



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis y dimensionamiento de una
retropala para una fuerza de excavación de
63.4 KN.

ANEXO I: Estudio Geométrico.

Autor

Monge Catalán, Alberto.

Director

Javier Óscar Abad Blasco

Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza.
2017/2018



ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción..... | 2 |
| 2. Estudio geométrico | 3 |
| 2.1 Estudio geométrico del movimiento del cazo | 3 |
| 2.2 Estudio geométrico del movimiento del balancín..... | 14 |
| 2.3 Estudio geométrico del movimiento de la pluma | 25 |
| 2.4 Conclusiones de primer estudio geométrico | 36 |
| 3. Segundo estudio geométrico. | 37 |
| 3.1 Posiciones de trabajo..... | 37 |
| 3.2 Posiciones de Trabajo combinadas. | 48 |



1. Introducción

Conocer los esfuerzos a los que están sometidos cada una de nuestras barras es una de las claves para poder realizar el correcto dimensionamiento de la pluma. Pero claro, la pluma trasera tiene infinidad de posiciones, para las que los esfuerzos van a ser diferentes en cada una de ellas. Por simplificación, se van a analizar las posiciones de la siguiente manera:

- Primero, se fijará la pluma y el balancín, y se moverá el cazo. El cazo tiene un ángulo de rotación de 180 grados, por lo que fijaremos una posición cada 10 grados de rotación.

Para este primer caso, la fuerza tiene un valor de 63.400 N, ya que corresponde a la fuerza de excavación del cazo. Esta fuerza se aplica en el extremo del cazo (Punto 12) con dirección perpendicular a la barra 10 y sentido hacia dentro del cazo.

- En el segundo caso, fijaremos la geometría de la pluma y del cazo, y se procederá a mover el balancín desde el ángulo máximo de apertura al ángulo mínimo. El ángulo total de rotación es de 120 grados.

Para este segundo caso, la fuerza tiene un valor de 42.800 N, ya que corresponde a la fuerza de excavación del balancín. Esta fuerza se aplica en el extremo del cazo (Punto 12) con dirección perpendicular a la barra 10 y sentido hacia dentro del cazo.

- En el tercer caso, se moverá la pluma del brazo de excavación. El ángulo de rotación de la pluma es de 120 grados.

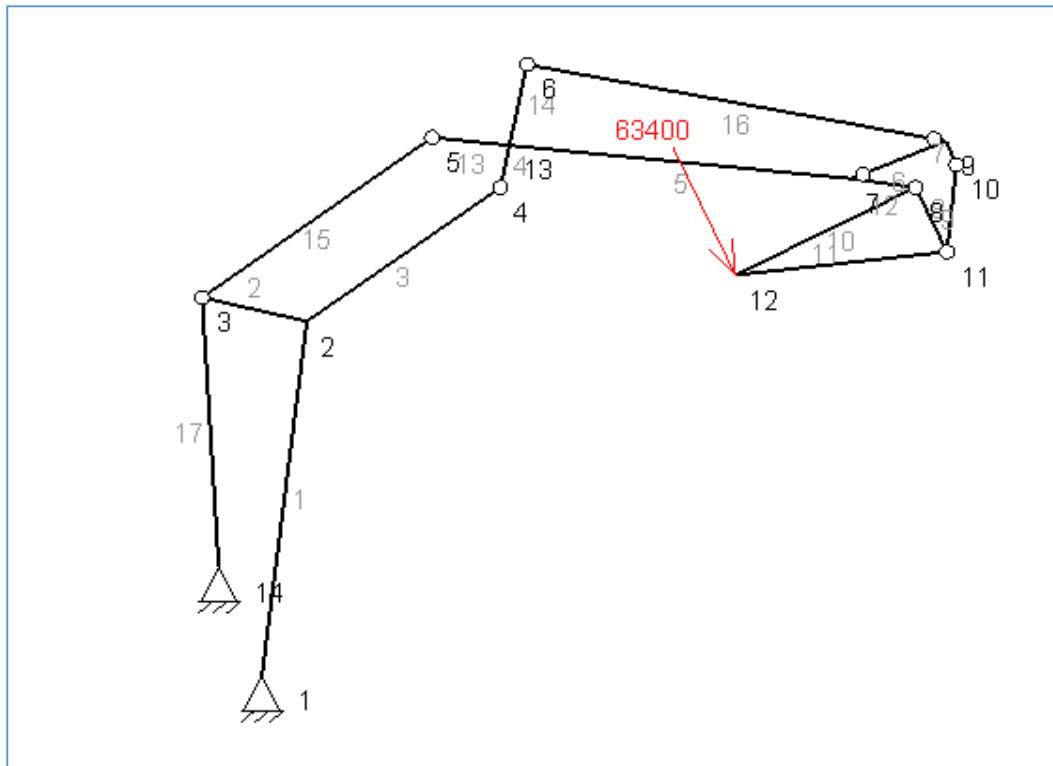
Para este caso, la fuerza de excavación tiene un valor de 63.400 N. Como en el resto de casos, esta fuerza se aplica en el extremo del cazo (Punto 12) con dirección perpendicular a la barra 10 y sentido hacia dentro del cazo.

2. Estudio geométrico

1.1 Estudio geométrico del movimiento del cazo

Posición 1.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 65 grados.

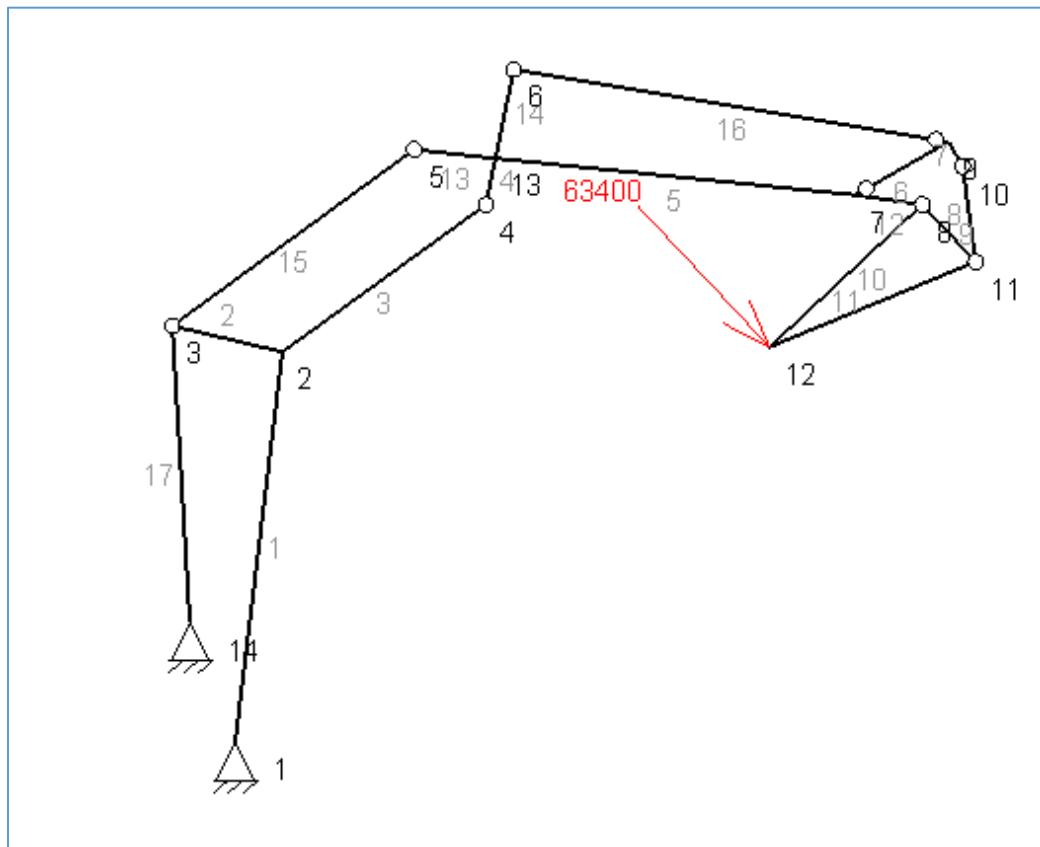


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 3179,45 | 2061,85 |
| 10 | 3223,23 | 2484,59 |
| 9 | 3175,14 | 2599,97 |
| 12 | 2197,48 | 1948,62 |

Posición 1.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 47 grados.

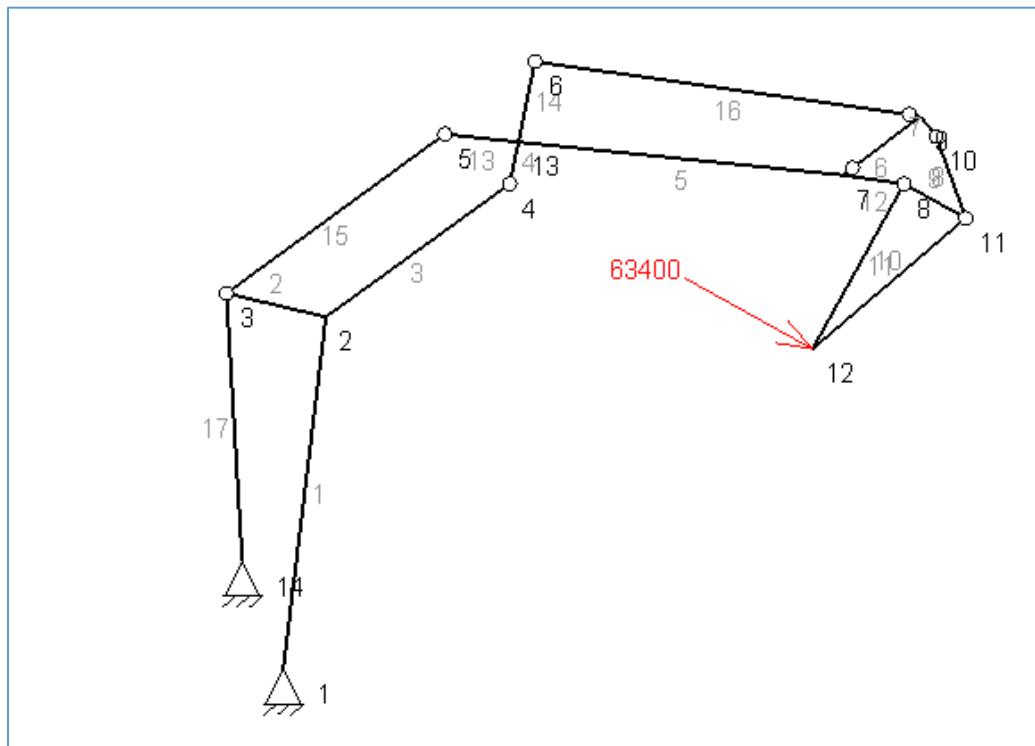


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 3268,94 | 2122,21 |
| 10 | 3211,42 | 2543,3 |
| 9 | 3149,64 | 2651,97 |
| 12 | 2358,9 | 1745,31 |

Posición 1.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 29 grados.



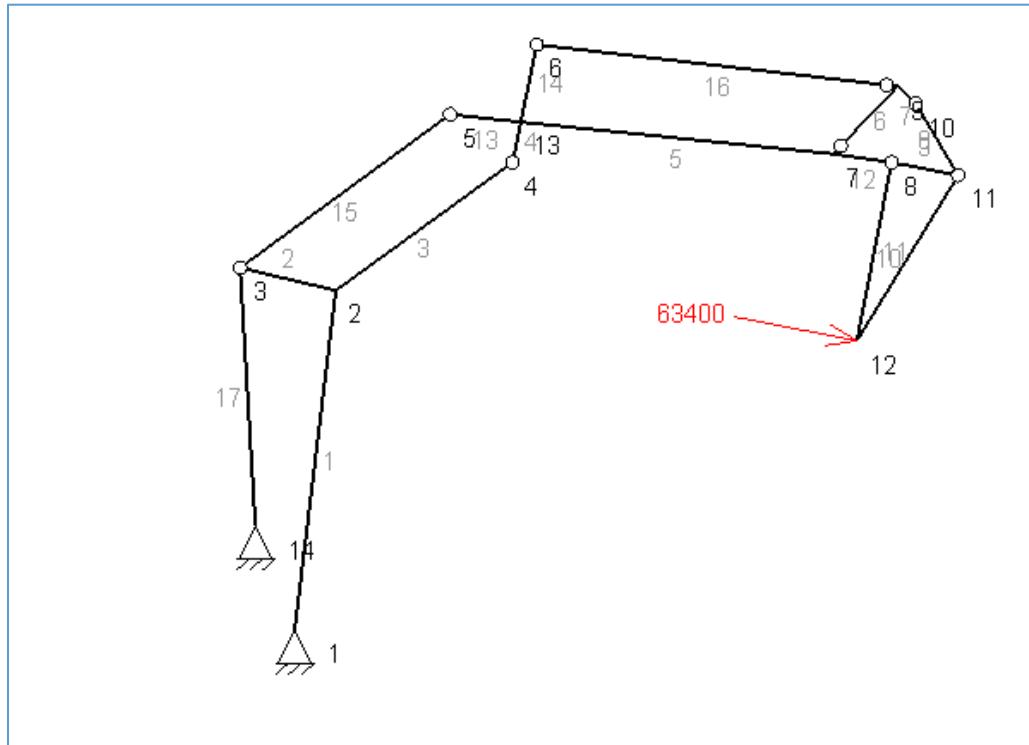
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 3335,39 | 2207,27 |
| 10 | 3189,9 | 2606,59 |
| 9 | 3113,95 | 2705,86 |
| 12 | 2586,36 | 1567,6 |



Posición 1.4

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 11 grados.



