

90	10	32	48	23529106	16263279	-62070231	-38089196	29099403	76992805	992.7	2234.00	2.98	1.53	0.04	7.74
90	10	32	50	22986002	14324589	-57295196	-38603105	27123744	72953956	992.7	2175.77	2.91	1.53	0.05	7.26
90	10	32	52	22378795	12467332	-52936552	-39132712	25210806	69399858	992.7	2122.24	2.85	1.53	0.06	6.85
90	10	32	54	21697692	10678774	-48910407	-39680567	23346484	66261476	992.7	2072.90	2.78	1.53	0.06	6.48
90	10	32	56	20930475	8947231	-45141782	-40249928	21517562	63481468	992.7	2027.30	2.73	1.53	0.06	6.16
90	10	32	58	20061844	7261770	-41561184	-40844909	19711200	61011646	992.7	1985.08	2.67	1.53	0.07	5.88
90	10	32	60	19072353	5611778	-38101136	-41470844	17914473	58810830	992.7	1945.91	2.62	1.53	0.07	5.63
90	10	32	62	17936903	3986545	-34692515	-42134609	16113707	56843435	992.7	1909.52	2.57	1.53	0.07	5.41
90	10	32	64	16622581	2374765	-31260235	-42845301	14293783	55077540	992.7	1875.66	2.52	1.53	0.07	5.21
90	10	32	66	15085391	763876	-27717634	-43615264	12437146	53484140	992.7	1844.12	2.47	1.53	0.08	5.02
90	10	32	68	13265172	860883	-23958402	-44461020	10522081	52034587	992.7	1814.71	2.43	1.53	0.09	4.85
90	10	32	70	11077550	2517873	-19844366	-45406136	8520666	50699828	992.7	1787.28	2.39	1.53	0.11	4.68
90	10	32	72	8400430	4231341	-15185530	-46484506	6394735	49446955	992.7	1761.67	2.34	1.53	0.13	4.51
90	10	32	74	5050415	6035375	-9705641	-47747047	4089326	48235199	992.7	1737.77	2.30	1.53	0.16	4.04
90	10	32	76	738984	7981136	-2978600	-49273732	1520389	47008356	992.7	1715.47	2.26	1.53	0.19	4.16

90	9	32	36	21425146	31286467	-71951796	-25218549	36698846	94529975	992.7	2785.21	4.46	1.38	0.55	17.58
90	9	32	38	21132880	28824718	-64584527	-25197628	34210085	86459459	992.7	2679.14	4.32	1.38	0.41	15.45
90	9	32	40	20813365	26564999	-58255195	-25163197	31926814	79564144	992.7	2583.88	4.20	1.38	0.40	13.68
90	9	32	42	20463588	24478036	-52763702	-25113585	29818888	73626922	992.7	2497.90	4.08	1.38	0.39	12.18
90	9	32	44	20080139	22540060	-47953397	-25046918	27861806	68478731	992.7	2419.94	3.98	1.38	0.38	10.92
90	9	32	46	19658937	20731450	-43699537	-24961046	26035476	63986069	992.7	2348.96	3.88	1.38	0.38	9.84
90	9	32	48	19195188	19035984	-39901257	-24853485	24323341	60042320	992.7	2284.09	3.79	1.37	0.37	8.91
90	9	32	50	18683099	17440095	-36475372	-24721304	22711684	56561145	992.7	2224.62	3.71	1.37	0.37	8.10
90	9	32	52	18115806	15932532	-33352126	-24561040	21189161	53472070	992.7	2169.93	3.63	1.37	0.37	7.40
90	9	32	54	17484816	14503784	-30471248	-24368536	19746420	50716766	992.7	2119.49	3.55	1.37	0.36	6.79
90	9	32	56	16779730	13145948	-27779343	-24138737	18375830	48246337	992.7	2072.88	3.48	1.37	0.36	6.25
90	9	32	58	15987557	11852466	-25227197	-23865388	17071297	46019180	992.7	2029.71	3.41	1.37	0.36	5.78
90	9	32	60	15091849	10617986	-22767429	-23540616	15828146	43999115	992.7	1989.64	3.35	1.37	0.36	5.36
90	9	32	62	14071492	9438303	-20351987	-23154529	14643211	42154117	992.7	1952.39	3.29	1.37	0.35	4.98
90	9	32	64	12898885	8310347	-17929193	-22694031	13514719	40454555	992.7	1917.72	3.23	1.37	0.35	4.64
90	9	32	66	11537244	7232266	-15439989	-22141926	12442715	38872060	992.7	1885.41	3.17	1.37	0.36	4.34
90	9	32	68	9936443	6203645	-12812598	-21474804	11429390	37377741	992.7	1855.27	3.12	1.37	0.36	4.06
90	9	32	70	8026311	5225892	-9954398	-20660019	10479859	35940017	992.7	1827.13	3.07	1.37	0.36	3.81
90	9	32	72	5705534	4302976	-6738811	-19650515	9603469	34521383	992.7	1800.85	3.01	1.37	0.34	3.58
90	9	32	74	2822185	3442755	-2982624	-18375861	8816174	33073111	992.7	1776.30	2.97	1.37	0.32	3.37
90	9	32	76	862413	2659499	-1595816	-16725548	8144978	31525742	992.7	1753.36	2.92	1.38	0.30	3.17
90	10	32	24	26967591	55140606	-229174931	-32694981	67338483	235503180	992.7	3740.43	4.57	1.63	0.70	30.17
90	10	32	26	26831497	49713470	-196675445	-33103900	62016075	204190008	992.7	3489.88	4.33	1.62	0.59	25.36
90	10	32	28	26674076	44975632	-170845595	-33518894	57378427	179324686	992.7	3292.59	4.13	1.60	0.57	21.64
90	10	32	30	26494283	40787495	-149963048	-33940359	53284021	159256116	992.7	3121.89	3.95	1.59	0.51	18.71
90	10	32	32	26290747	37044200	-132825532	-34368579	49626373	142830650	992.7	2972.80	3.80	1.58	0.05	16.38
90	10	32	34	26061809	33665474	-118572803	-34803850	46323835	129222838	992.7	2841.51	3.66	1.57	0.06	14.49
90	10	32	36	25805525	30588800	-106575771	-35246499	43312640	117829453	992.7	2725.04	3.53	1.56	0.05	12.94
90	10	32	38	25519568	27764636	-96365311	-35696930	40542175	108201147	992.7	2621.05	3.42	1.55	0.04	11.66
90	10	32	40	25201194	25153172	-87585227	-36155665	37971667	99998050	992.7	2527.69	3.32	1.54	0.04	10.60
90	10	32	42	24847174	22721989	-79960598	-36623344	35567750	92958787	992.7	2443.44	3.22	1.54	0.04	9.70
90	10	32	44	24453673	20444307	-73275725	-37100762	33302719	86879668	992.7	2367.05	3.14	1.53	0.04	8.94
90	10	32	46	24016138	18297736	-67358729	-37588954	31153262	81600348	992.7	2297.53	3.05	1.53	0.04	8.30

90	7.5	32	24	13995443	32461644	-82195916	-13810756	32197432	87905931	992.7	3837.86	6.66	1.30	1.03	37.19
90	7.5	32	26	13897184	29478108	-70188120	-13697373	29199320	75383723	992.7	3600.17	6.33	1.29	0.89	30.41
90	7.5	32	28	13789042	26884055	-60653437	-13573321	26593284	65434852	992.7	3396.75	6.04	1.29	0.75	25.20
90	7.5	32	30	13670292	24601049	-52951961	-13437953	24300756	57395746	992.7	3220.73	5.79	1.28	0.63	21.13
90	7.5	32	32	13540020	22570196	-46637143	-13290308	22262553	50802722	992.7	3066.99	5.57	1.28	0.54	17.90
90	7.5	32	34	13397239	20746581	-41389819	-13129351	20433558	45324477	992.7	2931.58	5.38	1.28	0.17	15.29
90	7.5	32	36	13240761	19095222	-36976661	-12953790	18778583	40718258	992.7	2811.45	5.20	1.27	0.16	13.17
90	7.5	32	38	13069231	17588541	-33223739	-12762235	17270019	36803693	992.7	2704.19	5.04	1.27	0.16	11.42
90	7.5	32	40	12881073	16204487	-29999151	-12553012	15885735	33443628	992.7	2607.88	4.90	1.27	0.16	9.97
90	7.5	32	42	12674481	14925260	-27201182	-12324205	14607905	30532482	992.7	2520.95	4.76	1.27	0.17	8.74
90	7.5	32	44	12447309	13736288	-24750084	-12073580	13422002	27987610	992.7	2442.14	4.64	1.27	0.17	7.71
90	7.5	32	46	12197093	12625622	-22582435	-11798504	12316088	25743317	992.7	2370.40	4.53	1.27	0.17	6.82
90	7.5	32	48	11920868	11583309	-20646852	-11495837	11280276	23746527	992.7	2304.85	4.42	1.27	0.17	6.05
90	7.5	32	50	11615118	10601054	-18901052	-11161869	10306395	21953845	992.7	2244.75	4.32	1.27	0.17	5.38
90	7.5	32	52	11275576	9671886	-17309434	-10792064	9387596	20328828	992.7	2189.50	4.23	1.27	0.18	4.80
90	7.5	32	54	10897060	8789948	-15841342	-10380947	8518230	18840517	992.7	2138.56	4.14	1.27	0.18	4.28
90	7.5	32	56	10473182	7950315	-14469544	-9921725	7693600	17461642	992.7	2091.49	4.06	1.27	0.19	3.81
90	7.5	32	58	9995950	7148851	-13168938	-9405925	6909886	16167496	992.7	2047.89	3.98	1.27	0.19	3.39
90	7.5	32	60	9455280	6382139	-11915353	-8822831	6164074	14934741	992.7	2007.45	3.91	1.27	0.20	3.01
90	7.5	32	62	8838190	5647404	-10684234	-8158641	5453904	13740207	992.7	1969.86	3.84	1.27	0.51	2.66
90	7.5	32	64	8127729	4942510	-9449174	-7395372	4777948	12559581	992.7	1934.88	3.77	1.27	0.54	2.32
90	7.5	32	66	7301301	4265978	-8179962	-6509021	4135664	11365665	992.7	1902.29	3.70	1.27	0.57	2.01
90	7.5	32	68	6328119	3617086	-6839864	-5466808	3527576	10125992	992.7	1871.90	3.64	1.27	0.60	1.69
90	7.5	32	70	5165080	2996042	-5381451	-4222969	2955702	8799431	992.7	1843.54	3.58	1.28	0.63	1.11
90	7.5	32	72	3749956	2404332	-3739881	-2711326	2424108	7330327	992.7	1817.06	3.52	1.28	0.65	1.05
90	7.5	32	74	1989430	1845361	-1821272	-832664	1940078	5638799	992.7	1792.34	3.46	1.28	0.68	1.01
90	7.5	32	76	263091	1325658	-518725	-1568905	1516241	3602655	992.7	1769.26	3.40	1.29	0.70	1.55
90	9	32	24	22727303	53174917	-160786202	-25131346	58919132	192478501	992.7	3769.94	5.71	1.40	1.03	46.50
90	9	32	26	22555747	48283866	-137186703	-25166149	53938872	166471639	992.7	3564.99	5.43	1.39	1.10	38.38
90	9	32	28	22367741	44033191	-118451953	-25193958	49617626	145802260	992.7	3363.89	5.18	1.39	0.83	32.12
90	9	32	30	22162211	40294070	-103322784	-25213938	45821725	129101510	992.7	3189.89	4.97	1.38	0.70	27.21
90	9	32	32	21937760	36969797	-90920393	-25225532	42451658	115415089	992.7	3037.88	4.78	1.38	0.60	23.31
90	9	32	34	21692704	33986399	-80616388	-25227418	39430437	104057733	992.7	2903.99	4.61	1.38	0.52	20.15

