de forma según apartado 3.5.4.3 de la ROM 0.5-94.

i_q, i_c, i_γ : Coeficientes de inclinación según apartado 3.5.4.3. de la ROM 0.5-94.

B^* : Anchura de contacto con el terreno en el momento del hundimiento. (Nótese que es distinta a la definitiva para vuelco).

2.1.7.3. Determinación de la estabilidad al HUNDIMIENTO

Se entiende como coeficiente de seguridad frente al hundimiento, al cociente entre la componente vertical de presión que produce el hundimiento y la componente vertical de la presión actuante. El coeficiente de seguridad por hundimiento se calcula :

$$F_h = \frac{P_{v,h}}{P_v}$$

Siendo:

- F_h : Coeficiente de seguridad frente al hundimiento.
- $P_{v,h}$: Componente vertical de presión que produce el hundimiento.
- P_v : Presión vertical media.

Para calcular la componente vertical de presión que produce el hundimiento se ha utilizado la fórmula que recomienda la ROM de Brinch Hansen :

Coeficientes de la carga de hundimiento:

- N_q : 23,18
- N_c : 35,49
- N_γ : 27,72

Coeficientes de forma:

- $r = 0,00$
- $s_q = 1,00$
- $s_c = 1,00$
- $s_\gamma = 1,00$

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Hipótesis	i_q	i_c	i_γ	B^*	$P_{v,h}$ (t/m2)	P_v (t/m2)	F_h
A 1	0,70	0,69	0,60	13,14	128,43	32,37	3,97
A 2	0,71	0,70	0,61	13,24	132,09	32,03	4,12
A 3	0,71	0,70	0,61	12,82	128,15	34,15	3,75
A 4	0,73	0,72	0,63	13,22	135,89	35,48	3,83
A 5	0,73	0,72	0,63	13,29	137,31	34,20	4,01
A 6	0,73	0,72	0,63	12,89	133,34	36,31	3,67
B 1	0,70	0,68	0,59	13,95	133,66	28,24	4,73
B 2	0,68	0,66	0,56	13,67	126,20	28,97	4,36
B 3	0,70	0,69	0,60	13,99	135,95	28,89	4,71
B 4	0,69	0,67	0,58	13,73	129,56	29,89	4,34

2.1.8. RESUMEN DE LOS COEFICIENTES DE SEGURIDAD

▪ Hipótesis A (movilidad restringida)

Hipótesis	η	F_d	F_h
A 1	5,57	4,42	3,97
A 2	5,85	4,60	4,12
A 3	5,55	4,60	3,75
A 4	6,07	4,88	3,83
A 5	6,22	4,93	4,01
A 6	5,90	4,92	3,67

La hipótesis pésima es la **A3**.

▪ Hipótesis B(movilidad no restringida)

Hipótesis	η	F_d	F_h
B 1	5,73	4,30	4,73
B 2	5,14	4,03	4,36
B 3	5,86	4,41	4,71
B 4	5,31	4,18	4,34

La hipótesis pésima es la **B2**.

2.1.9. COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Finalmente se muestra en la siguiente tabla un resumen de los coeficientes de seguridad de cálculo de la estabilidad del muelle en estado de bajamar:

η	F_d	F_h
5,14	4,03	3,75

Los valores mínimos que aparecen en la ROM 0.5-94 de coeficientes de seguridad para situaciones de proyecto persistente o transitoria de largo plazo:

η	F_d	F_h
1,5	1,5	3

Por tanto, y teniendo en cuenta que los coeficientes de seguridad muestran valores aceptables, por encima de los mínimos recomendados por la ROM 0.5-94, **se considera que la estructura dispone de unas condiciones de seguridad suficientes frente a los modos de fallo estudiados en el presente apartado.**

2.2.ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO PROFUNDO

El cálculo de la estabilidad del muelle frente a deslizamiento profundo no se ha realizado, debido a que los 3 modos de fallos ya estudiados demuestran que la estructura cumple holgadamente las coeficientes mínimos y no se considera dentro del alcance del presente proyecto el cálculo del hundimiento profundo del muelle de la terminal.