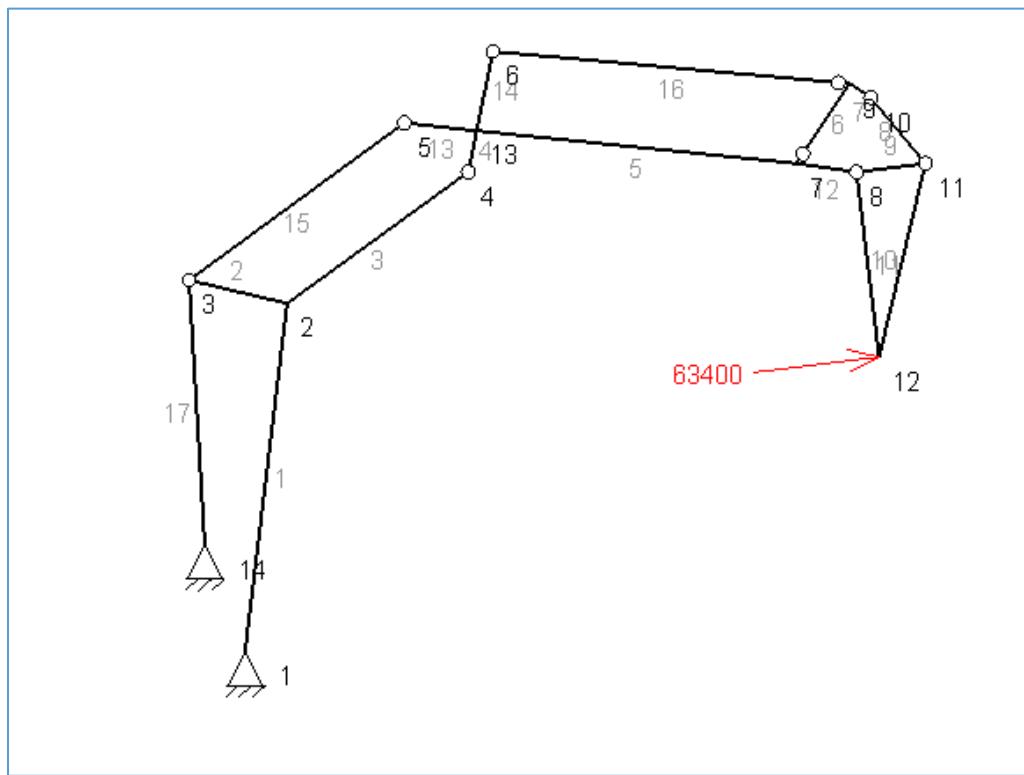
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 3372,31 | 2308,7 |
| 10 | 3155,33 | 2674,13 |
| 9 | 3064,99 | 2760,53 |
| 12 | 2857,6 | 1468,87 |



Posición 1.5

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 7 grados.



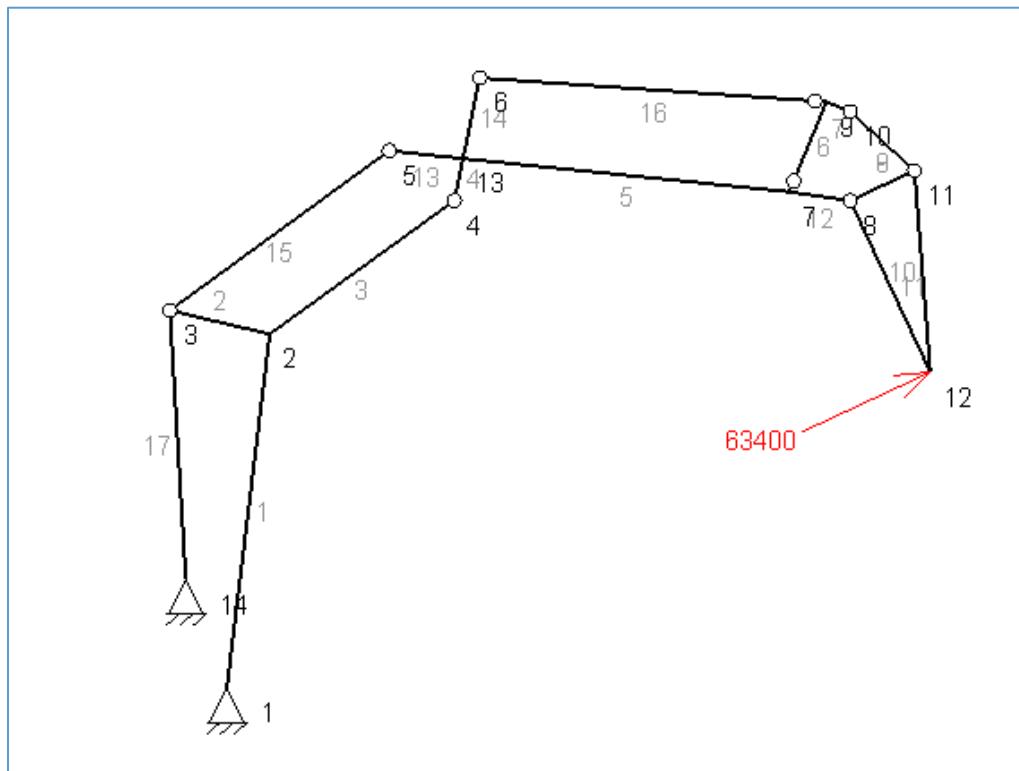
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 3376,07 | 2416,57 |
| 10 | 3104,13 | 2743,18 |
| 9 | 3000,11 | 2812,5 |
| 12 | 3146,08 | 1458,8 |



Posición 1.6

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 25 grados.



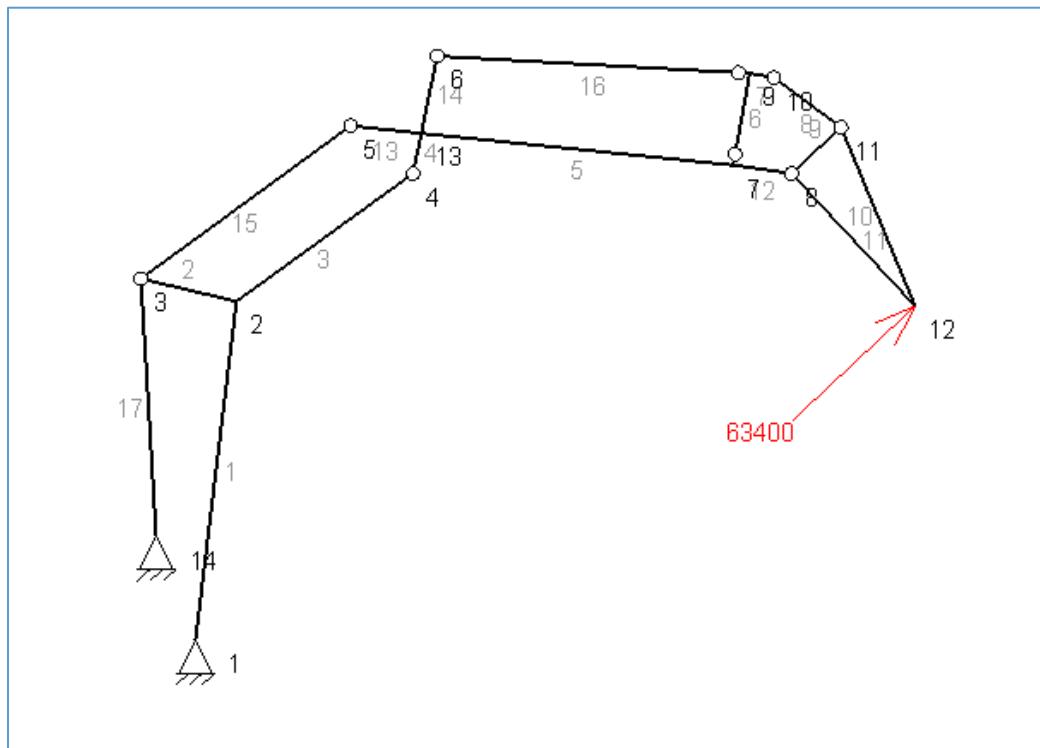
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 3346,32 | 2520,33 |
| 10 | 3033,8 | 2808,35 |
| 9 | 2918,3 | 2856,14 |
| 12 | 3423,56 | 1538,36 |



Posición 1.7

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 43 grados.



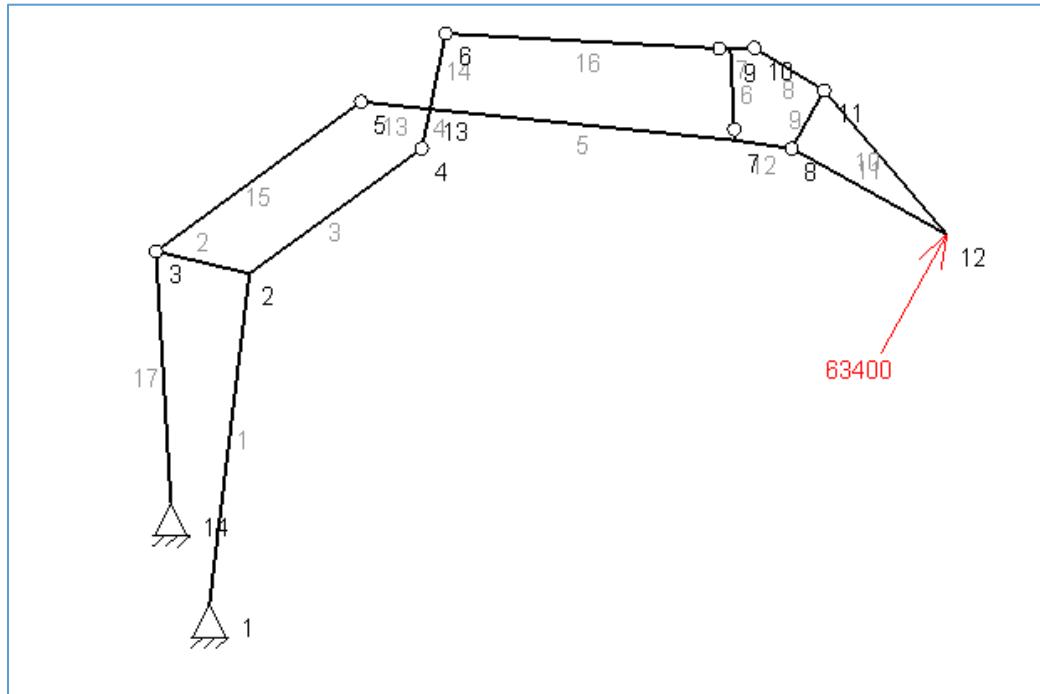
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 3285,96 | 2609,82 |
| 10 | 2944,18 | 2862,42 |
| 9 | 2821,18 | 2884,66 |
| 12 | 3662,86 | 1699,78 |



Posición 1.8

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 61 grados.



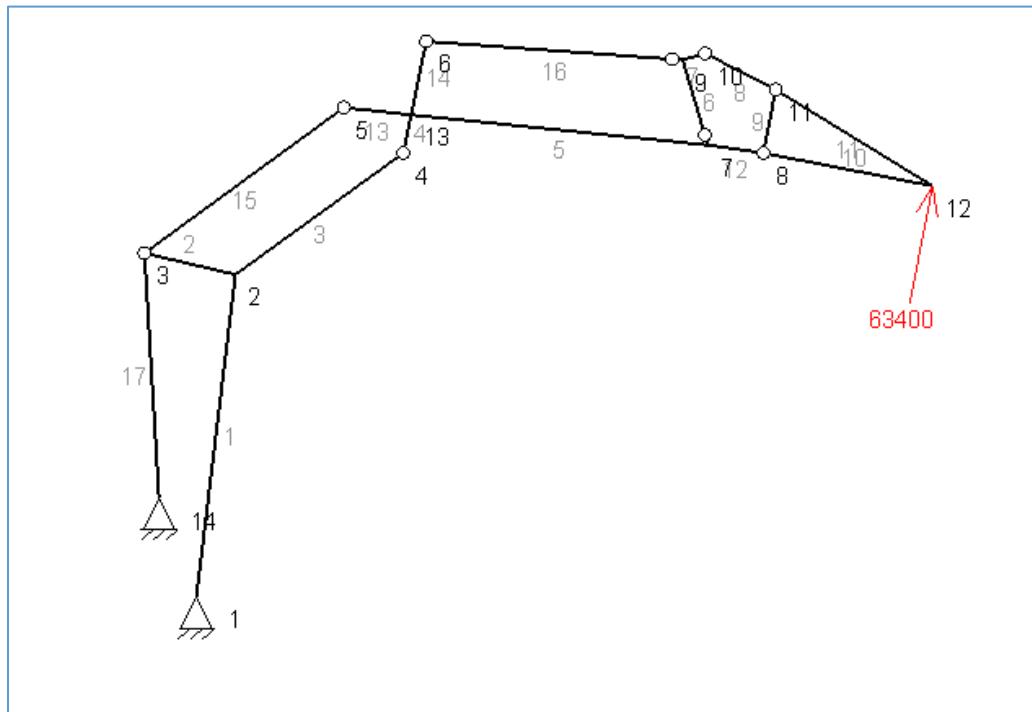
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 3200,91 | 2676,27 |
| 10 | 2838,21 | 2897,8 |
| 9 | 2713,36 | 2891,65 |
| 12 | 3840,57 | 1927,24 |



Posición 1.9

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje vertical es de 7 grados.

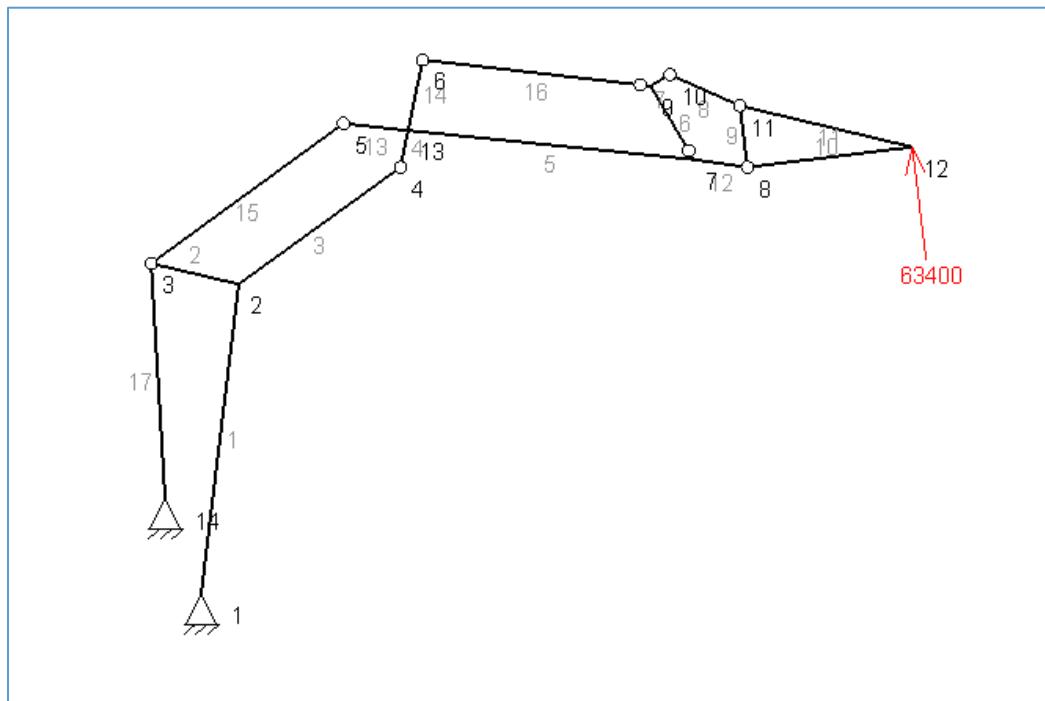


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 3099,48 | 2713,19 |
| 10 | 2721,84 | 2908,17 |
| 9 | 2601,98 | 2872,72 |
| 12 | 3939,3 | 2198,49 |

Posición 1.10

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 83 grados.