90	5	32	66	22205042	9830891	-17058455	-22308671	9876263	16929935	992.7	1930.43	5.29	2.34	5.93	56.81
90	5	32	68	20527155	8235640	-15310182	-20647148	8280703	15184020	992.7	1899.63	5.20	2.24	5.51	50.24
90	5	32	70	18137379	6540738	-13171578	-18277969	6585095	13048476	992.7	1870.90	5.11	2.11	4.69	42.63
90	5	32	72	14688562	4708482	-10415815	-14855931	4751588	10297213	992.7	1844.09	5.02	1.92	3.57	33.32
90	5	32	74	9607736	2686780	-6672664	-9810931	2727718	6561001	992.7	1819.08	4.94	1.65	2.00	21.20
90	5	32	76	1900906	400794	-1303590	-2154397	438150	1203589	992.7	1795.75	4.86	1.23	1.28	4.45
90	6	32	24	18572832	42045394	-92778062	-18087105	41008571	92160361	992.7	3885.15	7.43	1.30	3.54	126.86
90	6	32	26	18378734	37992730	-79010975	-17858379	36972958	78423173	992.7	3620.67	7.05	1.26	3.01	103.65
90	6	32	28	18175690	34479142	-68107491	-17619472	33474383	67544368	992.7	3415.76	6.73	1.23	2.51	85.85
90	6	32	30	17962583	31395877	-59322618	-17369193	30404679	58779806	992.7	3238.49	6.44	1.21	2.04	71.96
90	6	32	32	17738031	28661176	-52137189	-17106144	27682655	51611005	992.7	3083.68	6.19	1.19	1.78	60.94
90	6	32	34	17500597	26212690	-46180682	-16828629	25246050	45667680	992.7	2927.36	5.97	1.18	1.54	52.08
90	6	32	36	17248556	24001786	-41182630	-16534917	23046693	40679957	992.7	2836.45	5.77	1.17	1.10	44.86
90	6	32	38	16980060	21990202	-36941929	-16222979	21046490	36446878	992.7	2718.52	5.59	1.16	1.09	38.91
90	6	32	40	16693004	20147338	-33306328	-15890559	19215041	32816435	992.7	2621.63	5.42	1.15	1.09	33.95
90	6	32	42	16384987	18448436	-30158607	-15535107	17527803	29671702	992.7	2534.21	5.27	1.15	1.10	29.78
90	6	32	44	16053342	16873365	-27407241	-15153659	15964705	26921096	992.7	2454.98	5.13	1.14	1.11	26.23
90	6	32	46	15694943	15405491	-24979566	-14742812	14509244	24491988	992.7	2382.87	5.00	1.14	1.12	23.19
90	6	32	48	15306150	14031004	-22816964	-14298581	13147717	22325756	992.7	2317.00	4.88	1.14	1.13	20.56
90	6	32	50	14882710	12738380	-20871404	-13816259	11868677	20374262	992.7	2256.65	4.77	1.14	1.13	18.26
90	6	32	52	14419518	11517896	-19102703	-13290254	10662525	18597300	992.7	2201.18	4.67	1.14	1.14	16.23
90	6	32	54	13910410	10361316	-17476473	-12713733	9521106	16960191	992.7	2150.06	4.57	1.14	1.14	14.42
90	6	32	56	13347905	9261682	-15962517	-12078393	8437554	15432515	992.7	2102.85	4.47	1.13	1.14	12.79
90	6	32	58	12722702	8213043	-14533320	-11373909	7406029	13986402	992.7	2059.15	4.38	1.14	1.13	11.31
90	6	32	60	12023078	7210307	-13162739	-10587248	6421567	12595201	992.7	2018.63	4.30	1.14	1.11	9.93
90	6	32	62	11234112	6249170	-11824709	-9701785	5480011	11232217	992.7	1980.99	4.22	1.14	1.09	8.64
90	6	32	64	10336338	5325964	-10491647	-8695884	4577915	9869088	992.7	1945.99	4.14	1.14	1.07	7.21
90	6	32	66	9303938	4437639	-9132550	-7540683	3712442	8473580	992.7	1913.41	4.07	1.14	1.03	6.04
90	6	32	68	8101808	3581714	-7710275	-6197057	2881469	7007023	992.7	1883.05	3.99	1.15	1.12	4.99
90	6	32	70	6680939	2756288	-6177471	-4610306	2083568	5419851	992.7	1854.75	3.92	1.15	1.07	3.75
90	6	32	72	4970709	1960117	-4470026	-2701516	1318151	3644689	992.7	1838.35	3.86	1.16	0.97	2.36
90	6	32	74	2865373	1192760	-2495770	-352575	585795	1584543	992.7	1803.73	3.79	1.17	1.01	0.96
90	6	32	76	198996	454926	-113679	-2621934	111209	909247	992.7	1780.78	3.73	1.19	1.03	0.70

90	3.75	32	54	50365568	36639917	-36970215	-50458802	36725051	37206834	992.7	2186.22	7.70	1.28	14.65	101.52
90	3.75	32	56	47146654	31848281	-32955023	-47247440	31933233	33195083	992.7	2138.00	7.54	1.14	14.33	89.00
90	3.75	32	58	43865139	27457996	-29300938	-43973482	27542428	29545252	992.7	2093.36	7.40	1.01	13.94	77.61
90	3.75	32	60	40490442	23426028	-25934401	-40606729	23509848	26184066	992.7	2051.97	7.26	1.11	13.43	67.44
90	3.75	32	62	36987162	19716446	-22790041	-37111792	19799542	23046261	992.7	2013.53	7.13	1.07	12.83	58.26
90	3.75	32	64	33311925	16298856	-19806957	-33445276	16381084	20071163	992.7	1977.78	7.00	1.04	12.09	49.84
90	3.75	32	66	29409622	13147494	-16925241	-29552274	13228792	17199205	992.7	1944.50	6.88	1.01	11.22	41.99
90	3.75	32	68	25207340	10240367	-14081743	-25360180	10320777	14367724	992.7	1913.49	6.76	1.00	10.20	34.53
90	3.75	32	70	20605130	7558694	-11204620	-20769122	7638247	11505425	992.7	1884.58	6.64	0.99	9.02	27.25
90	3.75	32	72	15460268	5086327	-8204976	-15636964	5165229	8524390	992.7	1857.61	6.53	1.00	7.65	19.95
90	3.75	32	74	9560233	2809419	-4963229	-9751788	2888011	5306406	992.7	1832.46	6.42	1.03	5.97	12.36
90	3.75	32	76	2572226	716098	-1304360	-2781846	794959	1678639	992.7	1809.00	6.32	1.07	3.90	4.09
90	5	32	24	22332756	50143419	-86521382	-22339174	50171669	86213754	992.7	3901.06	9.52	4.70	14.74	505.52
90	5	32	26	22718258	46556793	-75765731	-22725763	46585893	75485960	992.7	3658.81	9.04	4.38	12.92	424.74
90	5	32	28	23086932	43393366	-67129265	-23095637	43423261	66872196	992.7	3451.50	8.63	4.12	11.01	361.76
90	5	32	30	23437717	40565200	-60079803	-23447930	40596175	59841845	992.7	3272.15	8.28	3.89	9.41	311.82
90	5	32	32	23769612	38006658	-54243783	-23781225	38038258	54021178	992.7	3115.50	7.96	3.70	8.13	271.60
90	5	32	34	24081564	35667678	-49352194	-24094996	35700301	49143115	992.7	2977.55	7.68	3.53	7.32	238.79
90	5	32	36	24372413	33509375	-45207185	-24387811	33542944	45009446	992.7	2855.18	7.43	3.39	6.81	211.71
90	5	32	38	24640775	31500979	-41660140	-24658478	31535652	41472381	992.7	2745.94	7.20	3.26	6.34	189.12
90	5	32	40	24884902	29617683	-38597308	-24905171	29653463	38418232	992.7	2647.87	7.00	3.15	5.99	170.09
90	5	32	42	25102438	27839008	-35930071	-25125420	27875733	35758237	992.7	2559.37	6.81	3.06	5.68	153.92
90	5	32	44	25290370	26147866	-33588116	-25316577	26185746	33422972	992.7	2479.15	6.63	2.97	5.78	140.06
90	5	32	46	25444694	24529614	-31514642	-25474441	24568581	31355290	992.7	2406.14	6.47	2.90	5.94	128.08
90	5	32	48	25560076	22971405	-29662642	-25593593	23011271	29508125	992.7	2339.44	6.32	2.83	6.11	117.63
90	5	32	50	25629342	21461614	-27992168	-25667206	21502462	27842046	992.7	2278.31	6.18	2.77	6.26	108.44
90	5	32	52	25643030	19989566	-26468236	-25685870	20031429	26322138	992.7	2222.12	6.05	2.72	6.38	100.28
90	5	32	54	25588300	18544952	-25058784	-25636628	18587681	24916086	992.7	2170.34	5.92	2.67	6.49	92.95
90	5	32	56	25447852	17117595	-23732925	-25502301	17161052	23593127	992.7	2122.49	5.80	2.62	6.52	86.27
90	5	32	58	25197890	15696913	-22458838	-25259348	15741022	22321627	992.7	2078.21	5.69	2.57	6.55	80.08
90	5	32	60	24805635	14271640	-21201677	-24875116	14316259	21066748	992.7	2037.13	5.58	2.52	6.53	74.22
90	5	32	62	24224936	12829122	-19920164	-24303900	12874184	19787400	992.7	1998.97	5.48	2.47	6.49	68.53
90	5	32	64	23390023	11354746	-18562318	-23480187	11400072	18431633	992.7	1963.48	5.38	2.41	6.30	62.80

90	3	32	42	133016748	147782149	-114194173	-133142813	147955387	114470220	992.7	2590.11	10.89	3.52	25.37	291.71
90	3	32	44	125711278	130227568	-100134666	-125849489	130401314	100410063	992.7	2508.76	10.61	3.01	25.77	248.59
90	3	32	46	118743724	114717496	-88204225	-118895522	114892508	88480124	992.7	2434.73	10.35	2.68	26.02	213.49
90	3	32	48	112035133	100923704	-77973681	-112199912	101098640	78250421	992.7	2367.11	10.11	2.38	26.14	184.04
90	3	32	50	105517203	88585498	-69111471	-105696238	88760742	69390196	992.7	2305.16	9.88	2.13	26.10	159.26
90	3	32	52	99130262	77494705	-61357859	-99323553	77669458	61639138	992.7	2248.22	9.67	1.79	25.92	138.20
90	3	32	54	92818457	67482150	-54505486	-93026609	67656086	54790205	992.7	2195.76	9.47	1.59	25.56	120.13
90	3	32	56	86527976	58409696	-48386256	-86751466	58582345	48675332	992.7	2147.30	9.28	1.52	25.03	104.46
90	3	32	58	80205400	50164286	-42861570	-80444319	50334899	43155858	992.7	2102.46	9.10	1.35	24.33	90.74
90	3	32	60	73792622	42651439	-37813603	-74047913	42819784	38114425	992.7	2060.88	8.93	1.20	23.45	78.60
90	3	32	62	67225592	35792922	-33139815	-67497758	35958439	33448395	992.7	2022.27	8.77	1.05	22.38	67.70
90	3	32	64	60427377	29522406	-28746563	-60717885	29684978	29064750	992.7	1986.36	8.61	1.04	21.11	57.80
90	3	32	66	53303269	23784148	-24544236	-53613180	23943337	24873976	992.7	1952.94	8.46	0.98	19.59	48.65
90	3	32	68	45729472	18530435	-20440807	-46060726	18686082	20784749	992.7	1921.81	8.32	0.94	17.84	40.02
90	3	32	70	37538206	13720505	-16334350	-37893250	13872478	16695812	992.7	1892.78	8.18	0.91	15.80	31.70
90	3	32	72	28491521	9319222	-12101648	-28873698	9467487	12485033	992.7	1865.72	8.04	0.90	13.44	23.44
90	3	32	74	18236539	5296229	-7579937	-18650744	5440955	7991307	992.7	1840.48	7.91	0.91	10.58	14.94
90	3	32	76	6222067	1625197	-2534027	-6675572	1766807	2982035	992.7	1816.95	7.78	0.95	7.13	5.80
90	3.75	32	24	113947153	256082695	-331075042	-113956302	256170314	331371675	992.7	3932.67	12.37	10.58	43.14	1448.59
90	3.75	32	26	106728641	218949993	-266945112	-106741083	219033595	267225500	992.7	3688.13	11.76	8.71	35.03	1120.30
90	3.75	32	28	100422591	188970626	-218986342	-100439261	189052752	219254760	992.7	3478.88	11.23	7.25	27.49	883.16
90	3.75	32	30	94832663	164343344	-182307250	-94853968	164424992	182566568	992.7	3297.86	10.76	6.09	21.85	707.63
90	3.75	32	32	89808586	143801260	-153697915	-89834160	143881927	153949038	992.7	3139.75	10.35	5.16	17.57	575.45
90	3.75	32	34	85232875	126432332	-130990382	-85264026	126514066	131236039	992.7	3000.53	9.99	4.23	14.93	473.52
90	3.75	32	36	81015085	111571023	-112686109	-81051120	111652647	112926622	992.7	2877.05	9.66	3.76	14.72	394.23
90	3.75	32	38	77081010	98717920	-97722154	-77122579	98800176	97959045	992.7	2766.82	9.36	3.23	14.74	331.23
90	3.75	32	40	73371799	87496339	-85331980	-73419098	87579240	85566148	992.7	2667.87	9.10	2.79	14.83	280.61
90	3.75	32	42	69838438	77616032	-74951220	-69891496	77699361	75183413	992.7	2578.58	8.85	2.52	14.94	239.46
90	3.75	32	44	66439844	68851080	-66157743	-66499298	68935251	66388977	992.7	2497.65	8.62	2.24	15.01	205.62
90	3.75	32	46	63141069	61023781	-58630937	-63206966	61108513	58861833	992.7	2424.00	8.41	1.83	15.06	177.49
90	3.75	32	48	59911101	53992348	-52123302	-59983537	54077413	52354557	992.7	2356.73	8.21	1.68	15.06	153.56
90	3.75	32	50	56722403	47643260	-46441491	-56801708	47728626	46673855	992.7	2295.09	8.03	1.59	15.01	133.52
90	3.75	32	52	53548958	41884234	-41431780	-53634999	41969465	41665836	992.7	2238.43	7.86	1.43	14.87	116.73