3.ESTABILIDAD DE LA SUPERESTRUCTURA

3.1. TIRO DE BOLARDO HORIZONTAL

Los bolardos máximos que está previsto disponer sobre la superestructura poseen un tiro nominal de **200 t** y están separados 33,75 m entre sí. Por tanto el esfuerzo que por metro lineal transmiten, supuesto horizontal, será :

$$\frac{200}{33,75} = 5,92 \text{ t/m}$$

$$H = 5,92 \text{ t}$$

$$M_V = 5,92 \times (1,35 + 0,5) = 10,95 \text{ t} \cdot \text{m}$$

El peso propio de la viga cantil resulta ser :

V(t)	Brazo (m)	M (t·m)
16,87	1,57	25,47

El empuje del relleno del trasdós de la viga cantil :

$\varphi = 30^{\circ}$

$\delta = \frac{2}{3} \times \varphi = 20^{\circ}$

$K_a = 0,2973$

$K_{ah} = 0,2973 \times \cos 20^{\circ} = 0,2794$

$K_{av} = 0,2973 \times \sin 20^{\circ} = 0,1017$

En resumen, y considerando una sobrecarga de **3 t/m²** las fuerzas actuantes resultan ser las siguientes :

	V(t)	Me (t·m)	H (t)	Mv (t·m)
Peso propio	16,87	22,47	0	0
Empuje de relleno	0,26	1,35	0,72	0,41
Empuje sobrecarga	0,3	1,05	0,84	0,57
Tiro de bolardo	0	0	5,92	10,952
	17,43	29,87	7,48	11,932

- Coeficiente de seguridad al deslizamiento :

$\frac{0,7 \times 17,43}{7,48} = \mathbf{1,63}$

- Coeficiente de seguridad al vuelco :

$\frac{29,87}{11,93} = \mathbf{2,5}$

Por tanto, al resultar coeficientes superiores a **1,40**, la superestructura se considera estable, aún sin tener en cuenta la contribución de las armaduras de conexión con la parte superior del cajón.

3.2. TIRO DE BOLARDO INCLINADO

Los bolardos máximos que está previsto disponer sobre la superestructura poseen un tiro nominal de 200 t y están separados 33,75 m entre sí. Por tanto el esfuerzo que por metro lineal transmiten, supuesta una inclinación de 30º, será:

$\frac{200}{33,75} = 5,92 \text{ t/m}$

$H = 5,92 \times \cos 30^{\circ} = 5,13 \text{ t}$

$M_v = 5,13 \times (1,35 + 0,5) = 9,49 \text{ t} \cdot \text{m}$

$V = -5,92 \times \sin 30^{\circ} = -2,96 \text{ t}$

$M_e = -2,96 \times (0,15) = -0,44 \text{ t} \cdot \text{m}$

El peso propio de la viga cantil resulta ser :

V(t)	Brazo (m)	M (t·m)
16,87	1,57	25,47

El empuje del relleno del trasdós de la viga cantil :

$\varphi = 30^{\circ}$

$\delta = \frac{2}{3} \times \varphi = 20^\circ$

$K_a = 0,2973$

$K_{ah} = 0,2973 \times \cos 20^\circ = 0,2794$

$K_{av} = 0,2973 \times \sin 20^\circ = 0,1017$

En resumen, y considerando una sobrecarga de **3 t/m²** las fuerzas actuantes resultan ser las siguientes :

	V(t)	Me (t·m)	H (t)	Mv (t·m)
Peso propio	16,87	22,47	0	0
Empuje de relleno	0,26	1,35	0,72	0,41
Empuje sobrecarga	0,3	1,05	0,84	0,57
Tiro de bolardo	-2,96	-0,44	5,13	9,49
	14,47	24,43	6,69	10,47

-Coeficiente de seguridad al deslizamiento :

$\frac{0,7 \times 14,47}{6,69} = \mathbf{1,51}$

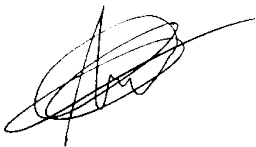
- Coeficiente de seguridad al vuelco :

$\frac{24,43}{10,47} = \mathbf{2,33}$

Por tanto, al resultar coeficientes superiores a 1,40, la superestructura se considera estable, aún sin tener en cuenta la contribución de las armaduras de conexión con la parte superior del cajón.

Valencia, Junio 2.015

AUTOR DEL PROYECTO



Fdo. Roberto Arzo Martí