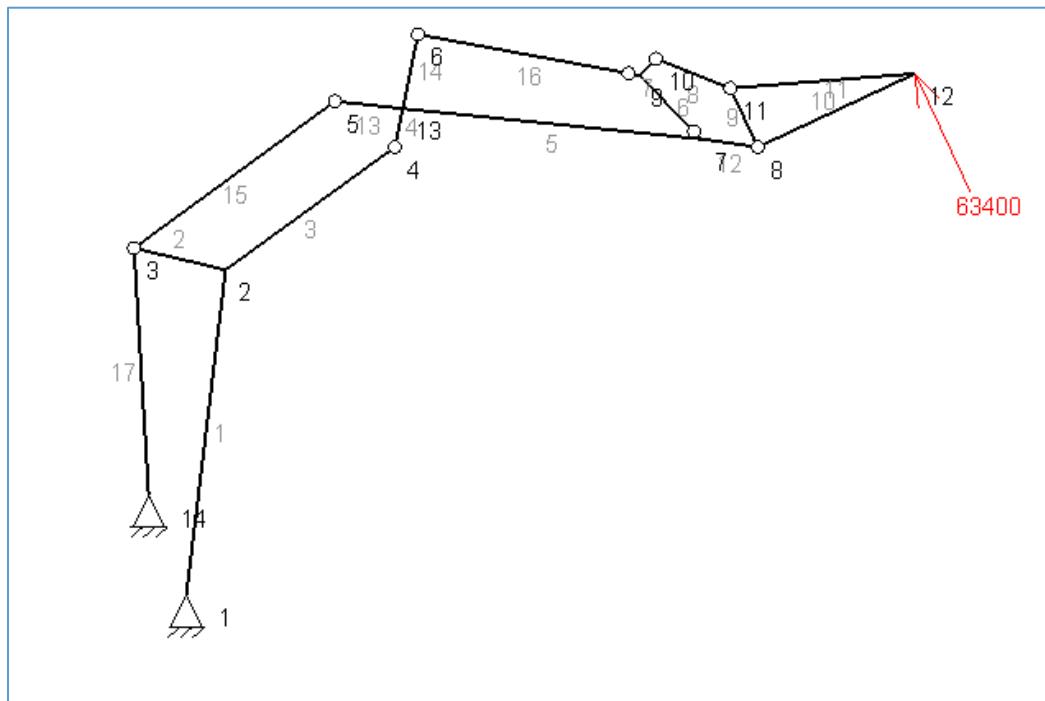


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 2991,6 | 2716,95 |
| 10 | 2603,41 | 2889,97 |
| 9 | 2495,7 | 2826,55 |
| 12 | 3949,37 | 2486,96 |

Posición 1.11

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 65 grados.



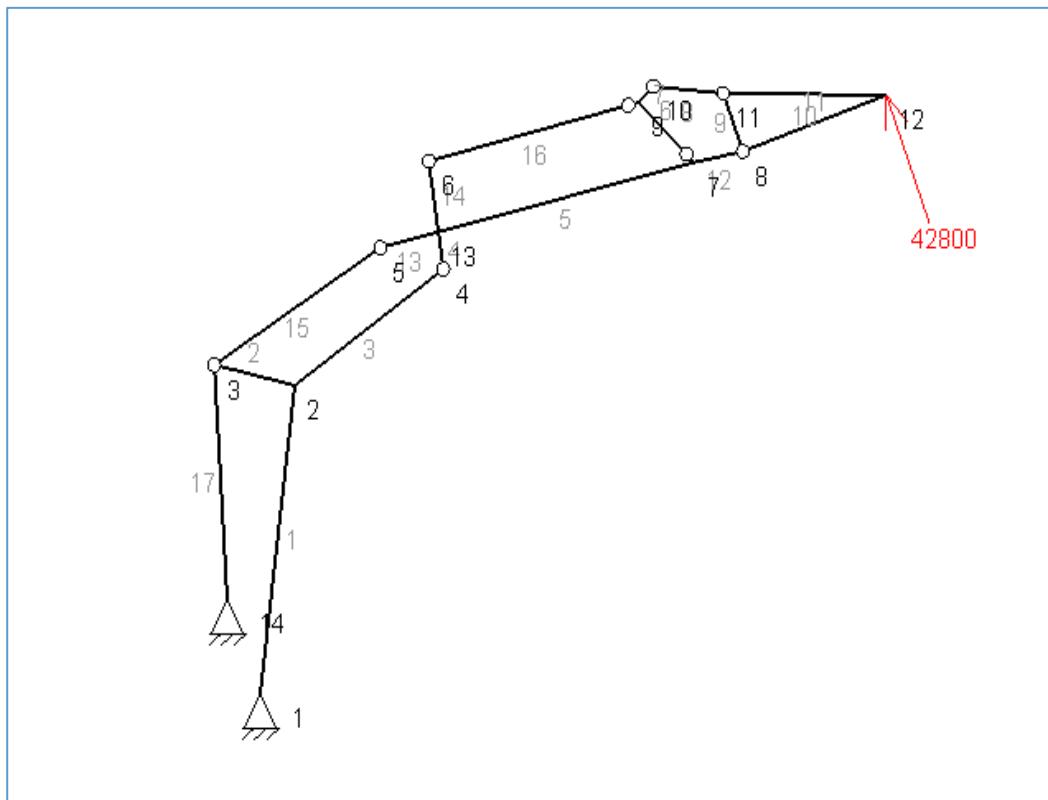
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 789,81 | 2617,89 |
| 6 | 1230,05 | 2972,04 |
| 7 | 2736,7 | 2417,23 |
| 8 | 3033,65 | 2374,53 |
| 11 | 2887,84 | 2687,2 |
| 10 | 2492,61 | 2843,45 |
| 9 | 2403,52 | 2755,77 |
| 12 | 3869,81 | 2764,44 |

1.2 Estudio geométrico del movimiento del balancín

Posición 2.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 70 grados.



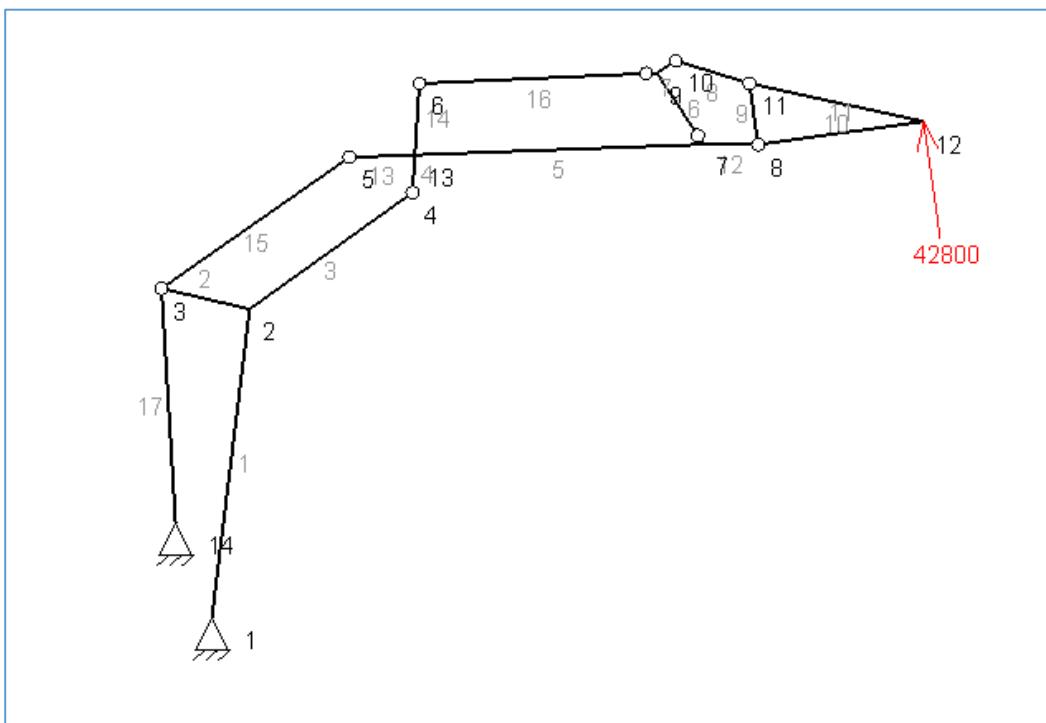
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 725,72 | 2494,64 |
| 6 | 1018,28 | 2978 |
| 7 | 2623,83 | 2971,95 |
| 8 | 2287,86 | 3307,74 |
| 9 | 2917,47 | 3033,39 |
| 10 | 2376,23 | 3396,15 |
| 11 | 2799,47 | 3357,58 |
| 12 | 3784,44 | 3348,94 |



Posición 2.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 82 grados.



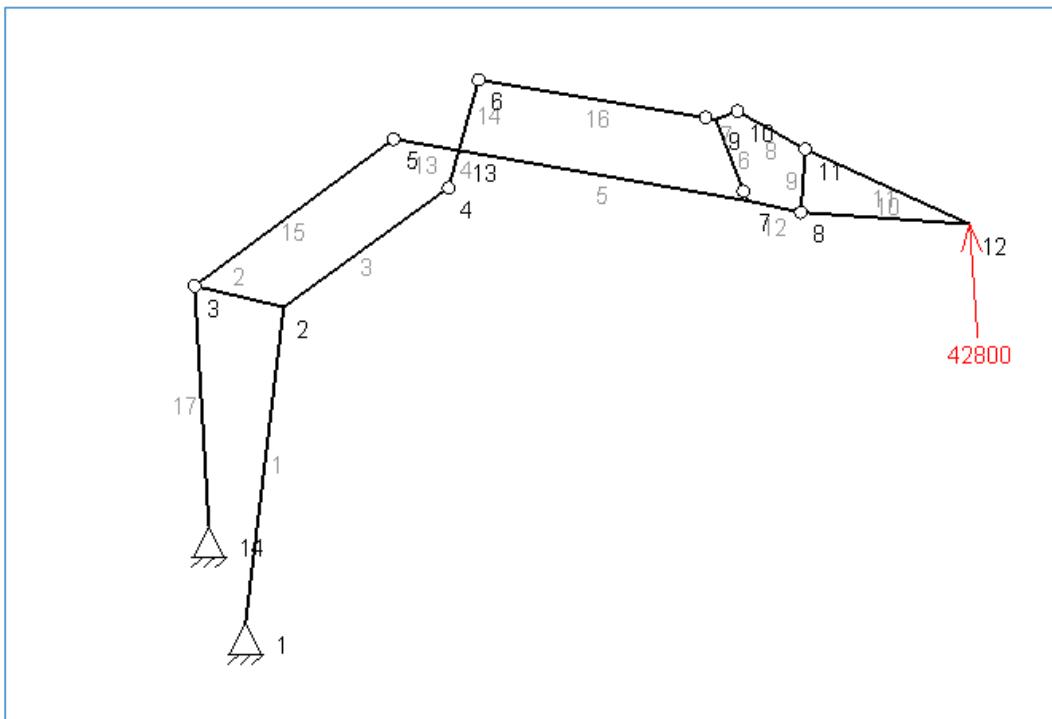
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 759,03 | 2571,34 |
| 6 | 1145,69 | 2983,31 |
| 7 | 2714,9 | 2643,59 |
| 8 | 2456,09 | 3041,88 |
| 9 | 3014,9 | 2642,63 |
| 10 | 2560,91 | 3109,99 |
| 11 | 2966,88 | 2984,27 |
| 12 | 3928,52 | 2771,03 |



Posición 2.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 86 grados.



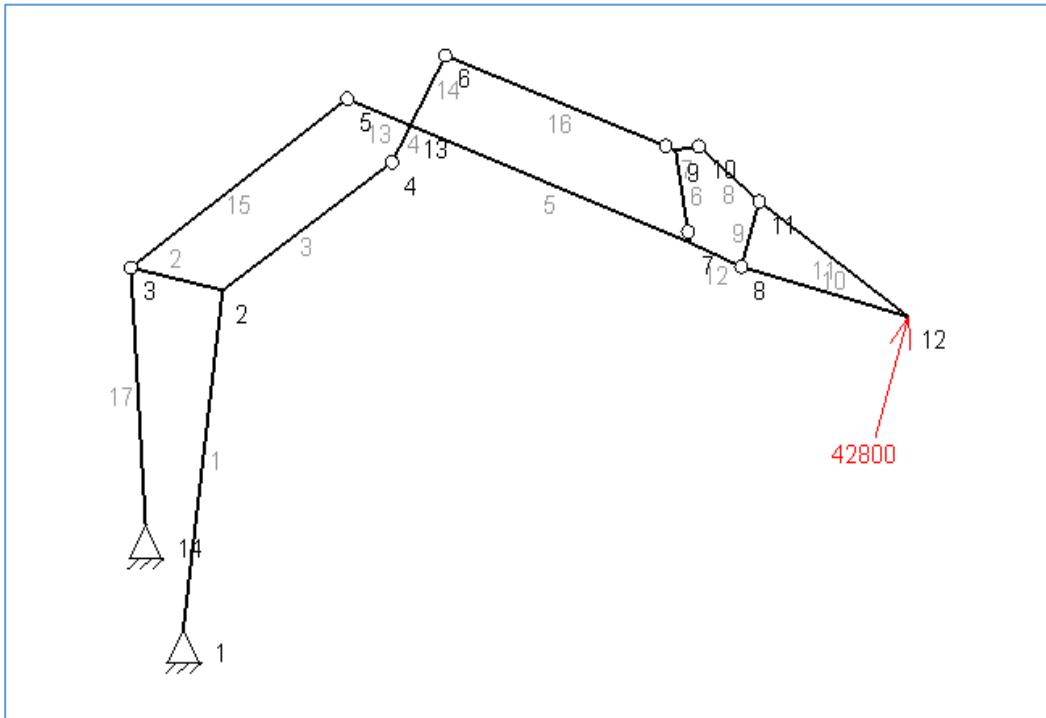
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 807,56 | 2639,44 |
| 6 | 1271,43 | 2962,02 |
| 7 | 2735,71 | 2303,46 |
| 8 | 2565,37 | 2746,86 |
| 9 | 3028,95 | 2240,15 |
| 10 | 2682,05 | 2791,69 |
| 11 | 3053,02 | 2584,31 |
| 12 | 3949,31 | 2175,79 |



Posición 2.4

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 74 grados.