90	2.5	32	30	277412227	480263265	-355598232	-276790276	479406523	355062708	992.7	3323.56	15.73	22.45	31.03	920.25
90	2.5	32	32	260310826	416341806	-297083762	-259465871	415202217	296369274	992.7	3164.01	15.13	21.23	32.97	741.61
90	2.5	32	34	245262919	363364581	-251392292	-244137722	361902514	250480545	992.7	3023.52	14.60	20.27	36.70	606.37
90	2.5	32	36	231847470	318850589	-215104763	-230386064	317039815	213983159	992.7	2898.92	14.12	19.51	41.64	502.16
90	2.5	32	38	219738745	280987156	-185846781	-217880394	278804698	184503338	992.7	2787.70	13.69	18.88	47.49	420.58
90	2.5	32	40	208685395	248431813	-161935448	-206368090	245862436	160360381	992.7	2687.86	13.29	18.37	54.14	355.80
90	2.5	32	42	198487679	220170045	-142152120	-195643526	217200320	140335174	992.7	2597.79	12.93	17.94	61.53	303.70
90	2.5	32	44	188977873	195417166	-125595229	-185547742	192051428	123532406	992.7	2516.16	12.60	17.58	69.62	261.29
90	2.5	32	46	180019922	173566404	-111590110	-175942882	169813182	109277798	992.7	2441.87	12.29	17.27	78.38	226.38
90	2.5	32	48	171495402	154137190	-99621502	-166716088	150015829	97059236	992.7	2374.03	12.01	17.00	87.71	197.35
90	2.5	32	50	163298222	136744789	-89289760	-157770602	132286860	86481004	992.7	2311.87	11.74	16.77	97.48	172.96
90	2.5	32	52	155331631	121079323	-80280696	-149016728	116324501	77231370	992.7	2254.74	11.49	16.56	107.51	152.27
90	2.5	32	54	147502703	106887910	-72342915	-140373868	101886312	69062648	992.7	2202.11	11.25	16.37	117.55	134.53
90	2.5	32	56	139720707	93964008	-65272323	-131763877	88773984	61773934	992.7	2153.50	11.02	16.21	127.31	119.18
90	2.5	32	58	131893250	82137829	-58899913	-123108636	76824868	55199428	992.7	2108.52	10.81	16.05	136.48	105.73
90	2.5	32	60	123920428	71268160	-53081814	-114325405	65904315	49198820	992.7	2066.81	10.61	15.91	144.70	93.82
90	2.5	32	62	115693117	61239008	-47692648	-105319138	55898703	43649344	992.7	2028.09	10.41	15.77	151.57	83.12
90	2.5	32	64	107084846	51954248	-42618338	-95979546	46713492	38439453	992.7	1992.08	10.23	15.63	156.72	73.37
90	2.5	32	66	97943401	43334718	-37749886	-86171086	38269281	33462949	992.7	1958.57	10.05	15.50	159.76	64.34
90	2.5	32	68	88077089	35315517	-32976173	-75717281	30498320	28610987	992.7	1927.35	9.88	15.36	160.34	55.78
90	2.5	32	70	77233738	27844067	-28175079	-64380274	23343162	23763637	992.7	1898.25	9.71	15.21	158.13	47.49
90	2.5	32	72	65063955	20877936	-23200009	-51823077	16754375	18776192	992.7	1871.12	9.55	15.05	152.83	39.21
90	2.5	32	74	51058433	14383414	-17858432	-37548394	10689941	13458464	992.7	1845.83	9.39	14.86	144.18	30.64
90	2.5	32	76	34430885	8334166	-11873287	-20780444	5113711	7536205	992.7	1822.25	9.24	14.64	131.82	21.39
90	3	32	24	241619376	542871005	-561498358	-241651584	543041412	561825498	992.7	3951.62	15.23	15.91	59.79	1964.62
90	3	32	26	221900367	455107468	-443917392	-221942121	455276764	444234033	992.7	3705.73	14.47	12.90	47.80	1489.59
90	3	32	28	205346548	386317135	-358165495	-205394442	386479491	358468317	992.7	3495.31	13.82	10.62	36.72	1155.05
90	3	32	30	191169150	331211584	-293956050	-191229136	331378576	294254368	992.7	3313.28	13.25	8.85	28.69	912.60
90	3	32	32	178811286	286240768	-244776894	-178880166	286406594	245067690	992.7	3154.31	12.74	7.46	23.63	732.63
90	3	32	34	167861913	248938195	-206355173	-167941297	249105294	206641006	992.7	3014.32	12.29	6.34	23.54	596.52
90	3	32	36	158016081	217555596	-175809659	-158106374	217724132	176091570	992.7	2890.17	11.89	5.06	23.86	491.61
90	3	32	38	149040049	190822044	-151144161	-149141942	190992403	151423380	992.7	2779.35	11.53	4.68	24.35	409.62
90	3	32	40	140755389	167800993	-130946893	-140869069	167972776	131224039	992.7	2679.86	11.19	4.05	24.90	344.31

Caract. geométricas				Reacciones en los extremos						m ³ de materiales por zona			Tensiones máximas		
L	T	H	A	R1x	R1y	M1	R2x	R2y	M2	Tab.	Tor.	Tir.	T. Tab.	T. Tor.	T. Tir.
[m]	[m]	[m]	[°]	[kN]	[kN]	[kN·m]	[kN]	[kN]	[kN·m]	[m3]	[m3]	[m3]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
90	2.25	32	24	433269194	973275863	-755051527	-433299729	973497296	755329528	992.7	3970.59	19.99	19.16	62.36	1980.10
90	2.25	32	26	398524013	817194481	-597875986	-398548382	817379556	598118853	992.7	3723.32	18.99	15.89	50.29	1503.77
90	2.25	32	28	369306509	694638463	-483065206	-369321146	694786369	483274865	992.7	3511.73	18.13	13.42	38.46	1167.34
90	2.25	32	30	344259968	596332897	-396992072	-344250390	596424139	397161306	992.7	3328.70	17.38	11.51	31.93	923.55
90	2.25	32	32	322411731	516012657	-330998601	-322377051	516054066	331132701	992.7	3168.86	16.72	10.01	32.35	742.24
90	2.25	32	34	303049215	449327822	-279399685	-302978249	449309817	279496047	992.7	3028.12	16.13	8.81	34.09	605.00
90	2.25	32	36	285646291	393192965	-238356956	-285528210	393108871	238413837	992.7	2903.29	15.61	7.83	36.32	499.13
90	2.25	32	38	269790961	345349032	-205202082	-269613358	345192086	205217821	992.7	2791.88	15.13	7.03	38.63	416.52
90	2.25	32	40	255167865	304128913	-178045817	-254924686	303901989	178022149	992.7	2691.86	14.69	6.37	40.69	350.57
90	2.25	32	42	241528653	268276986	-155521145	-241203210	267971395	155455121	992.7	2601.63	14.29	5.81	42.35	297.44
90	2.25	32	44	228668641	236827043	-136618223	-228251747	236444526	136510766	992.7	2519.86	13.93	5.34	43.88	254.13
90	2.25	32	46	216422127	209032397	-120581512	-215902172	208573127	120432409	992.7	2445.45	13.59	4.93	44.96	218.42
90	2.25	32	48	204649409	184305987	-106834824	-204019014	183775155	106645772	992.7	2377.49	13.27	4.58	45.69	188.68
90	2.25	32	50	193229645	162181104	-94932804	-192478759	161582008	94704574	992.7	2315.22	12.97	4.27	46.07	163.66
90	2.25	32	52	182054677	142282646	-84525649	-181177152	141622458	84260302	992.7	2258.01	12.69	4.00	46.12	142.40
90	2.25	32	54	171024895	124306914	-75334596	-170016865	123594630	75034828	992.7	2205.29	12.43	3.76	45.84	124.17
90	2.25	32	56	160044447	108005809	-67133709	-158906340	107253174	66803271	992.7	2156.60	12.18	3.54	45.22	108.38
90	2.25	32	58	149015838	93174572	-59736065	-147747812	92392454	59378564	992.7	2111.55	11.95	3.34	44.27	94.57
90	2.25	32	60	137836615	79644069	-52983792	-136442834	78845096	52603686	992.7	2069.78	11.72	3.15	42.98	82.36
90	2.25	32	62	126391240	67272637	-46738945	-124880073	66470676	46341777	992.7	2031.00	11.51	2.98	41.34	71.43
90	2.25	32	64	114544281	55941612	-40876488	-112927714	55150870	40468382	992.7	1994.94	11.30	2.81	39.32	61.50
90	2.25	32	66	102128557	45550895	-35276986	-100421891	44785320	34864913	992.7	1961.39	11.11	2.64	36.90	52.35
90	2.25	32	68	88927418	36015393	-29818515	-87149232	35288270	29410184	992.7	1930.12	10.92	2.47	34.02	43.74
90	2.25	32	70	74648698	27262805	-24366831	-72821769	26586728	23971197	992.7	1900.99	10.73	2.30	30.63	35.45
90	2.25	32	72	58879568	19231194	-18760565	-57031171	18617674	18388073	992.7	1873.83	10.55	2.11	26.62	27.23
90	2.25	32	74	41009547	11867456	-12787563	-39172035	11326573	12450734	992.7	1848.50	10.38	1.91	21.81	18.79
90	2.25	32	76	20086764	5125850	-6142339	-18298700	4665977	5856792	992.7	1824.90	10.21	1.68	15.92	9.72
90	2.5	32	24	347819539	781073353	-673654056	-347619930	780882211	673576360	992.7	3964.27	18.08	28.88	61.00	1963.83
90	2.5	32	26	320241533	656410281	-533972850	-319936693	656027394	533755086	992.7	3717.45	17.18	26.09	49.04	1493.20
90	2.5	32	28	297131770	558614015	-431994013	-296688212	558009965	431623845	992.7	3506.26	16.41	24.02	37.67	1161.04

- R1y: abreviatura definida para la reacción vertical transmitida a la cimentación en el apoyo izquierdo.
- M1: abreviatura definida para el momento torsor transmitido a la cimentación en el apoyo izquierdo.
- R2x: abreviatura definida para la reacción horizontal transmitida a la cimentación en el apoyo derecho.
- R2y: abreviatura definida para la reacción vertical transmitida a la cimentación en el apoyo derecho.
- M2: abreviatura definida para el momento torsor transmitido a la cimentación en el apoyo derecho.

5.1.3. m³ de materiales por zonas

- Tab.: abreviatura para la cantidad de material necesario para la realización del tablero.
- Tor.: abreviatura para la cantidad de material necesario para la realización de las dos torres.
- Tir.: abreviatura para la cantidad de material necesario para la realización de los tirantes.

5.1.4. Tensiones máximas

- T. Tab.: abreviatura utilizada para el valor máximo de tensión de Von Mises generado en la barra más solicitada del tablero.
- T. Tor.: abreviatura utilizada para el valor máximo de tensión de Von Mises generado en la barra más solicitada de las dos torres.
- T. Tir.: abreviatura utilizada para el valor máximo de tensión de Von Mises generado en los tirantes.

5.2. Datos obtenidos

CAPÍTULO 5:

LISTADOS DE DATOS

Dado que el volumen de datos generado por el programa ha sido muy elevado, se omitirán en este apartado los cálculos de esfuerzos para cada caso particular, incluyéndose únicamente el resumen final que contiene los rasgos más interesantes y útiles para evaluar de forma eficiente los resultados generados en este análisis.

5.1. Descripción de las abreviaturas utilizadas

Por razones de espacio, se ha debido contraer la nomenclatura original presente en el archivo de Excel generado por el "Optimizador de puentes". En este apartado se describen las abreviaturas utilizadas para una comprensión completa de los datos que más adelante se incluyen.

5.1.1. Características geométricas

- L: esta es la abreviatura para la luz entre apoyos.
- T: esta es la abreviatura para la distancia horizontal, medida sobre el tablero, entre los tirantes.
- H: esta es la abreviatura para la altura máxima de la torre.
- A: esta es la abreviatura para el ángulo entre las torres y el tablero.

5.1.2. Reacciones en los extremos

- R1x: abreviatura definida para la reacción horizontal transmitida a la cimentación en el apoyo izquierdo.

4.2.2. Esfuerzos en las barras

- Como regla general, los esfuerzos en el tablero y en los tirantes tienden a decrecer con el aumento del ángulo de las torres.
- La tendencia anteriormente descrita cambia para los valores de tensión en las torres, concretamente para el caso particular con distancia entre tirantes de 2.50 metros.
- El caso particular con distancia de 5.00 metros entre tirantes da unos valores de tensiones en las torres aproximadamente constantes para ángulos cercanos al punto medio del intervalo estudiado.

4.2.3. Cantidad de materiales

- La variación de la distancia entre tirantes no aporta cambios significativos en la cantidad de hormigón necesario para la realización de los elementos estructurales dónde éste esté presente.
- Sí se presentan variaciones apreciables en la cantidad de acero necesaria al variar la distancia entre tirantes, esto es debido a la mucha menor cantidad de acero necesaria con respecto al hormigón, lo que provoca que cambios menores en ambos valores, afecten más, en proporción, a la cantidad de acero.
- El ángulo influye directamente sobre la longitud de la torre y sobre la de los tirantes utilizados, haciendo variar en alto grado los resultados obtenidos.

4.1.2. Esfuerzos en las barras

- El parámetro que más influye en los resultados es la distancia entre tirantes, puesto que modifica en gran medida los esfuerzos que ellos mismos han de soportar y los que transmiten al resto de la propia estructura.
- No hay continuidad en la variación de los esfuerzos con el cambio de distancias entre tirantes. Esto puede ser debido a cambios en la barra más solicitada, o en parte, por lo comentado anteriormente.
- Los esfuerzos presentan mínimos en la zona media del rango estudiado, sobretodo en el tablero.

4.1.3. Cantidad de materiales

- La variable que provoca cambios más acusados en los resultados es el ángulo de las torres; ya que se puede comprobar fácilmente observando las gráficas, que la variación de la distancia entre tirantes no hace variar de un modo sustancial la cantidad de hormigón requerida.
- En cuanto al acero, puede comprobarse que en la zona media del intervalo de distancias entre tirantes estudiado la cantidad necesaria es prácticamente constante, con un ligero descenso al aumentar sustancialmente la separación.
- Ningún parámetro hace variar la cantidad de materiales necesaria para la realización del tablero. Esto es lógico, debido a que es un elemento invariable del proyecto debido a sus requisitos de diseño intrínsecos.

4.2. Relativas a las comparaciones entre geometrías

Mediante la observación de las gráficas del capítulo 3, se han podido definir las siguientes conclusiones para cada apartado:

4.2.1. Reacciones en los apoyos

- La evolución de la reacción horizontal con el ángulo de las torres es de difícil modelado, pero puede observarse una tendencia a decrecer, desde un valor inicial casi constante, conforme se alcanzan grandes inclinaciones en las torres.
- Tanto la reacción vertical como los momentos generados presentan una cierta tendencia a comportarse como una función de proporcionalidad inversa en relación con el ángulo de las torres.

CAPÍTULO 4:

CONCLUSIONES DEL

ANÁLISIS

Ahora se realizará un breve comentario sobre los resultados y tendencias observados en el análisis y graficado de los resultados obtenidos.

No se entrará en detalles sobre qué opción geométrica estudiada resulta mejor o peor para cumplir con el fin buscado, ya que este punto está debidamente documentado en la memoria del proyecto.

4.1. Relativas a la sensibilidad de cada variable

Tras la minuciosa observación de las gráficas contenidas en el capítulo 2, se han llegado a las siguientes conclusiones por apartados:

4.1.1. Reacciones en los apoyos

- La variación del parámetro que más afecta a las reacciones generadas en los apoyos es la distancia entre tirantes, que presenta mínimos en torno a sus valores medios, entre 5.00 y 7.50 metros.
- El ángulo posee un alto poder de variación de los resultados generados, aunque sin llegar al nivel de variación provocado por la distancia entre tirantes. Aunque realmente, la comparación "unidad a unidad" es imposible, siendo una unidad el metro y la otra el grado.