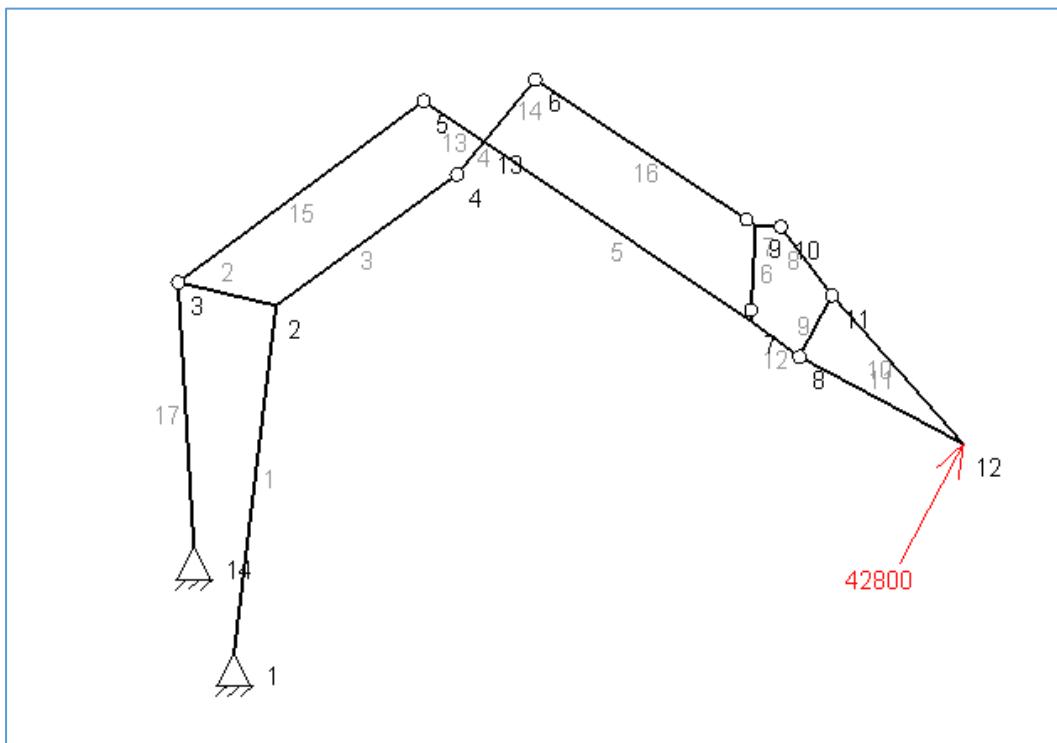


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 869,19 | 2695,97 |
| 6 | 1389,99 | 2915,05 |
| 7 | 2685,35 | 1966,44 |
| 8 | 2610,92 | 2435,57 |
| 9 | 2959,02 | 1843,54 |
| 10 | 2734,37 | 2455,16 |
| 11 | 3054,12 | 2175,18 |
| 12 | 3845,89 | 1589,24 |

Posición 2.5

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 62 grados.

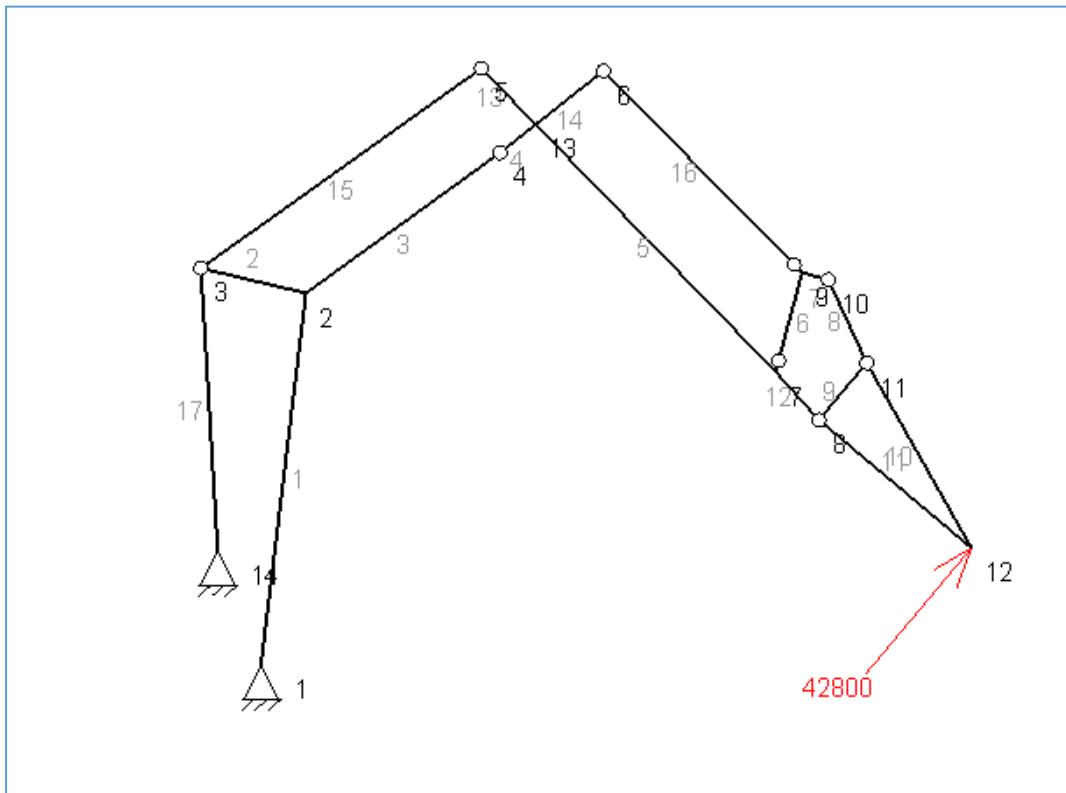


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 941,22 | 2738,44 |
| 6 | 1496,19 | 2844,46 |
| 7 | 2566,02 | 1647,25 |
| 8 | 2590,75 | 2121,61 |
| 9 | 2808,16 | 1470,14 |
| 10 | 2715,58 | 2115,1 |
| 11 | 2970,13 | 1774,76 |
| 12 | 3622,77 | 1037,01 |

Posición 2.6

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 50 grados.

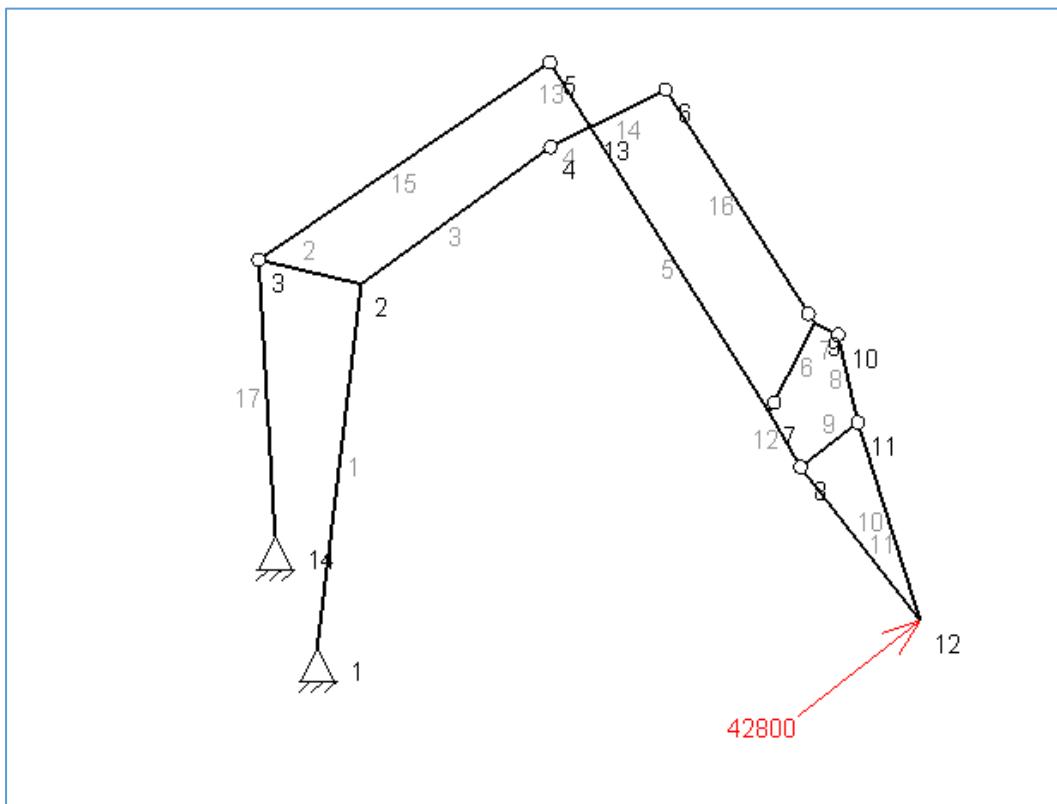


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 1020,51 | 2765,01 |
| 6 | 1585,39 | 2753,32 |
| 7 | 2382,93 | 1359,85 |
| 8 | 2505,75 | 1818,7 |
| 9 | 2582,96 | 1136,27 |
| 10 | 2626,5 | 1786,38 |
| 11 | 2804,72 | 1400,55 |
| 12 | 3289,71 | 543,23 |

Posición 2.7

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 38 grados.

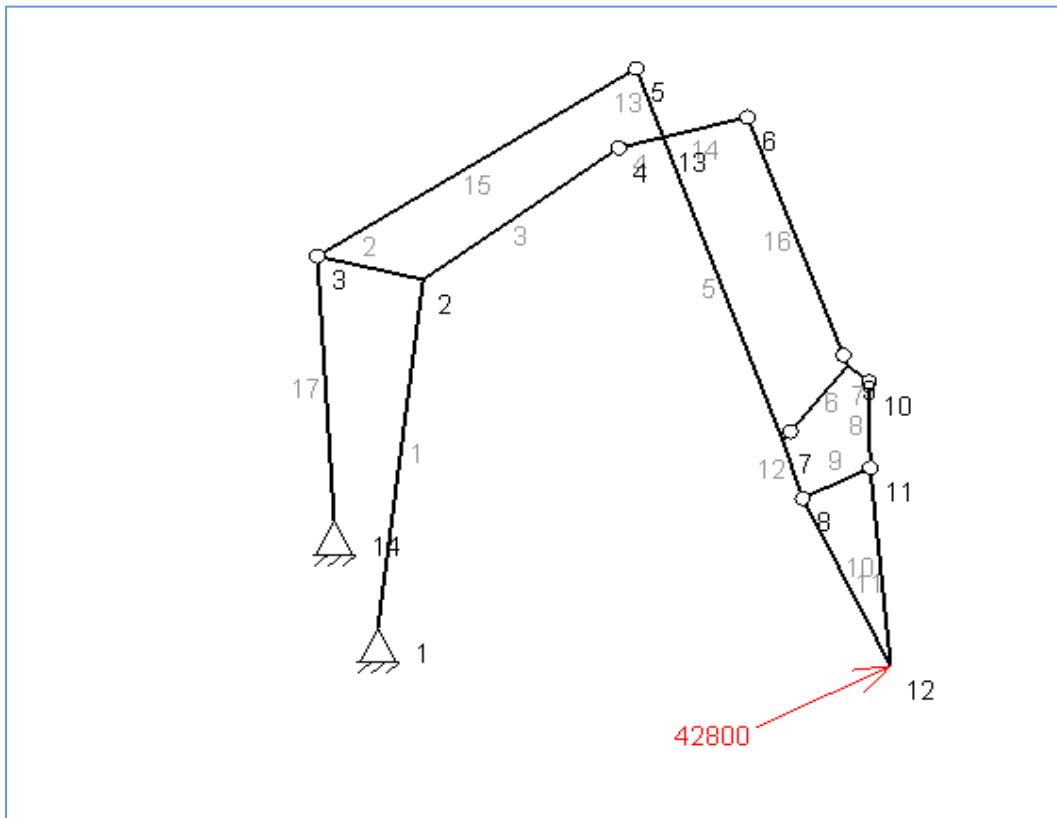


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 1103,6 | 2774,51 |
| 6 | 1653,7 | 2645,64 |
| 7 | 2144,09 | 1116,8 |
| 8 | 2359,62 | 1540,08 |
| 9 | 2293,26 | 856,51 |
| 10 | 2471,02 | 1483,37 |
| 11 | 2565,13 | 1068,92 |
| 12 | 2861,27 | 129,49 |

Posición 2.8

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 26 grados.



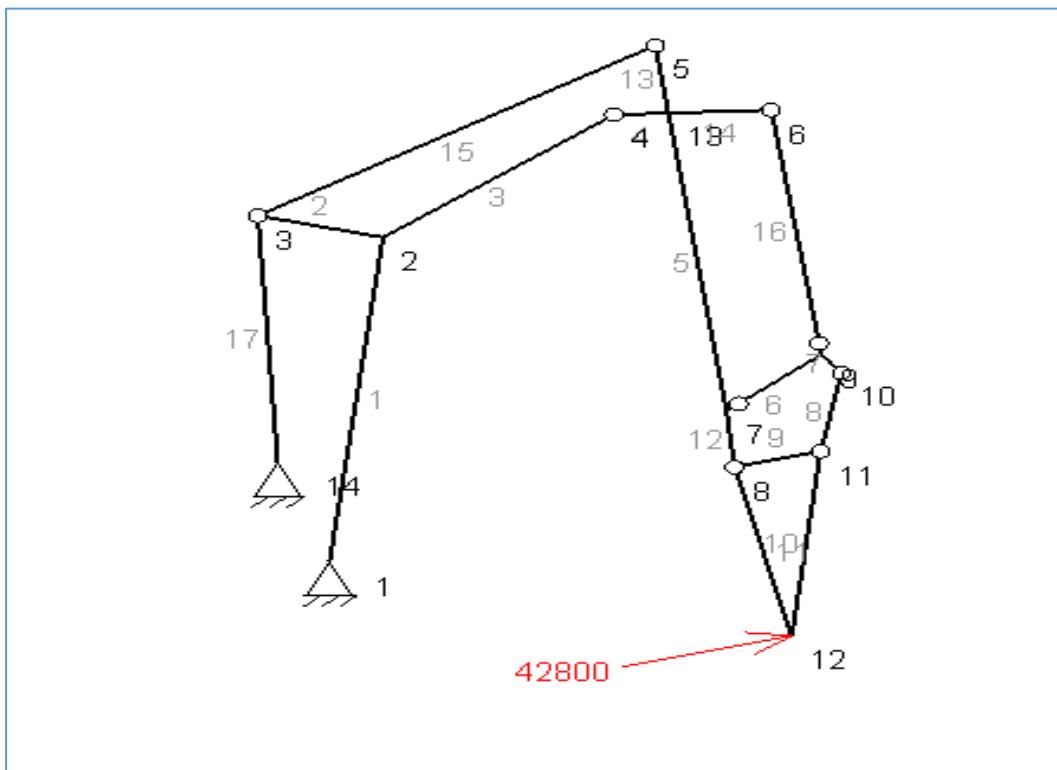
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 1186,84 | 2766,53 |
| 6 | 1698,13 | 2526,1 |
| 7 | 1859,94 | 928,71 |
| 8 | 2158,77 | 1297,94 |
| 9 | 1951,73 | 643,1 |
| 10 | 2255,93 | 1219,3 |
| 11 | 2261,82 | 794,34 |
| 12 | 2356,18 | -186,13 |



Posición 2.9

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 14 grados.



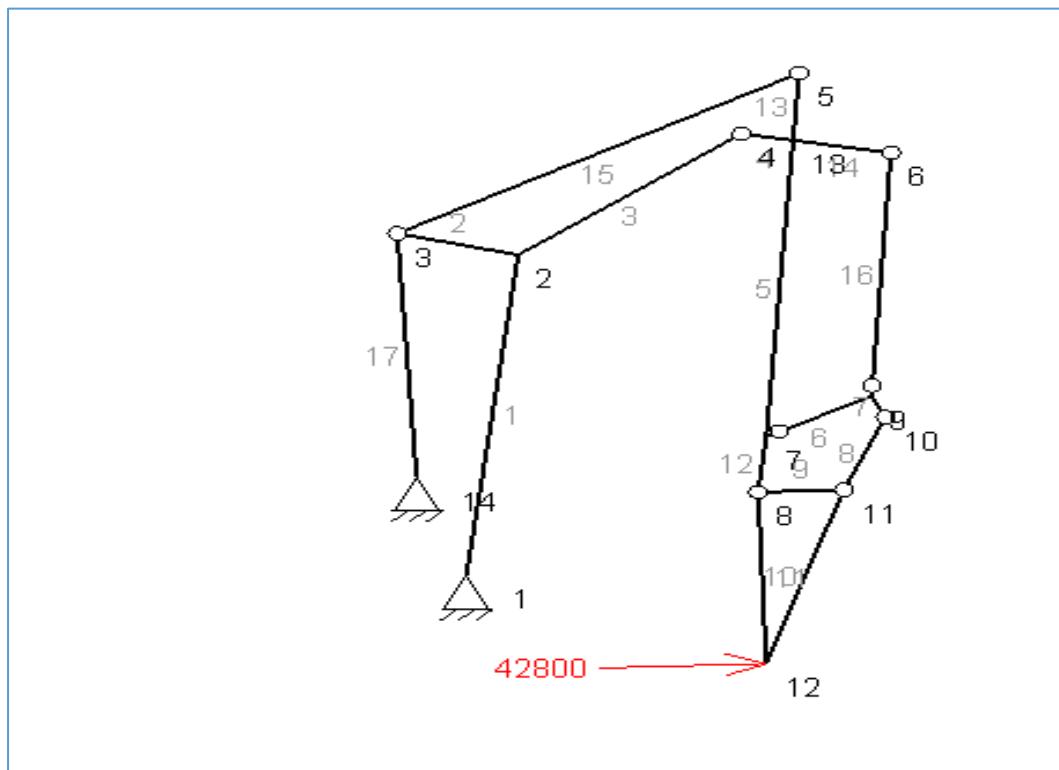
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 1266,6 | 2741,42 |
| 6 | 1716,73 | 2399,94 |
| 7 | 1542,89 | 803,82 |
| 8 | 1911,95 | 1102,84 |
| 9 | 1573,29 | 505,36 |
| 10 | 1990,64 | 1005,12 |
| 11 | 1908,05 | 588,83 |
| 12 | 1796,49 | -389,84 |



Posición 2.10

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 2 grados.

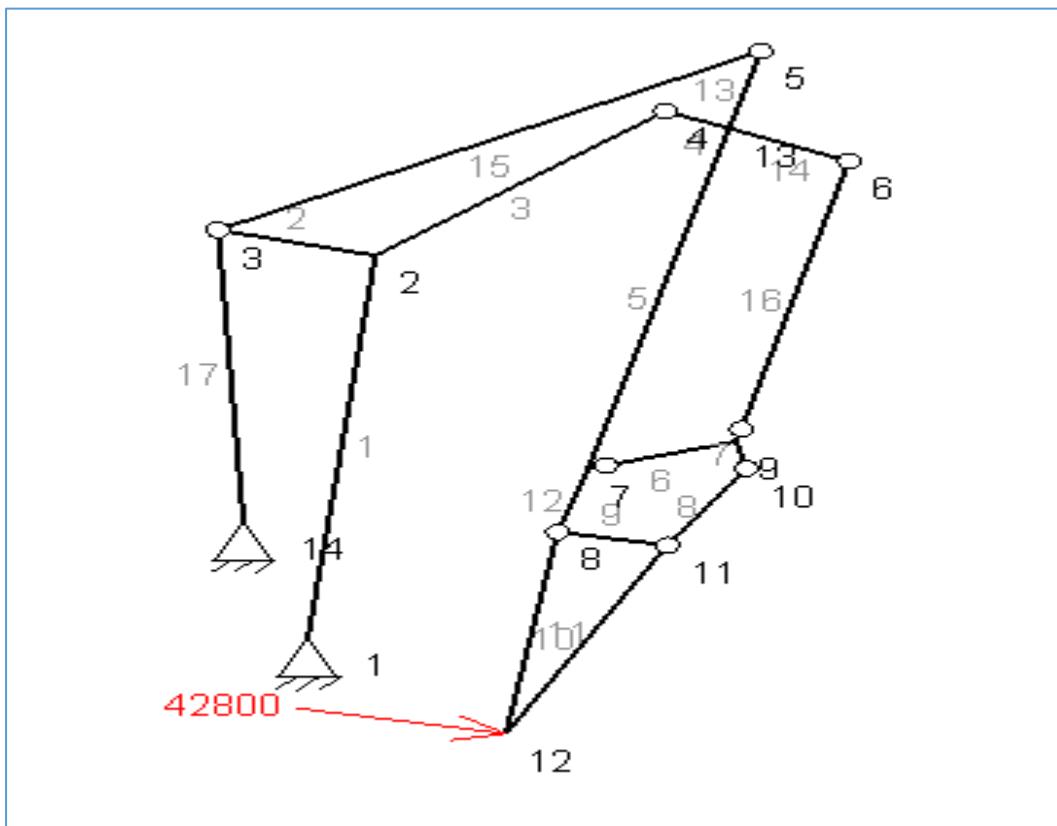


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 1339,4 | 2700,27 |
| 6 | 1708,7 | 2272,67 |
| 7 | 1206,8 | 747,57 |
| 8 | 1629,97 | 963,33 |
| 9 | 1174,49 | 449,31 |
| 10 | 1686,75 | 851,97 |
| 11 | 1519,28 | 461,35 |
| 12 | 1206,69 | -472,73 |

Posición 2.11

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 10 grados.



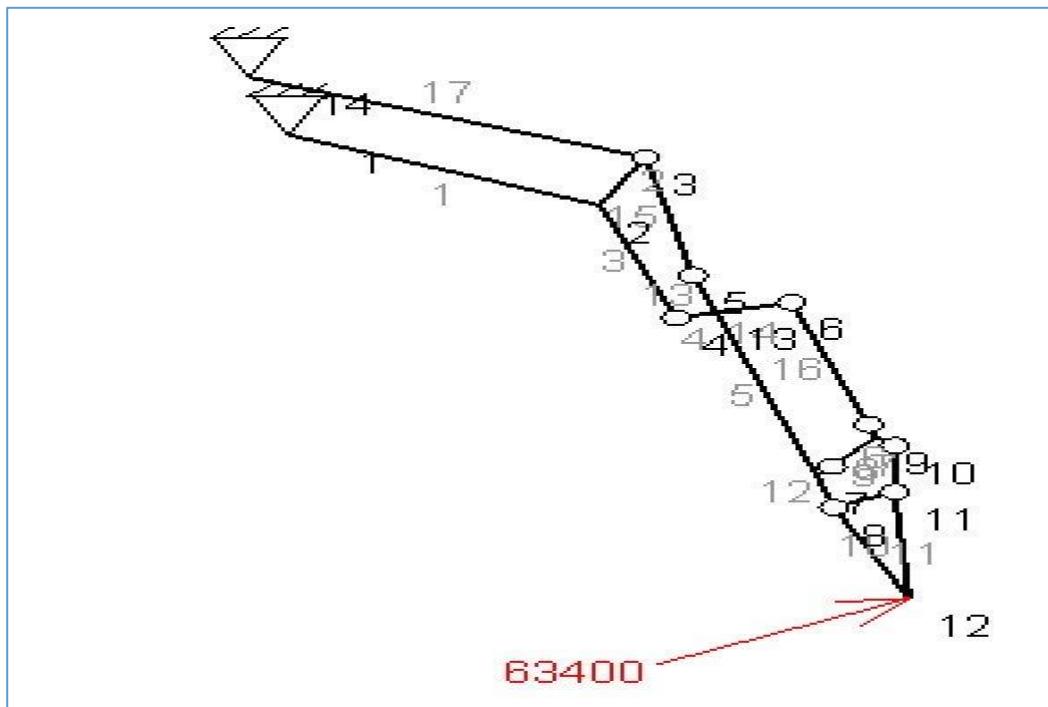
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 1402,05 | 2644,89 |
| 6 | 1674,37 | 2149,84 |
| 7 | 866,36 | 762,42 |
| 8 | 1325,14 | 885,48 |
| 9 | 772,74 | 477,4 |
| 10 | 1357,52 | 764,75 |
| 11 | 1112,5 | 417,49 |
| 12 | 612,53 | -431,18 |

1.3 Estudio geométrico del movimiento de la pluma

Posición 3.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 25 grados.



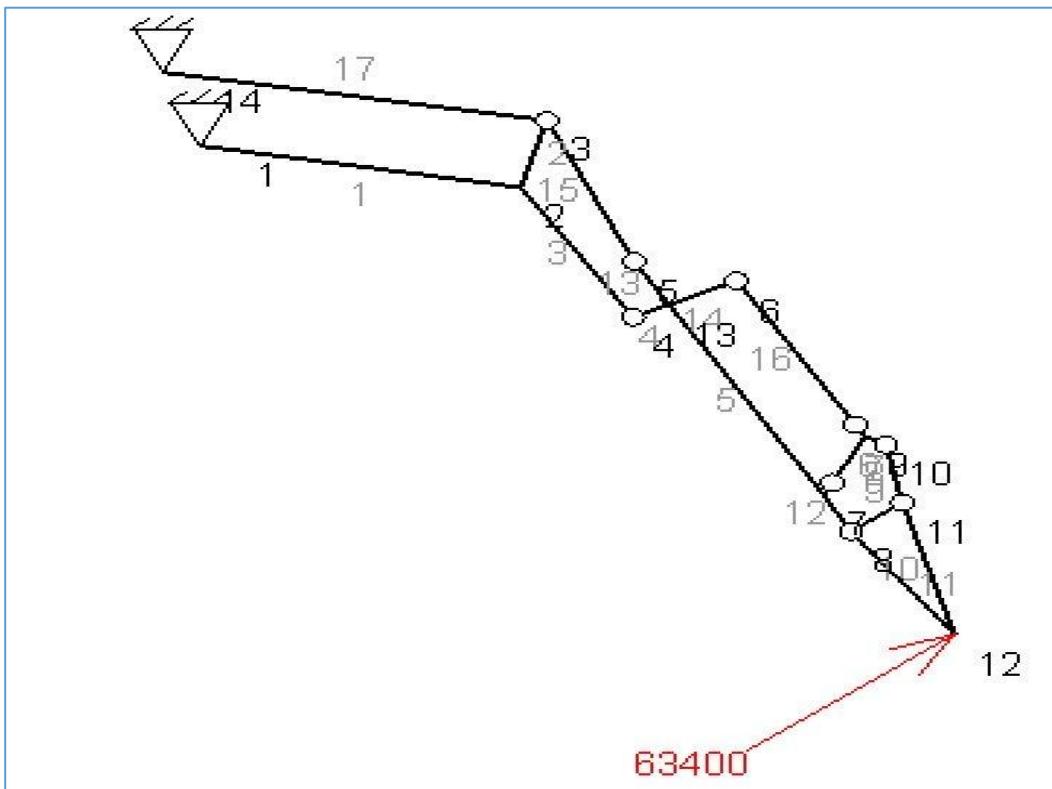
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -277,87 | 1839,13 |
| 2 | 208,7 | 1724 |
| 4 | 1107,26 | 2374,53 |
| 5 | 759,03 | 2571,34 |
| 6 | 1145,69 | 2983,31 |
| 7 | 2714,9 | 2643,59 |
| 8 | 2456,09 | 3041,88 |
| 11 | 3014,9 | 2642,63 |
| 10 | 2560,91 | 3109,99 |
| 9 | 2966,88 | 2984,27 |
| 12 | 3928,52 | 2771,03 |



Posición 3.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 37 grados.