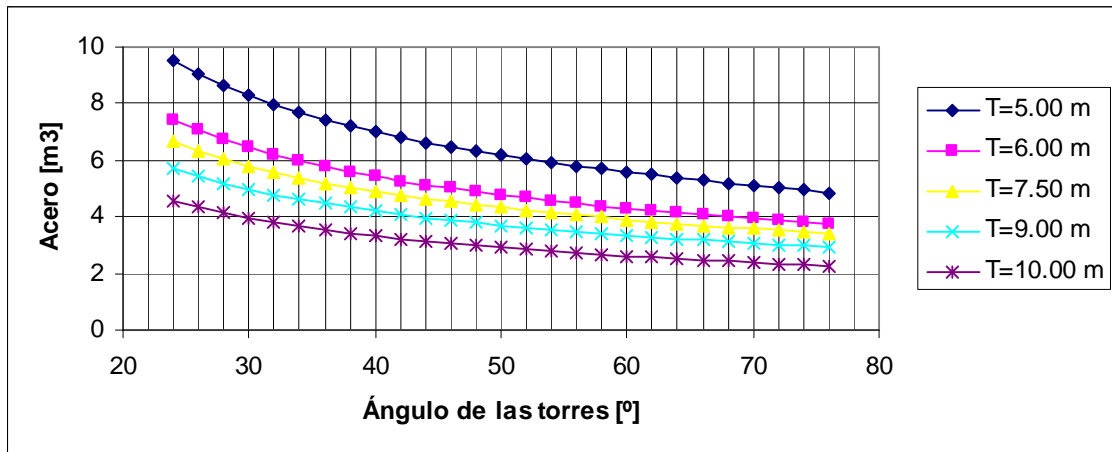


Fig. 32: Variación de la cantidad necesaria de acero según el ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 5.00, 6.00, 7.50, 9.00 y 10.00 metros.

3.4. Cantidad de materiales

3.4.1. Hormigón en torres

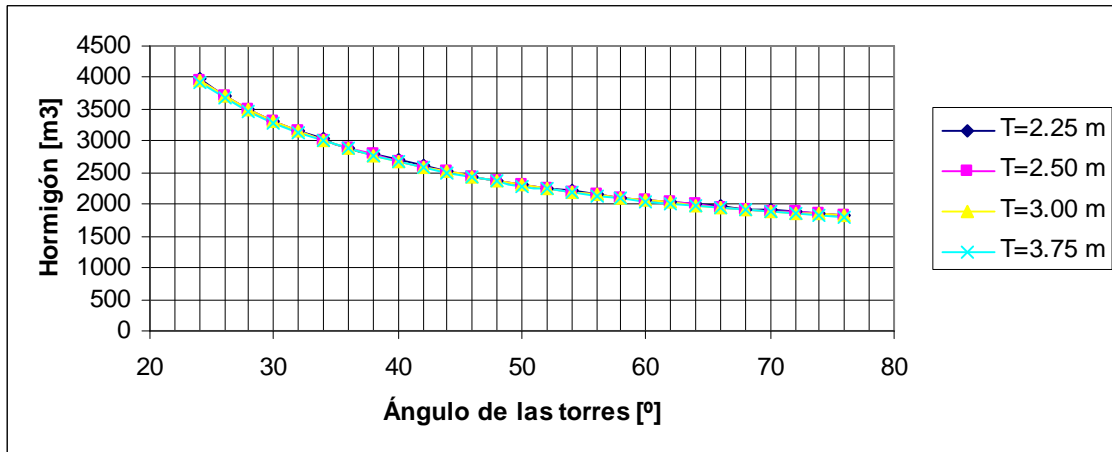


Fig. 29: Variación de la cantidad necesaria de hormigón según el ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 2.25, 2.50, 3.00 y 3.75 metros.

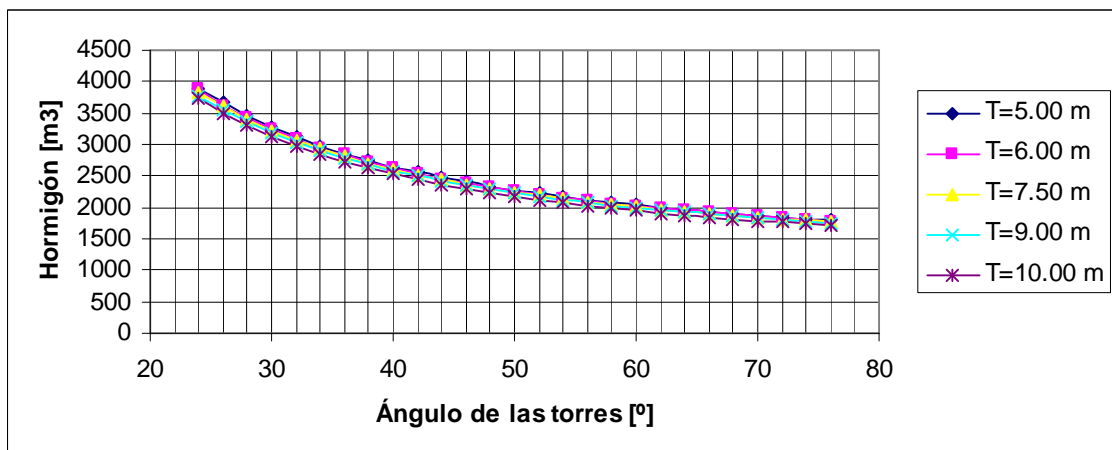


Fig. 30: Variación de la cantidad necesaria de hormigón según el ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 5.00, 6.00, 7.50, 9.00 y 10.00 metros.

3.4.2. Acero en tirantes

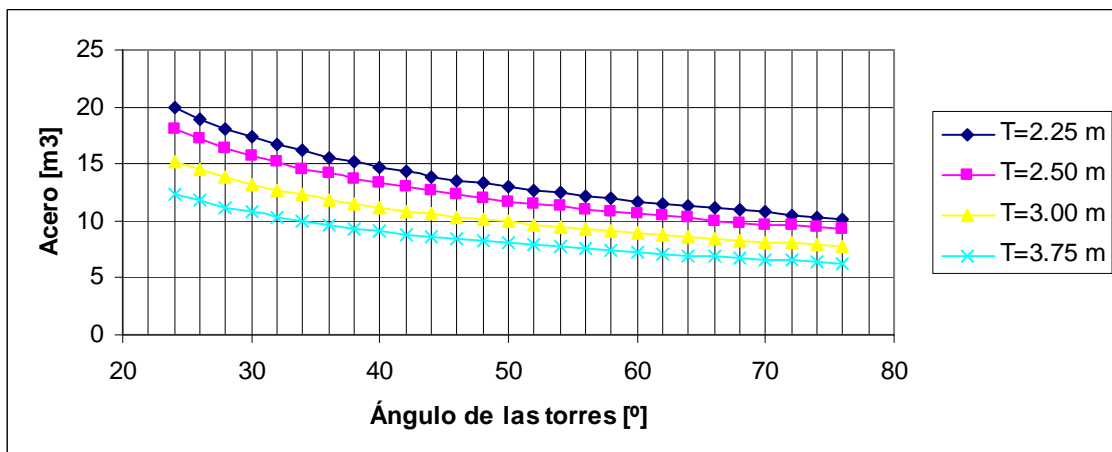


Fig. 31: Variación de la cantidad necesaria de acero según el ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 2.25, 2.50, 3.00 y 3.75 metros

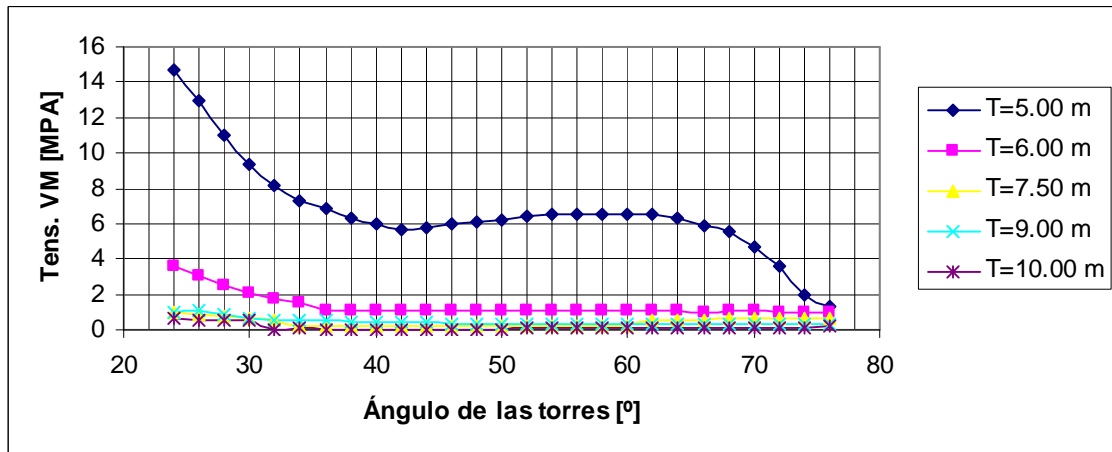


Fig. 26: Tensiones de Von Mises generadas en el elemento más solicitado del tablero en función del ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 5.00, 6.00, 7.50, 9.00 y 10.00 metros.

3.3.3. Esfuerzos en los tirantes

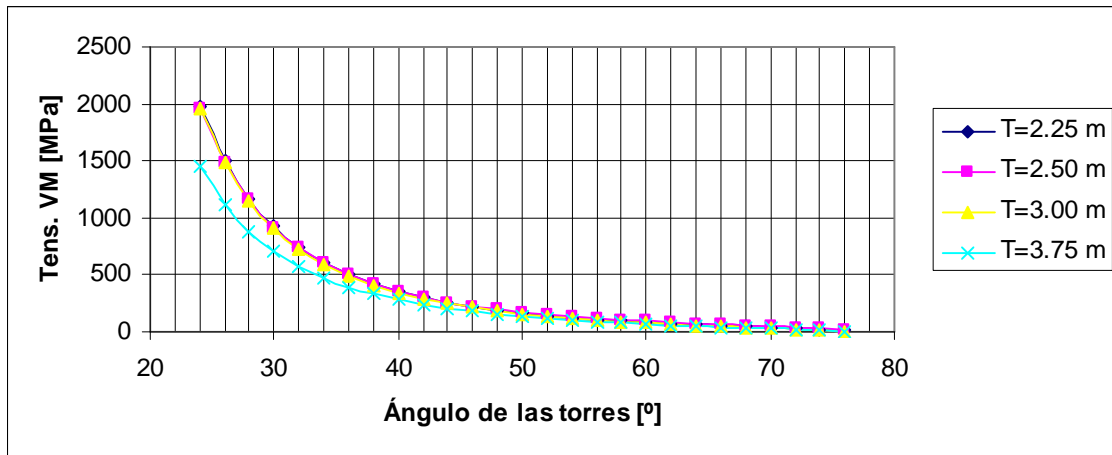


Fig. 27: Tensiones de Von Mises generadas en el tirante más solicitado en función del ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 2.25, 2.50, 3.00 y 3.75 metros.

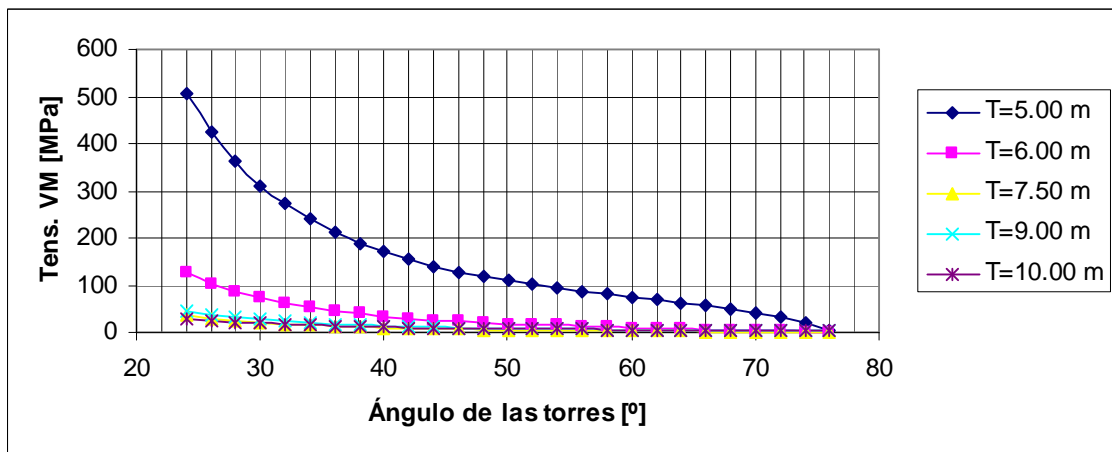


Fig. 28: Tensiones de Von Mises generadas en el tirante más solicitado en función del ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 5.00, 6.00, 7.50, 9.00 y 10.00 metros.

3.3. Esfuerzos en barras

3.3.1. Esfuerzos en el tablero

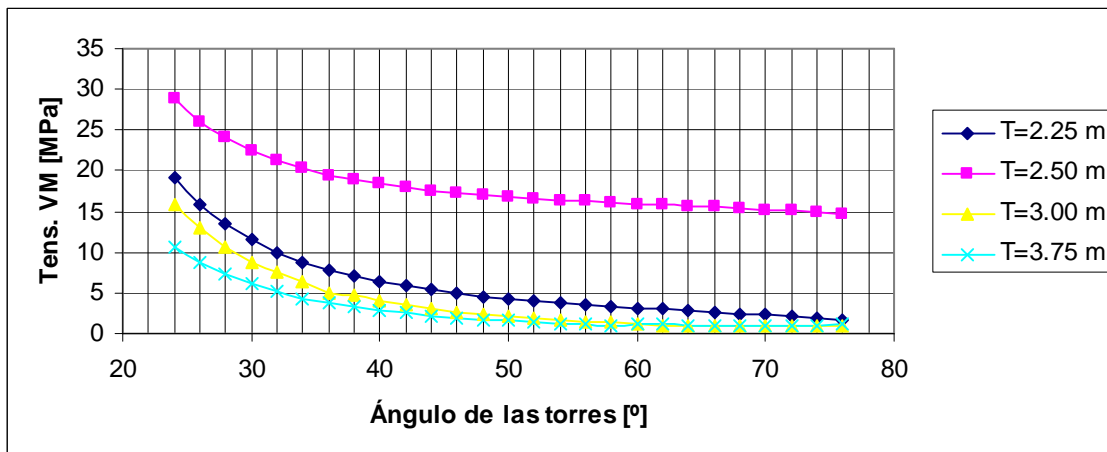


Fig. 23: Tensiones de Von Mises generadas en el elemento más solicitado del tablero en función del ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 2.25, 2.50, 3.00 y 3.75 metros.

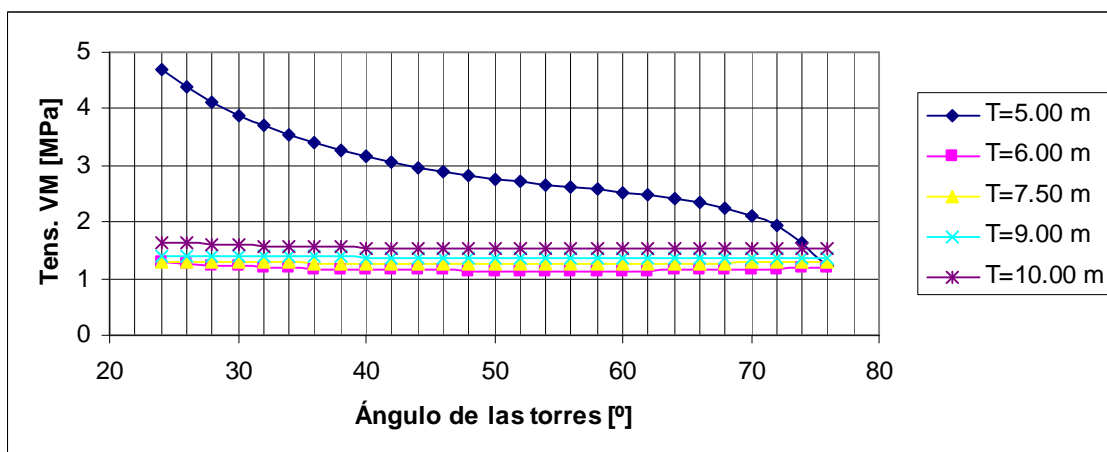


Fig. 24: Tensiones de Von Mises generadas en el elemento más solicitado del tablero en función del ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 5.00, 6.00, 7.50, 9.00 y 10.00 metros.

3.3.2. Esfuerzos en las torres

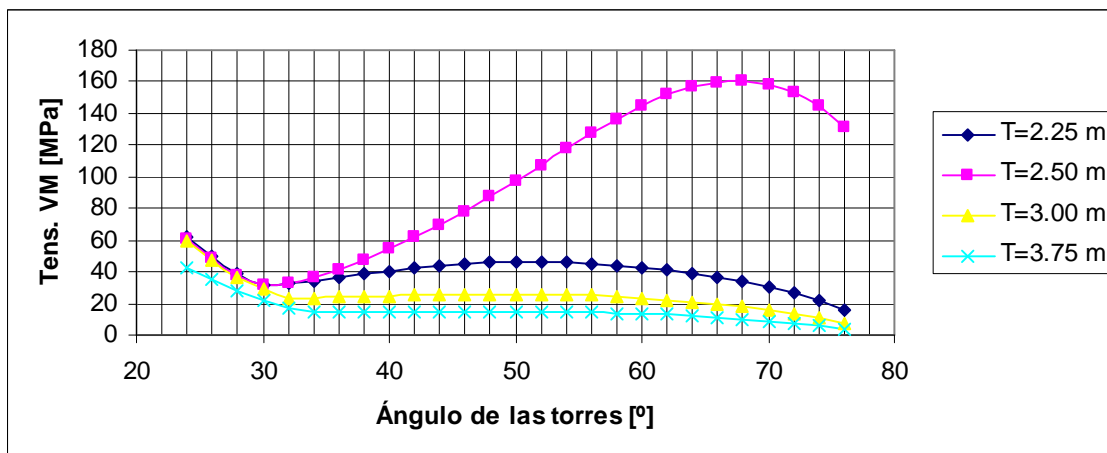


Fig. 25: Tensiones de Von Mises generadas en el elemento más solicitado del tablero en función del ángulo de las torres, con distancias entre tirantes de 2.25, 2.50, 3.00 y 3.75 metros.

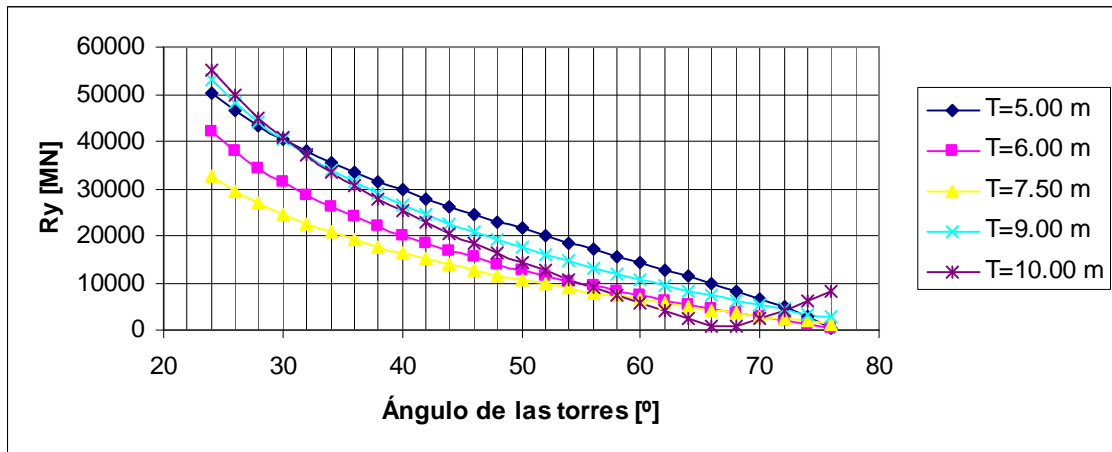


Fig. 20: Variación de la reacción vertical generada para distintos ángulos de las torres, con distancias entre tirantes de 5.00, 6.00, 7.50, 9.00 y 10.00 metros.

3.2.3. Momentos a la cimentación

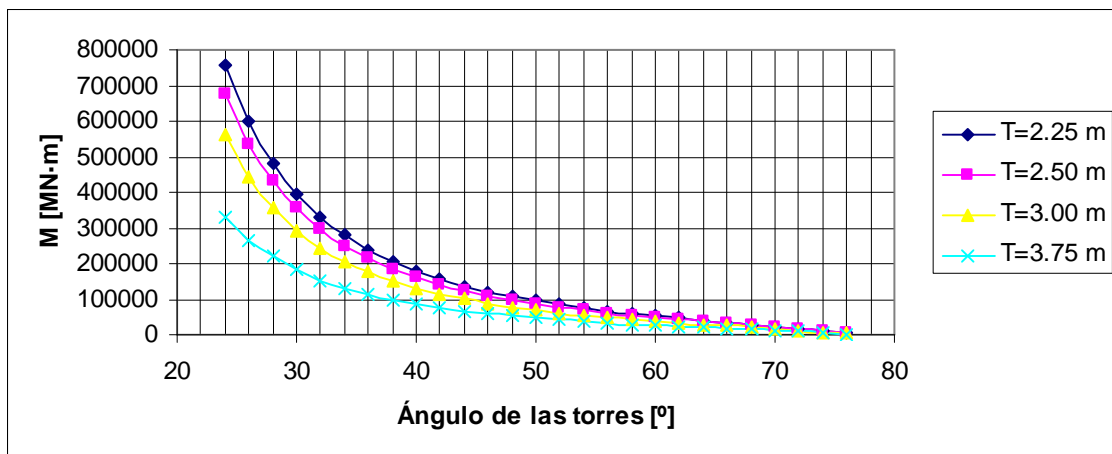


Fig. 21: Variación del momento generado para distintos ángulos de las torres, con distancias entre tirantes de 2.25, 2.50, 3.00 y 3.75 metros.

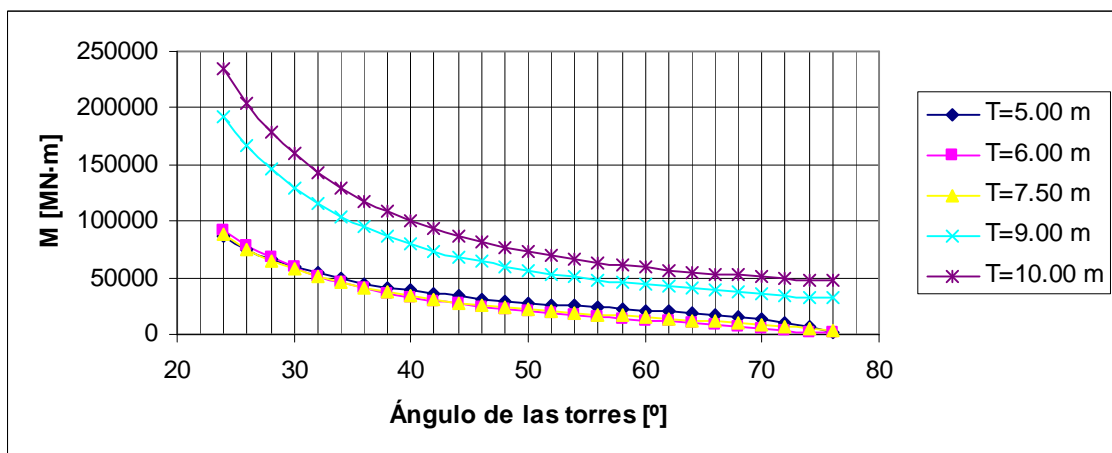


Fig. 22: Variación del momento generado para distintos ángulos de las torres, con distancias entre tirantes de 5.00, 6.00, 7.50, 9.00 y 10.00 metros.

3.2. Reacciones en los apoyos

3.2.1. Reacción horizontal a la cimentación

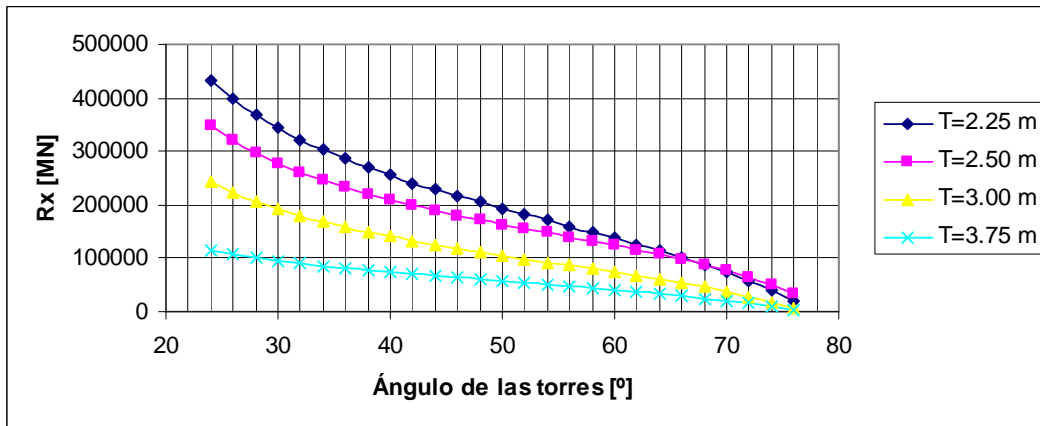


Fig. 17: Variación de la reacción horizontal generada para distintos ángulos de las torres, con distancias entre tirantes de 2.25, 2.50, 3.00 y 3.75 metros.

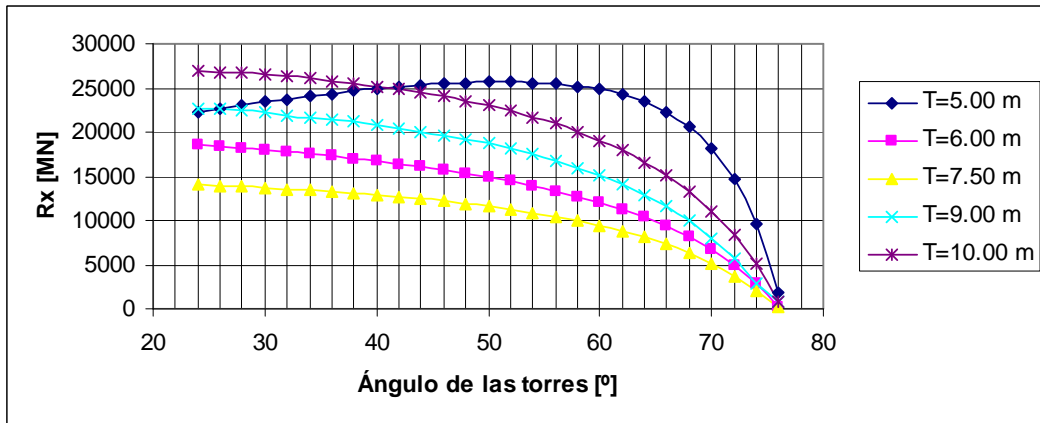


Fig. 18: Variación de la reacción horizontal generada para distintos ángulos de las torres, con distancias entre tirantes de 5.00, 6.00, 7.50, 9.00 y 10.00 metros.