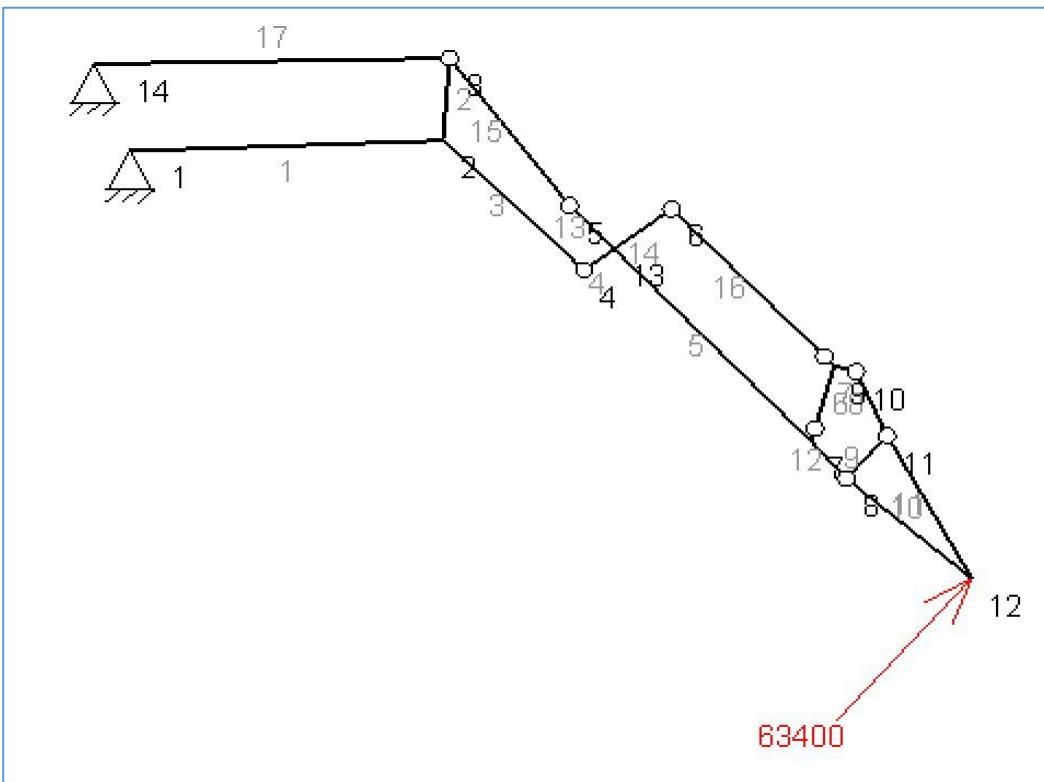


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1851,15 | 181,23 |
| 2 | 1710,7 | -298,63 |
| 4 | 2313,32 | -1230,01 |
| 5 | 2316,63 | -830,03 |
| 6 | 2864,41 | -968,48 |
| 7 | 3328,046 | -2505,64 |
| 8 | 3472,65 | -2768,49 |
| 11 | 3748,18 | -2560,86 |
| 10 | 3661,317 | -2144,84 |
| 9 | 3550,93 | -2086,18 |
| 12 | 4027,88 | -3505,32 |

Posición 3.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 49 grados.



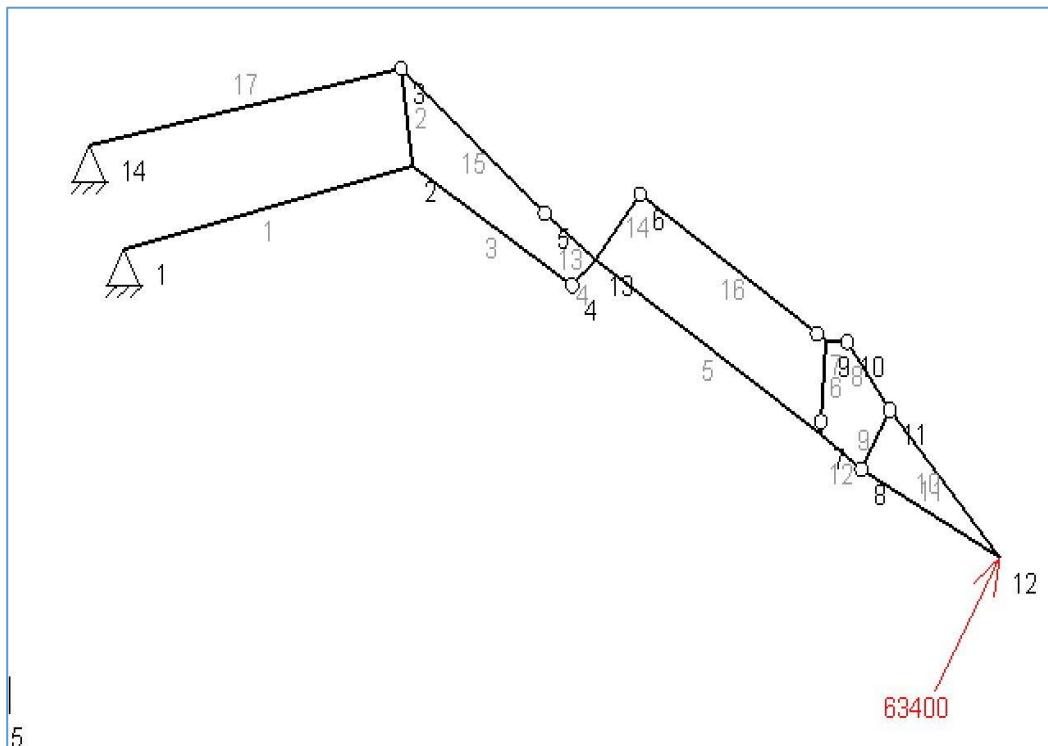
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1773,017 | 562,14 |
| 2 | 1735,4 | 63,56 |
| 4 | 2518,5 | -722,17 |
| 5 | 2438,58 | -330,23 |
| 6 | 3003,17 | -351,77 |
| 7 | 3776,27 | -1758,95 |
| 8 | 3972,36 | -1985,99 |
| 11 | 4198,7 | -1725,61 |
| 10 | 4027,24 | -1336,74 |
| 9 | 3907,079 | -1302,31 |
| 12 | 4668,66 | -2591,27 |



Posición 3.4

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 61 grados.



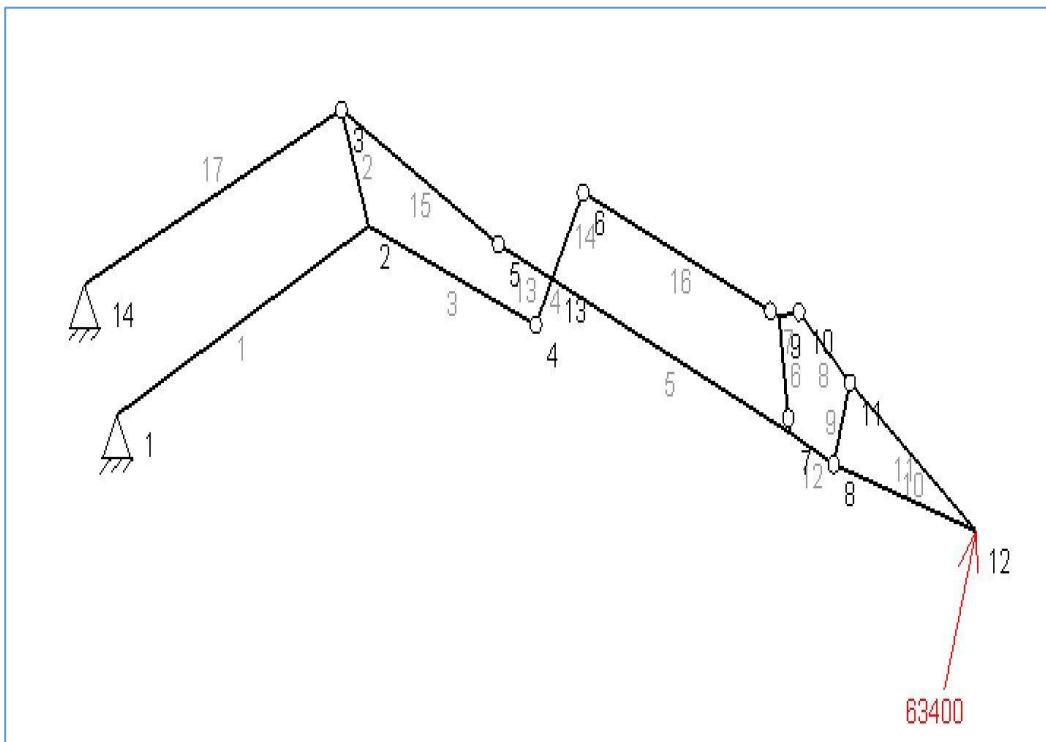
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1617,39 | 918,49 |
| 2 | 1684,26 | 422,98 |
| 4 | 2613,61 | -182,76 |
| 5 | 2453,95 | 183,99 |
| 6 | 3010,68 | 280,3 |
| 7 | 4059,46 | -935,38 |
| 8 | 4298,47 | -1116,69 |
| 11 | 4465,73 | -814,94 |
| 10 | 4217,16 | -470,21 |
| 9 | 4092,46 | -461,53 |
| 12 | 5105,4 | -1563,98 |



Posición 3.5

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 73 grados.



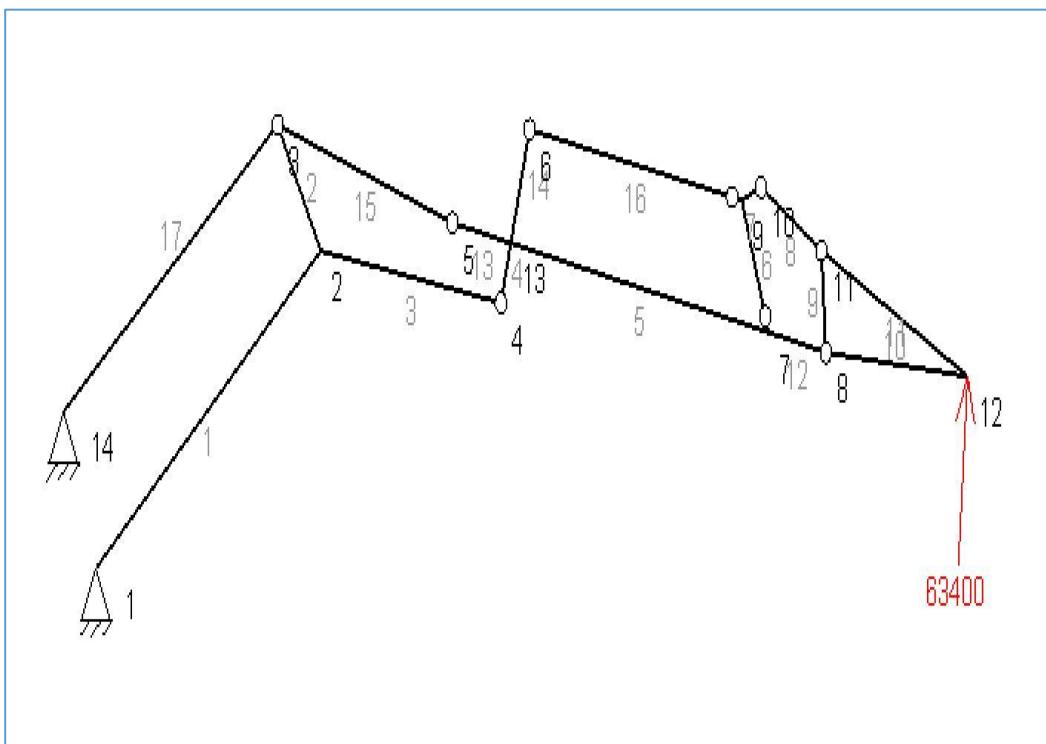
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1391,08 | 1234,69 |
| 2 | 1559,51 | 763,92 |
| 4 | 2594,5 | 364,63 |
| 5 | 2362,079 | 690,17 |
| 6 | 2886,61 | 900,14 |
| 7 | 4165,22 | -70,93 |
| 8 | 4436,71 | -198,58 |
| 11 | 4537,58 | 131,33 |
| 10 | 4222,77 | 416,85 |
| 9 | 4098,99 | 399,425 |
| 12 | 5319 | -468,33 |



Posición 3.6

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 85 grados.



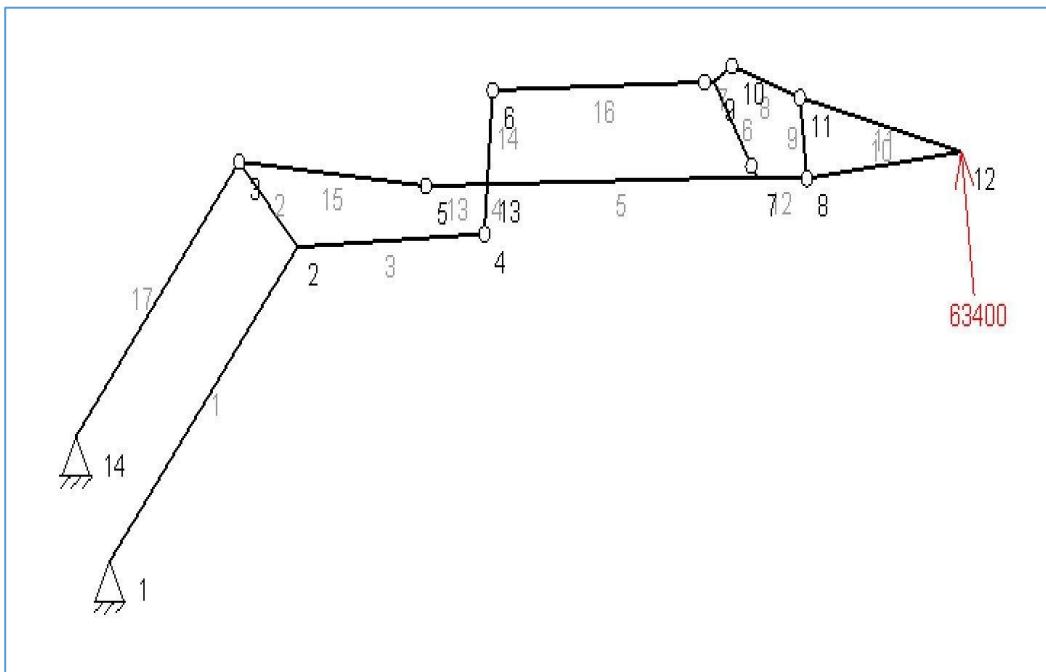
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,6 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,092 |
| 5 | 2166,96 | 1166,2 |
| 6 | 2636,38 | 1480,63 |
| 7 | 4088,95 | 796,61 |
| 8 | 4381,05 | 728,19 |
| 11 | 4411,11 | 1071,88 |
| 10 | 4043,82 | 1285,71 |
| 9 | 3926,37 | 1242,92 |
| 12 | 5300,14 | 647,78 |



Posición 3.7

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 83 grados.