3.2.2. Reacción vertical a la cimentación

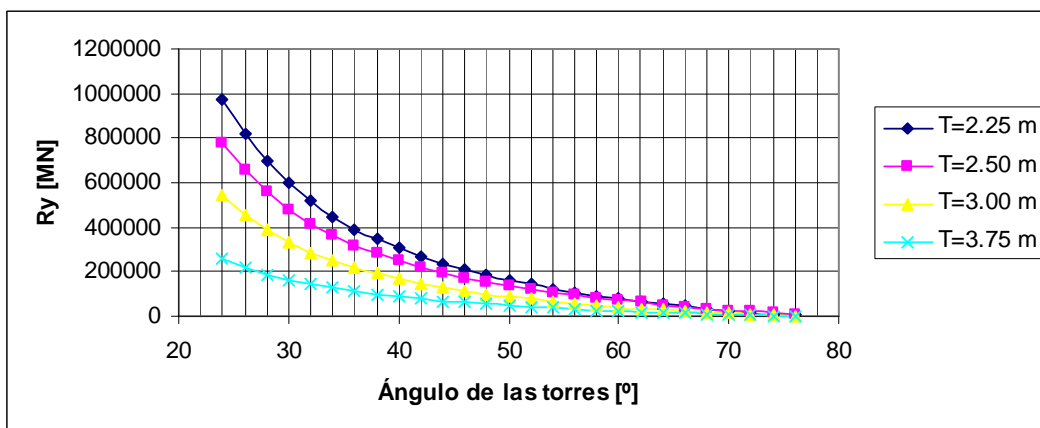


Fig. 19: Variación de la reacción vertical generada para distintos ángulos de las torres, con distancias entre tirantes de 2.25, 2.50, 3.00 y 3.75 metros.

CAPÍTULO 3:

ANÁLISIS

COMPARATIVO

Una vez hemos podido constatar el modo en que evolucionan los resultados obtenidos en función de los parámetros de entrada, nos queda realizar un análisis comparativo entre las distintas geometrías de puente calculadas.

3.1. Presentación de resultados

Para poder visualizar de forma rápida y eficiente los resultados obtenidos, se superpondrán varias series de éstos sobre una variable común, de forma que se visualice la tendencia y similitudes, o diferencias si las hay, cuando son variadas dos de las variables de entrada.

Por cuestiones de escala, será necesario separar por grupos de similar rango los valores de resultados obtenidos, de forma que permitan una correcta y cómoda visualización, aunque pueda dificultarse levemente la comparativa y la posterior deducción de conclusiones.

3.1.1. Abreviaturas utilizadas

Se utilizará la abreviación "T=x.xx m" para indicar que el valor de la separación horizontal de los tirantes, medida sobre el tablero es de x.xx metros.

3.1.2. Otras consideraciones

Se ha omitido el análisis de variación de cantidad de hormigón en tablero, debido a su demostrada invariabilidad, demostrada en el capítulo anterior.

2.3.2. Acero en tirantes

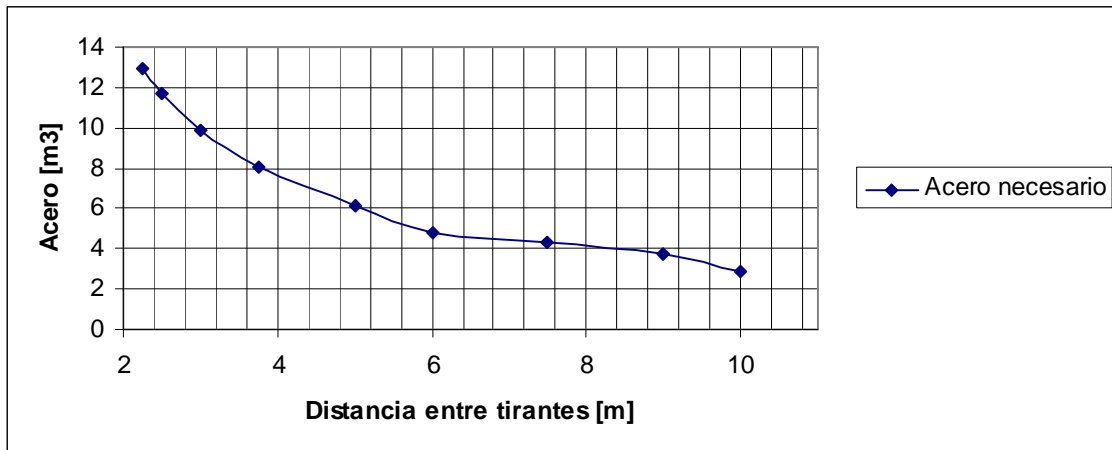


Fig. 15: Variación de la cantidad de acero necesaria manteniendo una inclinación de 50 ° en las torres.

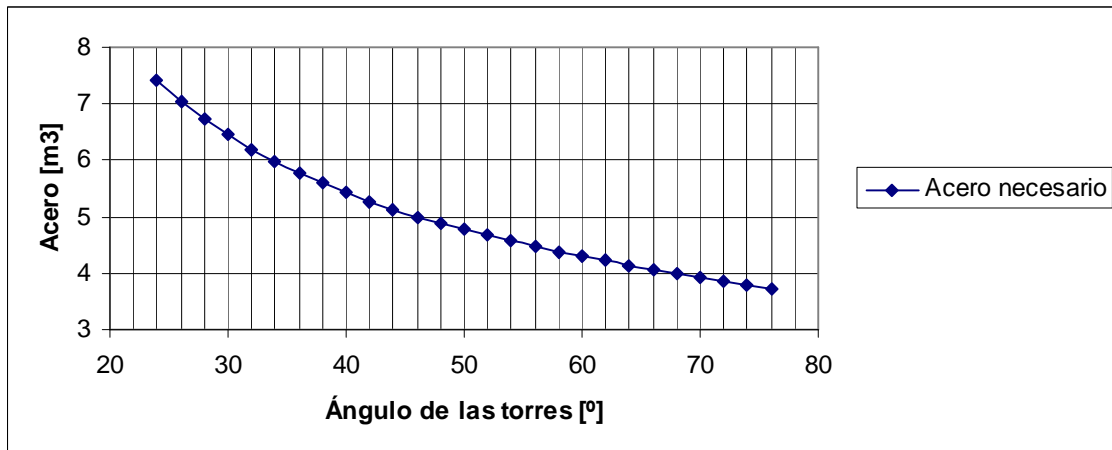


Fig. 16: Variación de la cantidad de acero necesaria manteniendo una separación constante de 6 m entre los tirantes.

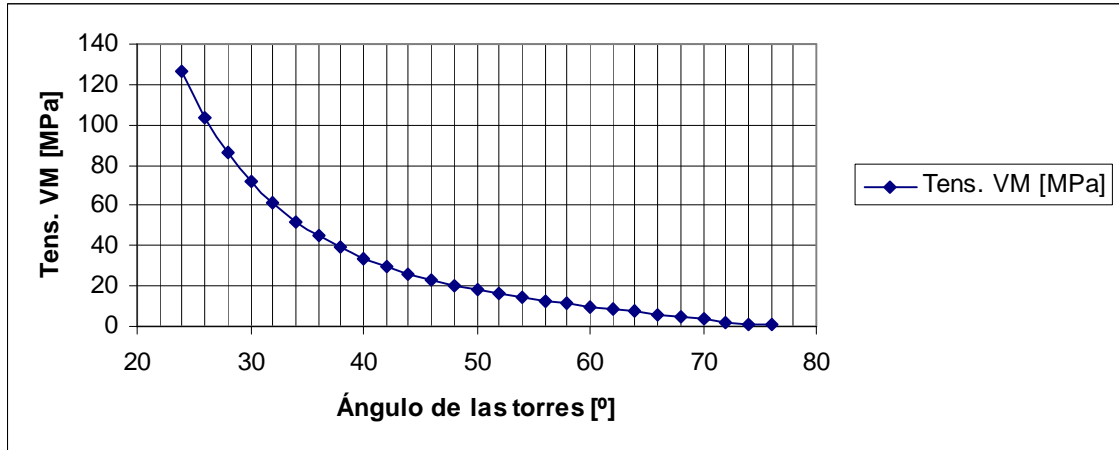


Fig. 12: Variación de la tensión en los tirantes con una separación entre ellos de 6 m.

2.3. Materiales necesarios

2.3.1. Hormigón en tablero y torres

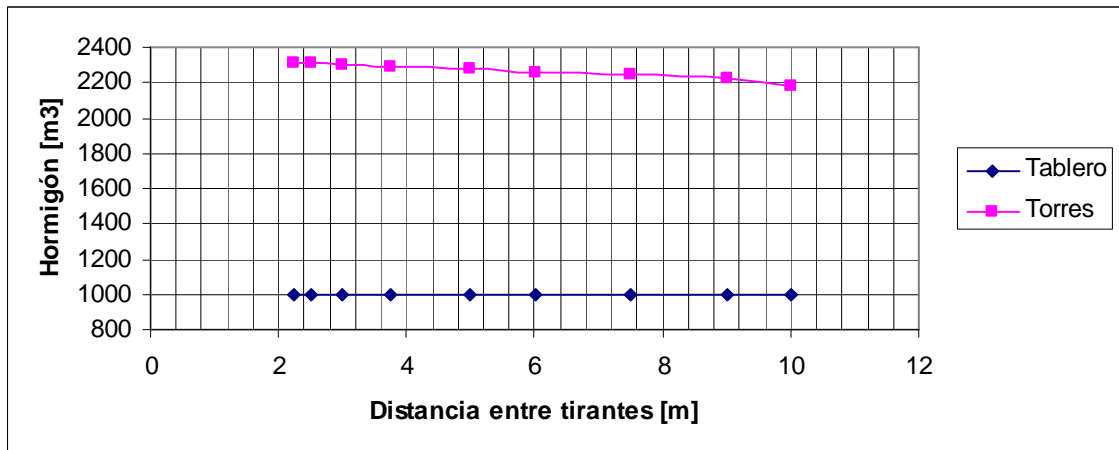


Fig. 13: Variación de los m³ de hormigón necesarios con un ángulo de 50° en las torres.

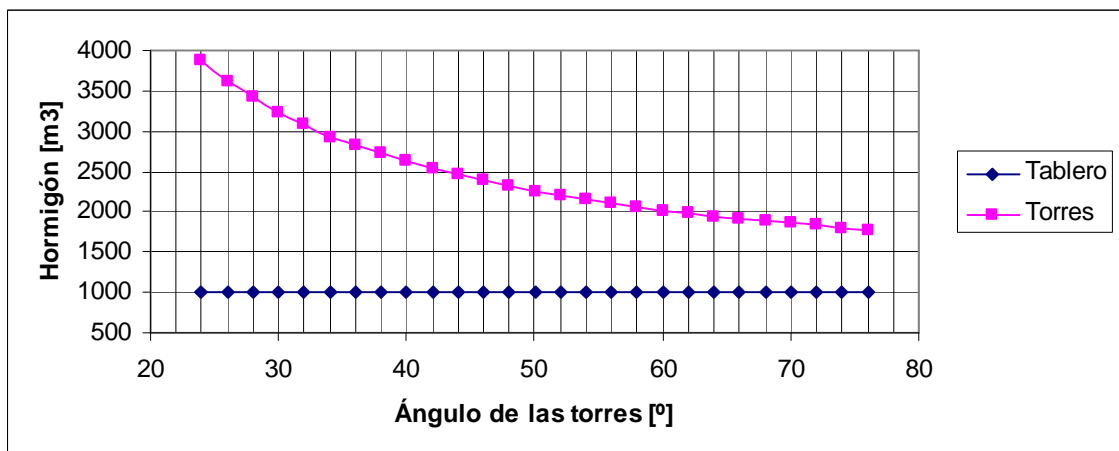


Fig. 14: Variación de los m³ de hormigón necesarios con una separación de 6 m entre tirantes.

2.2.2. Esfuerzos en las torres

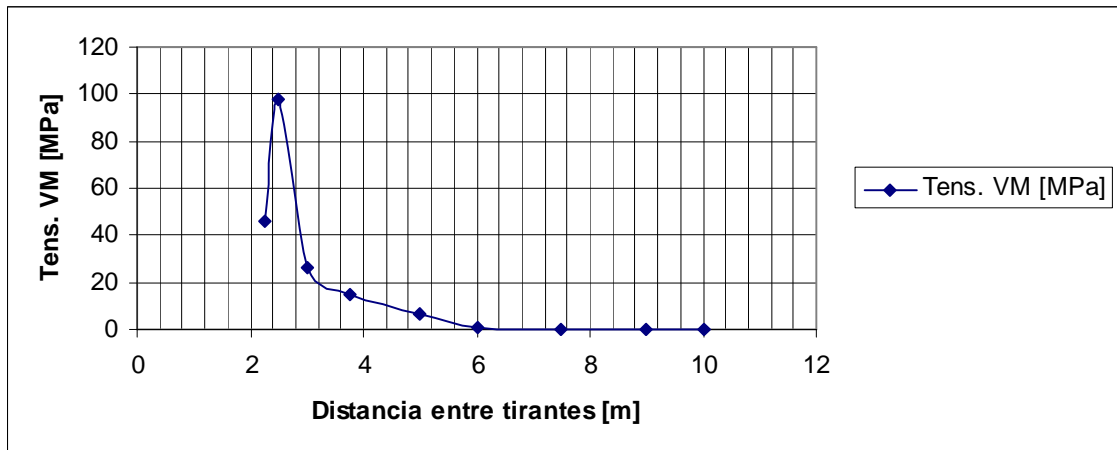


Fig. 9: Variación de los esfuerzos en las torres manteniendo una inclinación de las torres de 50°.

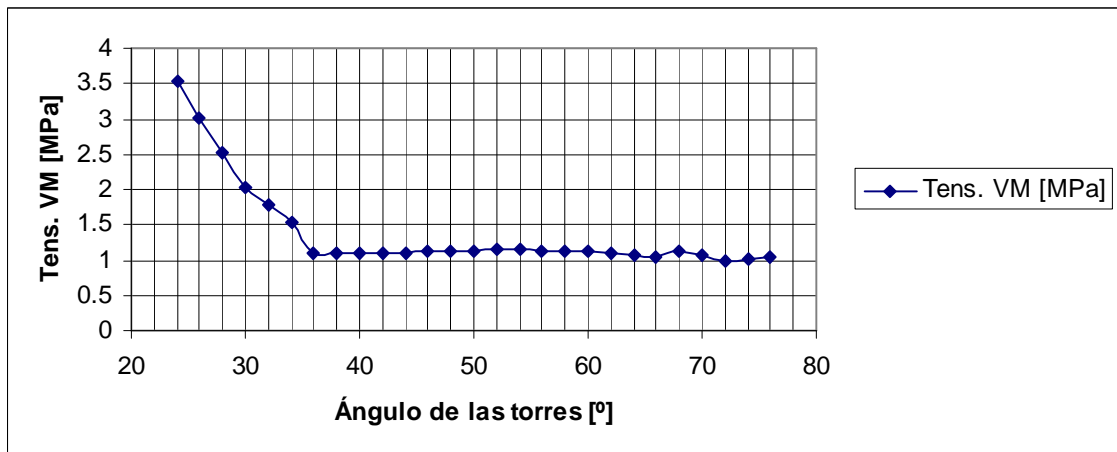


Fig. 10: Variación de los esfuerzos en las torres con una separación entre tirantes de 6 m.

2.2.3. Esfuerzos en los tirantes

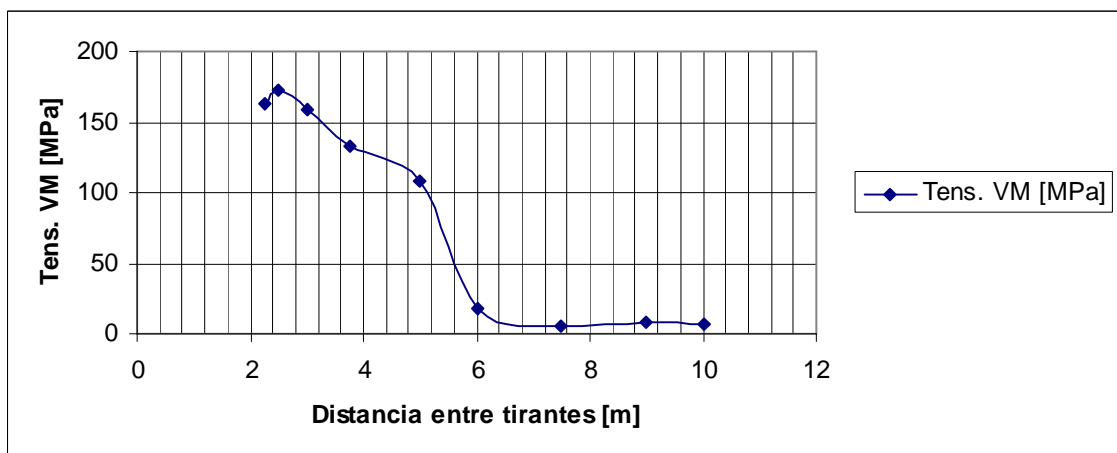


Fig. 11: Variación de la tensión en los tirantes con un ángulo de las torres de 50°.

2.2. Esfuerzos en las barras

Vamos a proceder a realizar un análisis de sensibilidad para visualizar de qué forma varían las tensiones de las barras. Debe hacerse notar que el cambio en la distancia entre tirantes provoca cambios en la barra más solicitada, cuya tensión es la que se muestra en las gráficas, por lo que no debemos esperar continuidad cuando el parámetro variado es la distancia entre tirantes.

2.2.1. Esfuerzos en el tablero

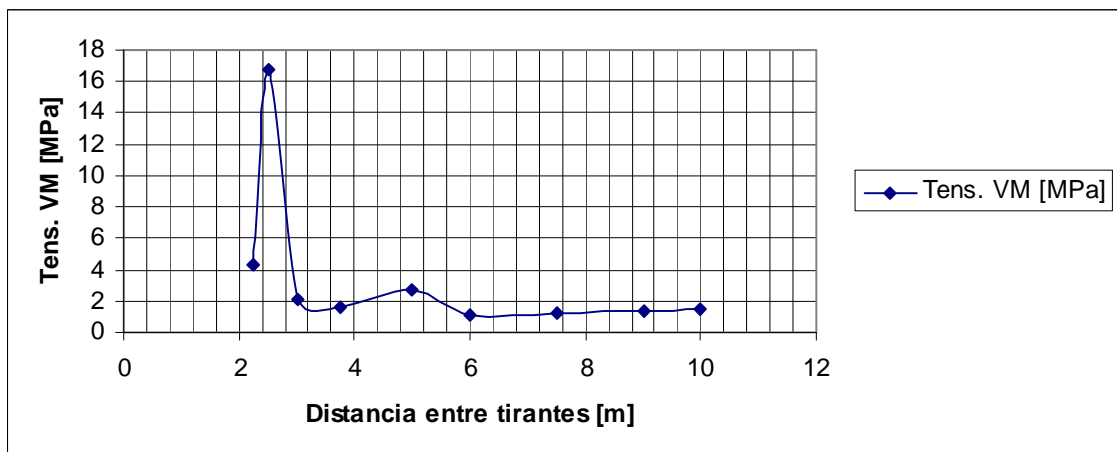


Fig. 7: Variación de las tensiones generadas en el tablero con un ángulo entre torres de 50°.

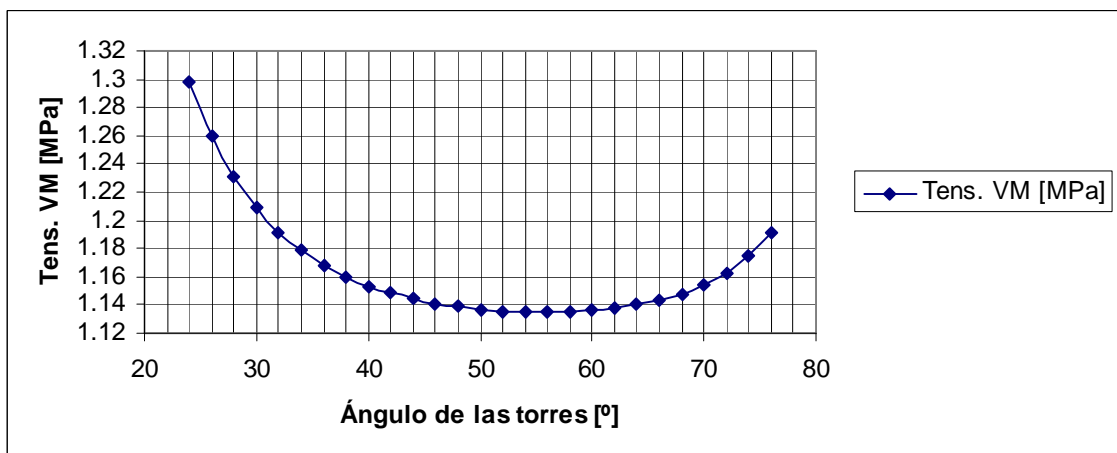


Fig. 8: Variación de las tensiones en el tablero con una separación entre tirantes de 6 m.

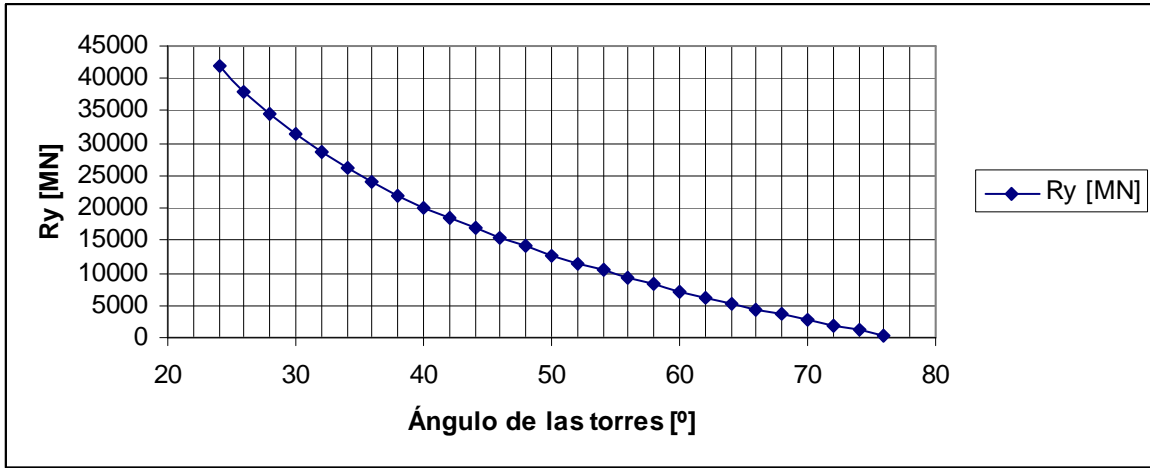


Fig. 4: Variación de la reacción vertical manteniendo una separación constante entre tirantes de 6m.

2.1.3. Momentos

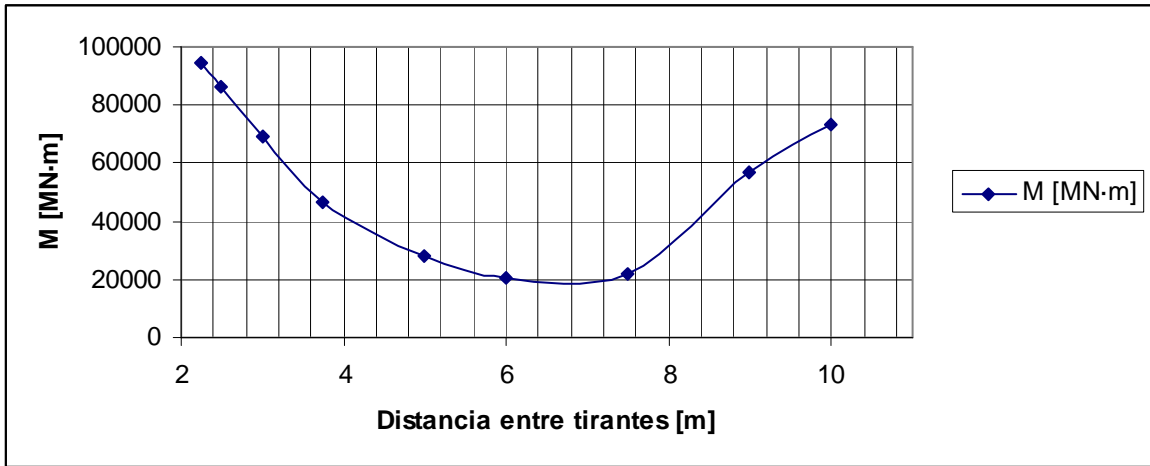


Fig. 5: Variación del momento con una inclinación de torres constante de 50°.

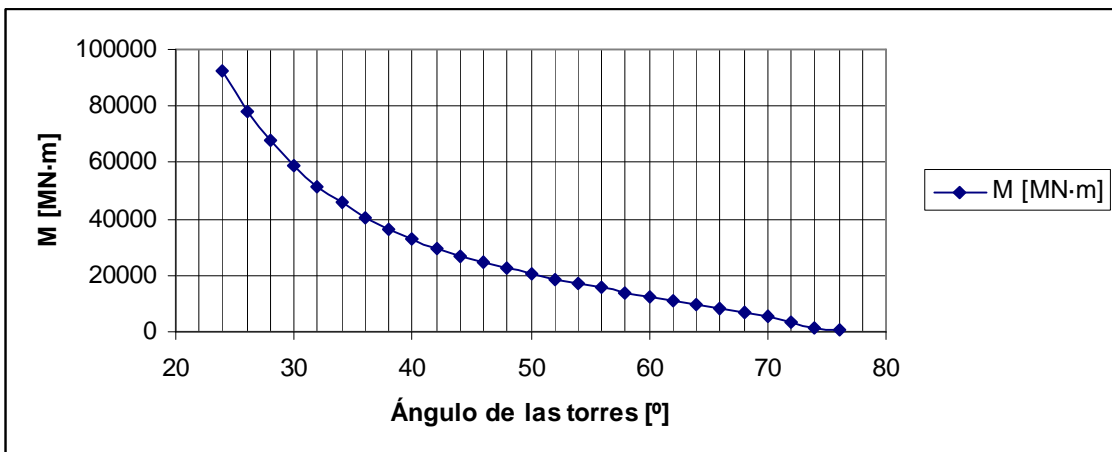


Fig. 6: Variación del momento con una distancia entre tirantes constante de 6 m.

2.1.1. Reacción horizontal

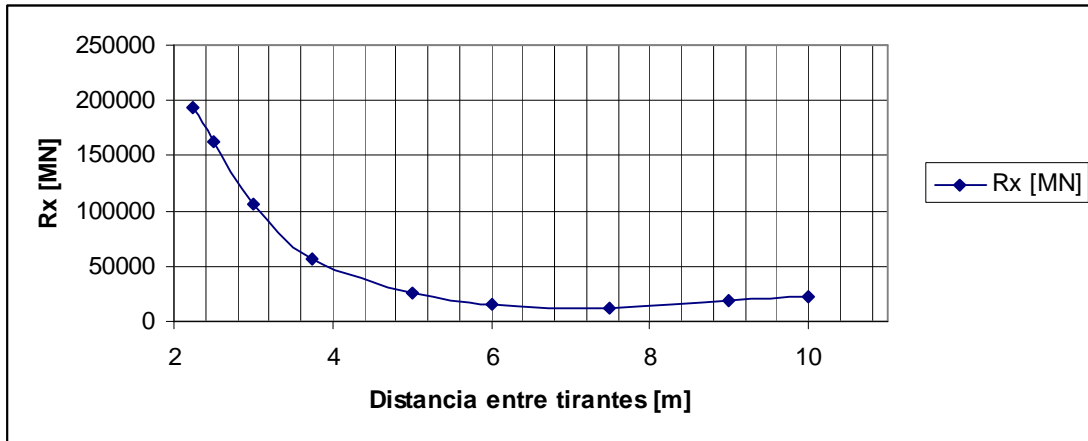


Fig. 1: Variación de la reacción horizontal con ángulo constante de 50°.