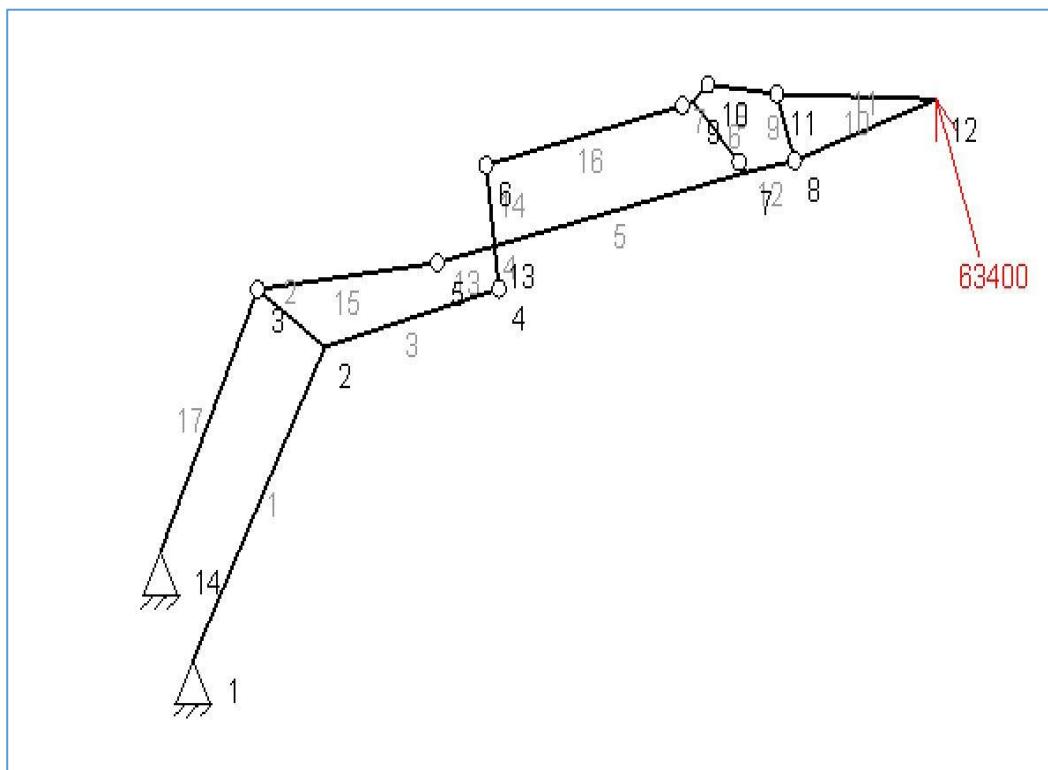
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 768,62 | 1693,75 |
| 2 | 1113,97 | 1332,18 |
| 4 | 2221,88 | 1388,38 |
| 5 | 1877,14 | 1591,25 |
| 6 | 2270,93 | 1996,41 |
| 7 | 3833,97 | 1629,34 |
| 8 | 4133,91 | 1623,15 |
| 11 | 4091,86 | 1965,58 |
| 10 | 3688,14 | 2098,37 |
| 9 | 3582,15 | 2032,1 |
| 12 | 5049,64 | 1735,59 |



Posición 3.8

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 71 grados.

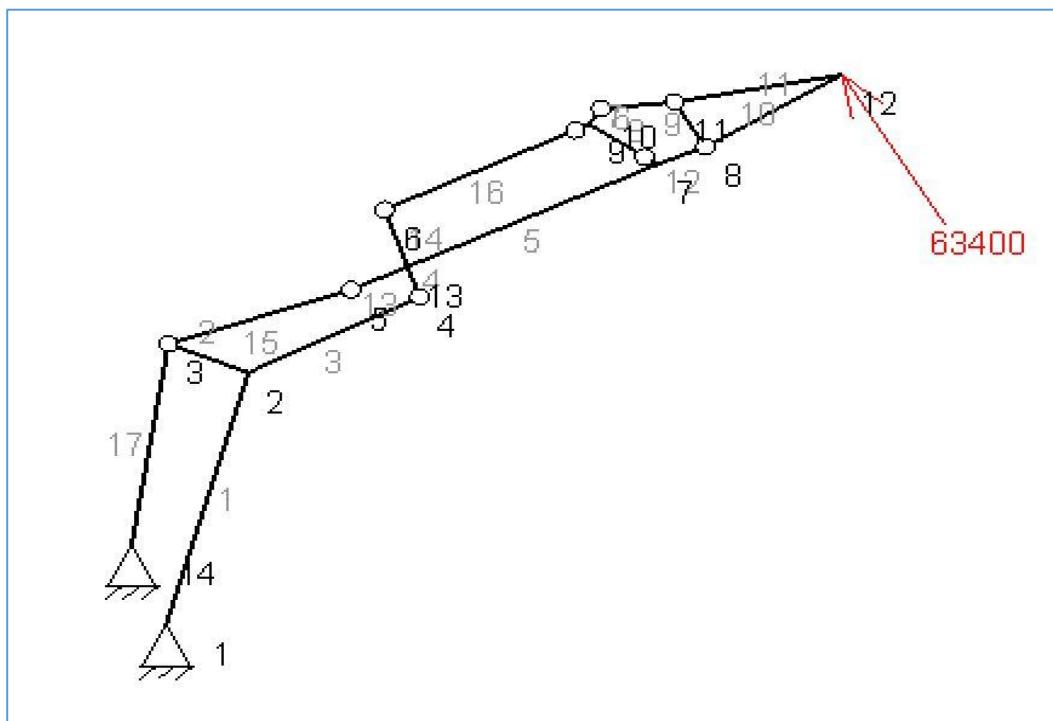


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 399,67 | 1816,55 |
| 2 | 812,65 | 1534,68 |
| 4 | 1884,67 | 1820 |
| 5 | 1505,28 | 1946,76 |
| 6 | 1806,23 | 2424,94 |
| 7 | 3411,43 | 2390,87 |
| 8 | 3706,1 | 2447,17 |
| 11 | 3593,78 | 2773,37 |
| 10 | 3171,27 | 2819,32 |
| 9 | 3081,38 | 2732,47 |
| 12 | 4578,44 | 2747,54 |

Posición 3.9

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 59 grados.

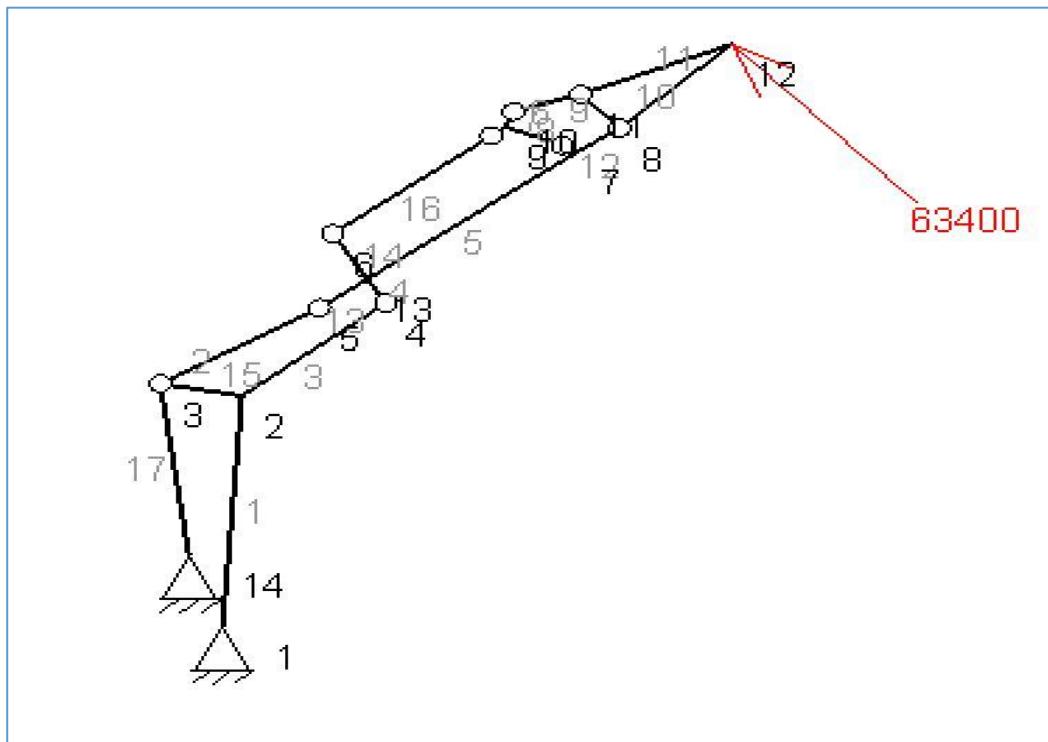


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 13,25 | 1859,95 |
| 2 | 475,81 | 1670,1 |
| 4 | 1465,085 | 2172,07 |
| 5 | 1067,63 | 2217,18 |
| 6 | 1262,59 | 2747,48 |
| 7 | 2839,79 | 3047,9 |
| 8 | 3116,32 | 3164,24 |
| 11 | 2938,63 | 3459,96 |
| 10 | 2515,8 | 3417,06 |
| 9 | 2445,93 | 3313,41 |
| 12 | 3907,14 | 3639,41 |

Posición 3.10

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 47 grados.



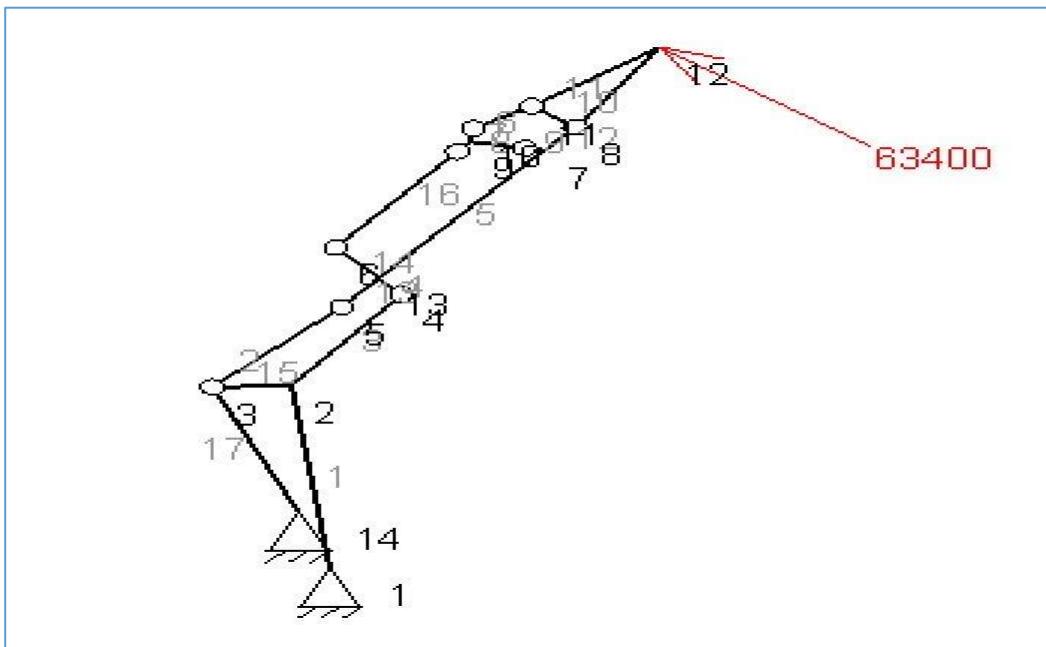
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -373,73 | 1822,064 |
| 2 | 118,18 | 1732,53 |
| 4 | 981,46 | 2429,22 |
| 5 | 583,32 | 2390,71 |
| 6 | 663,76 | 2949,95 |
| 7 | 2144,04 | 3571,72 |
| 8 | 2390,33 | 3743,013 |
| 11 | 2155,049 | 3995,33 |
| 10 | 1750,37 | 3865,45 |
| 9 | 1703,58 | 3749,54 |
| 12 | 3065,089 | 4372,22 |



Posición 3.11

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 35 grados.



Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | -744,39 | 1704,54 |
| 2 | -244,61 | 1719,25 |
| 4 | 454,95 | 2580,19 |
| 5 | 73,52 | 2459,74 |
| 6 | 35,92 | 3023,49 |
| 7 | 1354,58 | 3939,44 |
| 8 | 1559,88 | 4158,19 |
| 11 | 1277,28 | 4356,08 |
| 10 | 908,45 | 4144,91 |
| 9 | 886,78 | 4021,8 |
| 12 | 2089,07 | 4913,95 |



1.4 Conclusiones de primer estudio geométrico

Una vez realizadas las anteriores posiciones y observando sus resultados podemos ver cuál sería la zona de trabajo de la máquina, ya que en según qué posiciones los esfuerzos son muy grandes. Así que realizare otra serie de posiciones en el cual estén dentro de la zona de trabajo.

Ya que las posiciones fuera de la zona de trabajo nos proporciona unas dimensiones enormes, ya que la maquina no tiene la misma fuerza de excavación en según qué posiciones.

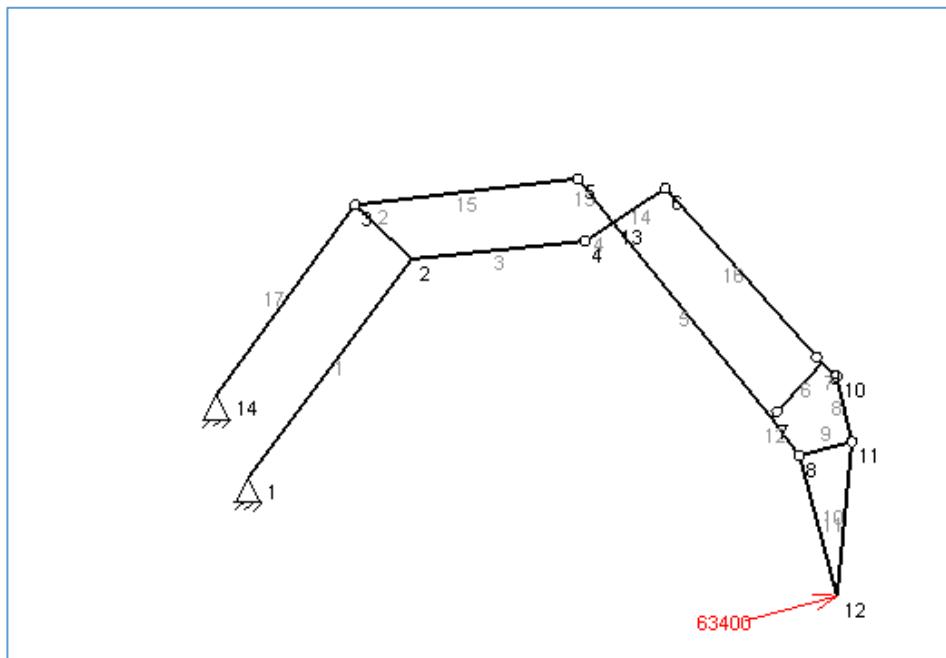
2. Segundo estudio geométrico.