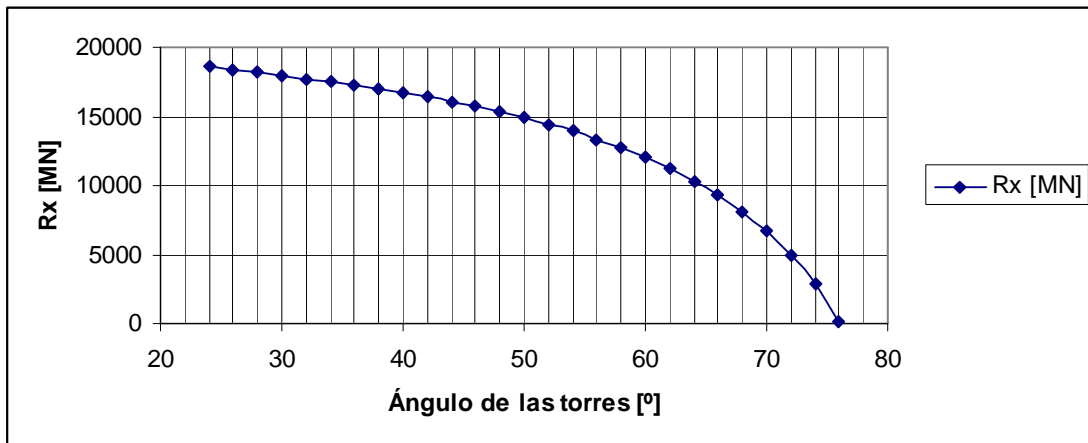


Fig. 2: Variación de la reacción horizontal con distancia entre tirantes constante de 6 m.

2.1.2. Reacción vertical

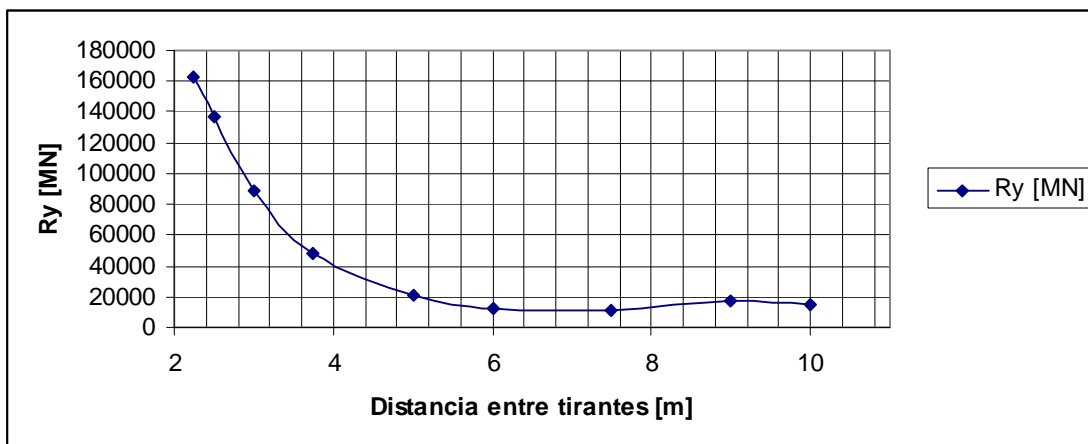


Fig. 3: Variación de la reacción vertical con una inclinación de torres de 50°.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En este capítulo se presentarán las series de datos generadas por el "Optimizador de puentes", resumidas en gráficas que analizarán la variabilidad de los esfuerzos en función de las características geométricas del caso estudiado.

No se incluyen los resultados exhaustivos para cada caso concreto, debido a lo ingente de tal volumen de datos generado.

2.1. Reacciones en los apoyos

Se muestran a continuación unos análisis de sensibilidad realizados al comparar los resultados obtenidos en dos casos distintos, uno de ellos manteniendo el ángulo constante en 50° y el otro manteniendo constante la separación entre tirantes en 6 metros.

Conociendo que la primera variable irá desde 24° hasta 76° en pasos de 2°, y que la segunda irá desde 2.25 metros hasta 10 metros en pasos de 0.25 metros, obtenemos:

$$i = \left(1 + \left\lfloor \frac{76^\circ - 24^\circ}{2^\circ} \right\rfloor\right) \cdot \left(1 + \left\lfloor \frac{10m - 2.25m}{0.25m} \right\rfloor\right) =$$

$$i = \left(1 + \left\lfloor \frac{52^\circ}{2^\circ} \right\rfloor\right) \cdot \left(1 + \left\lfloor \frac{7.75m}{0.25m} \right\rfloor\right) = (1 + \lfloor 26 \rfloor) \cdot (1 + \lfloor 31 \rfloor) =$$

$$i = 27 \cdot 32 = 864$$

Un total de 864 iteraciones como máximo, en nuestro caso, el tiempo medido para el cálculo de una única iteración resultaba menor a un segundo, asumiremos que se tardan 0.8 segundos aproximadamente en generar un resultado, por tanto resulta trivial que la tardanza que cabe esperar tendrá un valor máximo cercano a los 690 segundos, es decir, 11 minutos y medio, lo cual es un tiempo de cálculo razonable.

Debe hacerse notar que en realidad el número de iteraciones será bastante menor, puesto que no todos los valores dados para el parámetro de distancia entre tirantes generarán geometrías válidas.

Sabiendo que sólo habrá un número limitado valores para la separación entre tirantes que generarán geometrías válidas; encontrando que hay nueve valores que sí generarán geometrías físicamente posibles, resulta trivial afirmar que se realizarán un total de 243 iteraciones, lo que supone a su vez el cálculo de 243 puentes distintos.

1.4. Estructura del análisis

El análisis de datos se estructurará en dos partes principales, correspondientes a los capítulos 2 y 3 de este documento, en ellos se tratará, respectivamente, el análisis de sensibilidad de los resultados frente a las variaciones de una u otra variable de entrada, de forma no simultánea y el análisis comparativo general entre todas las geometrías de puente estudiadas.

1.4.1. Estructura de los estudios

Cada estudio se divide en una serie de apartados según el parámetro estudiado, de forma que los mismos parámetros quedan agrupados según su tipo, particularidades y escala del valor de su resultado.

Este tipo de estructuración por grupos y subgrupos, ayuda a encontrar rápidamente una gráfica concreta y a estudiar su relación con otros valores de forma ágil y eficiente.

1.3. Tiempo computacional requerido

Dado que ya se han definido los intervalos de cálculo de todas las variables implicadas, debemos, antes de proceder al cálculo, saber si es posible asumir el tiempo de computación requerido para realizar la cantidad de simulaciones estipulada, pues de nada serviría realizar un análisis tan exhaustivo y amplio que sus resultados no pudieran ser calculados en un tiempo finito y aceptable.

Para conocer con certeza el tiempo de cálculo requerido, sería necesario conocer a priori el ancho de banda de cada matriz global de rigidez, ya que el tiempo invertido en el proceso de cálculo de la matriz inversa es inversamente proporcional al ancho de banda de ésta.

Como desconocemos totalmente el ancho de banda de todas las matrices implicadas antes de generarlas, ya que el hecho de generarlas en memoria implica estar realizando parte del propio proceso computacional; nos limitaremos a realizar una simulación con parámetros fijos que estén dentro de la mitad, aproximadamente, del rango que más tarde vayamos a definir para las variables; de esta forma calcularemos el tiempo medio aproximado requerido para cada una de las iteraciones del cálculo.

Tras conocer el tiempo medio de cálculo, se podrá calcular el número de iteraciones que realizará el programa mediante la siguiente fórmula:

$$i = \prod_{k=1}^n \left(1 + \left\lfloor \frac{V_k - v_k}{\Delta v_k} \right\rfloor \right)$$

Dónde:

i es el número de iteraciones que realizará el programa.

n es el número máximo de parámetros variables implicados.

V_k es el valor máximo de la propiedad "k", siendo un número positivo.

v_k es el valor mínimo de la propiedad "k", siendo un número positivo.

Δv_k es el incremento o variación de la propiedad "k", siendo un número mayor a cero.

Reescribiendo para el caso singular con sólo dos propiedades variables, nos queda:

$$i = \left(1 + \left\lfloor \frac{V_1 - v_1}{\Delta v_1} \right\rfloor \right) \cdot \left(1 + \left\lfloor \frac{V_2 - v_2}{\Delta v_2} \right\rfloor \right)$$

1.1.2. Definición de las variables de estudio

A partir de los razonamientos expuestos anteriormente se decide variar únicamente los parámetros que a simple vista parecen afectar en mayor medida a los esfuerzos generados y al material necesario.

El parámetro que más parece influir en tales resultados es el ángulo de las torres, puesto que genera grandes momentos en las cimentaciones y hace variar el ángulo con el que los tirantes actúan sobre el tablero, cambiando los esfuerzos en éste y en la torre misma.

El segundo parámetro que variaremos será la distancia entre tirantes, puesto que la variación de este dato afectará directamente a la cantidad de tirantes y por tanto también a la tensión unitaria de cada uno de ellos.

1.2. Intervalo de estudio

Una vez han sido definidas las variables que cuya evolución será estudiada, se hace necesario definir un intervalo de variación acotado para éstas.

1.2.1. Intervalo de estudio para el ángulo

Dado que valores extremadamente bajos del ángulo de las torres producen grandes momentos en su cimentación y aumentan en gran medida la cantidad de materiales necesarios para su realización, se descarta el uso de ángulos muy bajos y se iniciará el cálculo con un valor de partida para el ángulo de 24° .

En cuanto al valor máximo alcanzable por esta variable, nos encontramos con que valores cercanos a 90° implican que los momentos producidos por el tablero no sean contrarrestados por el peso propio de las torres, así pues, definiremos un valor del ángulo máximo de 76° .

Se ha decidido que un incremento de 2° para cada cálculo será suficiente para mostrar las tendencias de los resultados sin que el volumen de datos generado sea inabarcable.

1.2.2. Intervalo de estudio para la separación entre tirantes

Dado que este parámetro no es continuo, se definirá un valor pequeño como punto de partida, y un valor considerado alto como máximo. Así pues, se definirá una separación mínima de 2.25 metros entre tirantes, y una máxima de 10 metros.

Para tener un mayor número de resultados que puedan indicar tendencias, se define un valor de paso de 0.25 metros por iteración.

CAPÍTULO 1:

DEFINICIONES PREVIAS

En este capítulo se describirán todos los parámetros que definen la entidad del estudio realizado, de forma que se pretende que éste sea reproducible exactamente igual que aquí se muestra.

1.1. Variables estudiadas

En primer lugar, se hace necesario definir cuales variables van a ser estudiadas para observar el comportamiento de la estructura en cuanto a esfuerzos generados y cuales no van a ser incluidas dentro del rango de variación.

1.1.1. Consideraciones previas

Aunque el programa permitía la variación de hasta cuatro parámetros básicos que definen la geometría de un puente atirantado básico, a saber: luz del puente, distancia entre tirantes, altura máxima de las torres y ángulo de inclinación de éstas; se debe comentar que por solicitudes previas de diseño, la luz del puente debe ser un valor constante definido en 90 metros.

Idealmente, debería haberse realizado un estudio preeliminar para conocer la sensibilidad de los resultados frente a variaciones constantes en diferentes variables. Por falta de tiempo, este punto se omitió y se decidió que de los tres parámetros que podían variarse, se definiera uno en pos de la reducción del volumen de cálculo necesario y del volumen de datos generados.

3.2.3. Momentos a la cimentación	14
3.3. Esfuerzos en barras	15
3.3.1. Esfuerzos en el tablero	15
3.3.2. Esfuerzos en las torres	15
3.3.3. Esfuerzos en los tirantes	16
3.4. Cantidad de materiales	17
3.4.1. Hormigón en torres	17
3.4.2. Acero en tirantes	17
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS	19
4.1. Relativas a la sensibilidad de cada variable	19
4.1.1. Reacciones en los apoyos.....	19
4.1.2. Esfuerzos en las barras.....	20
4.1.3. Cantidad de materiales	20
4.2. Relativas a las comparaciones entre geometrías.....	20
4.2.1. Reacciones en los apoyos.....	20
4.2.2. Esfuerzos en las barras.....	21
4.2.3. Cantidad de materiales	21
CAPÍTULO 5: LISTADOS DE DATOS	22
5.1. Descripción de las abreviaturas utilizadas	22
5.1.1. Características geométricas.....	22
5.1.2. Reacciones en los extremos	22
5.1.3. m ³ de materiales por zonas.....	23
5.1.4. Tensiones máximas.....	23
5.2. Datos obtenidos	23

ÍNDICE ANÁLISIS

ÍNDICE ANÁLISIS	I
CAPÍTULO 1: DEFINICIONES PREVIAS.....	1
1.1. Variables estudiadas	1
1.1.1. Consideraciones previas.....	1
1.1.2. Definición de las variables de estudio	2
1.2. Intervalo de estudio.....	2
1.2.1. Intervalo de estudio para el ángulo	2
1.2.2. Intervalo de estudio para la separación entre tirantes	2
1.3. Tiempo computacional requerido	3
1.4. Estructura del análisis.....	4
1.4.1. Estructura de los estudios	4
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	5
2.1. Reacciones en los apoyos.....	5
2.1.1. Reacción horizontal	6
2.1.2. Reacción vertical.....	6
2.1.3. Momentos.....	7
2.2. Esfuerzos en las barras	8
2.2.1. Esfuerzos en el tablero	8
2.2.2. Esfuerzos en las torres	9
2.2.3. Esfuerzos en los tirantes	9
2.3. Materiales necesarios	10
2.3.1. Hormigón en tablero y torres.....	10
2.3.2. Acero en tirantes	11
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS COMPARATIVO	12
3.1. Presentación de resultados	12
3.1.1. Abreviaturas utilizadas	12
3.1.2. Otras consideraciones.....	12
3.2. Reacciones en los apoyos.....	13
3.2.1. Reacción horizontal a la cimentación	13
3.2.2. Reacción vertical a la cimentación	13