En este segundo estudio analizaremos mediante el programa MEF1 como en el anterior pero solamente en posiciones donde la maquina pueda estar en la zona de trabajo.

2.1 Posiciones de trabajo

Posición 1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 15 grados.



Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

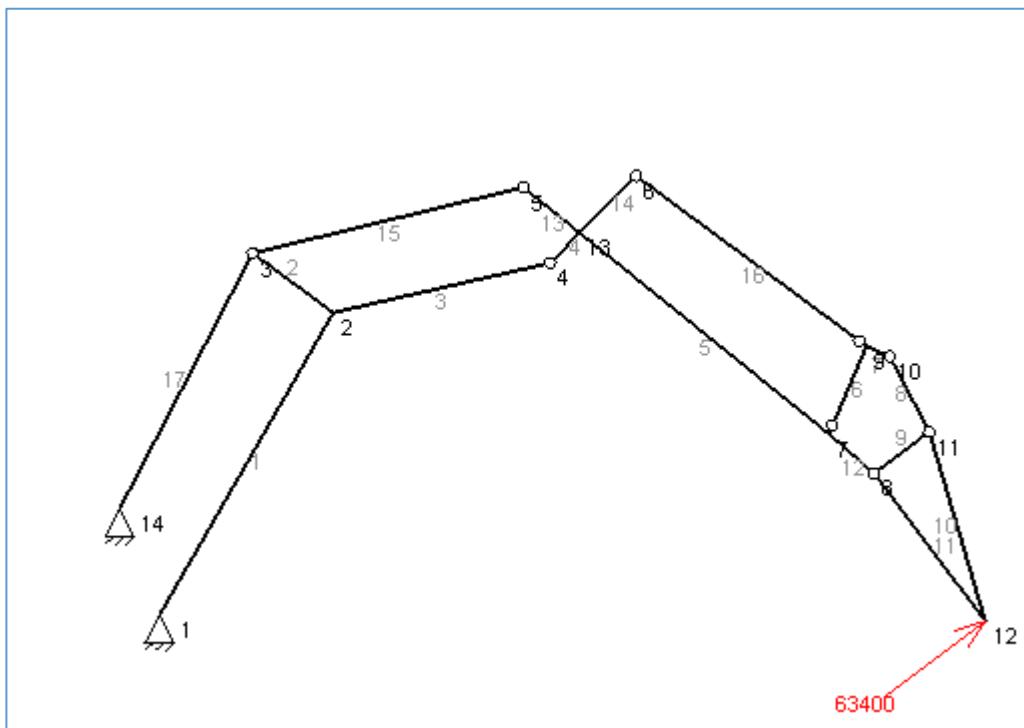
| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 678,92 | 1731,66 |
| 2 | 1042,72 | 1388,66 |
| 4 | 2146,17 | 1502,77 |
| 5 | 2097,95 | 1899,32 |
| 6 | 2655,5 | 1838,45 |
| 7 | 3328,56 | 380,77 |
| 8 | 3508,33 | 140,60 |
| 11 | 3841,58 | 229,9 |
| 10 | 3743,59 | 643,45 |
| 9 | 3652,06 | 728,58 |



| | | |
|----|---------|---------|
| 12 | 3747,12 | -750,55 |
|----|---------|---------|

Posición 2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 37 grados.

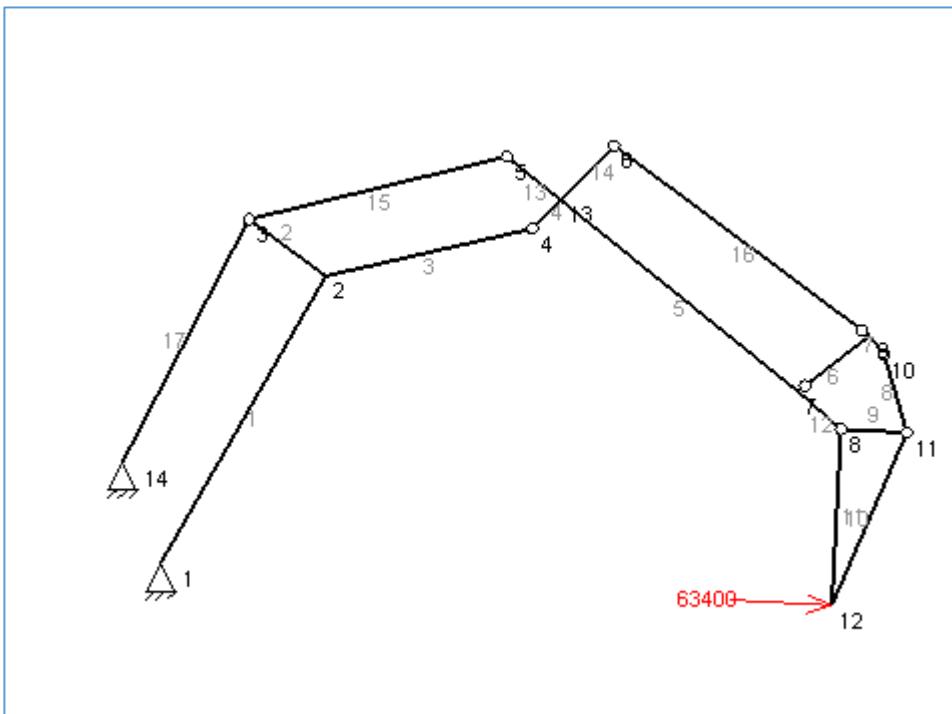


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 462,82 | 1801,49 |
| 2 | 865,71 | 1505,38 |
| 4 | 1947,039 | 1753,12 |
| 5 | 1813,35 | 2130,12 |
| 6 | 2375,44 | 2187,36 |
| 7 | 3336,85 | 901,47 |
| 8 | 3562,64 | 703,93 |
| 11 | 3838,17 | 911,56 |
| 10 | 3640,31 | 1287,69 |
| 9 | 3525,60 | 1337,36 |
| 12 | 4117,88 | -32,88 |

Posición 3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 3 grados.

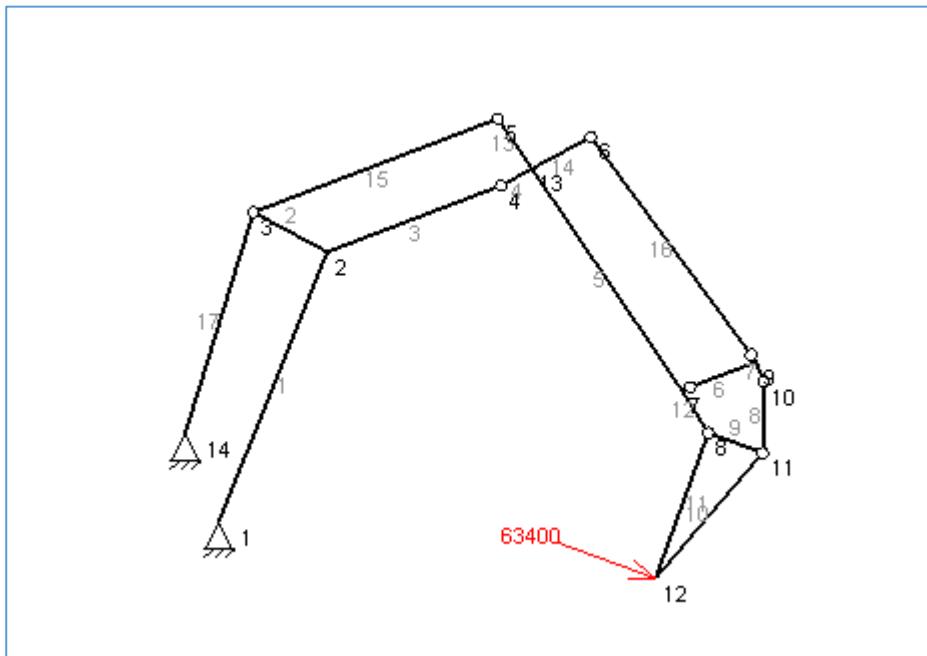


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 462,82 | 1801,49 |
| 2 | 865,71 | 1505,38 |
| 4 | 1947,03 | 1753,12 |
| 5 | 1813,35 | 2130,12 |
| 6 | 2375,44 | 2187,36 |
| 7 | 3336,85 | 901,47 |
| 8 | 3562,64 | 703,93 |
| 11 | 3907,16 | 685,88 |
| 10 | 3788,71 | 1094,03 |
| 9 | 3712,05 | 1192,77 |
| 12 | 3514,35 | -217,40 |

Posición 4

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 20 grados.



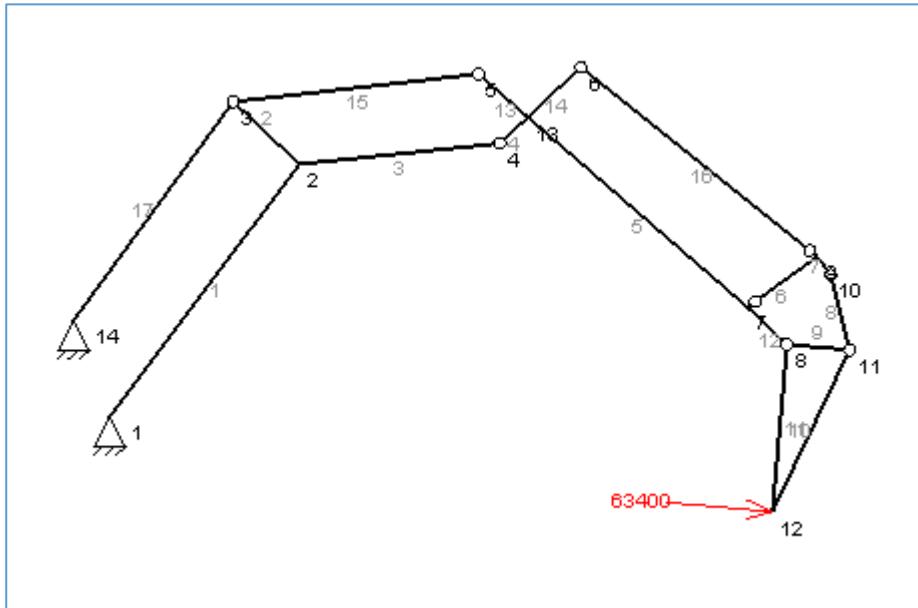
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 207,60 | 1848,37 |
| 2 | 647,78 | 1611,22 |
| 4 | 1684,10 | 2007,03 |
| 5 | 1666,48 | 2406,64 |
| 6 | 2220,75 | 2297,05 |
| 7 | 2764,19 | 786,26 |
| 8 | 2922,36 | 531,33 |
| 11 | 3246,55 | 413,34 |
| 10 | 3252,60 | 838,29 |
| 9 | 3208,16 | 955,13 |
| 12 | 2606,81 | -335,62 |



Posición 5

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 5 grados.



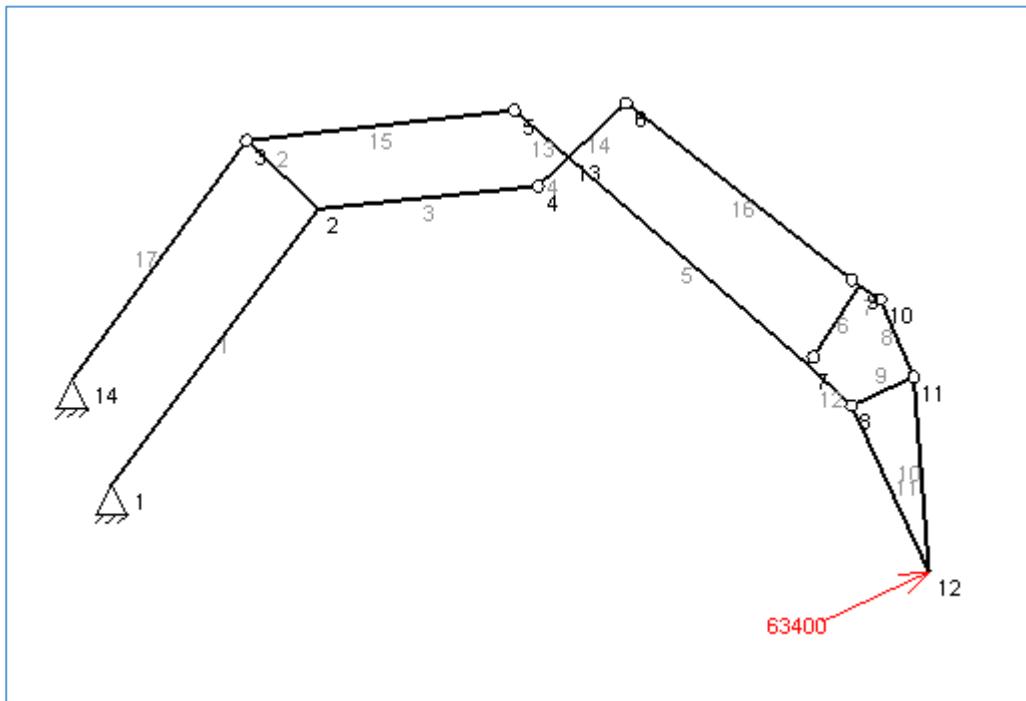
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 678,92 | 1731,66 |
| 2 | 1042,72 | 1388,66 |
| 4 | 2146,17 | 1502,77 |
| 5 | 2025,73 | 1884,20 |
| 6 | 2589,47 | 1921,79 |
| 7 | 3505,43 | 603,13 |
| 8 | 3724,18 | 397,84 |
| 11 | 4067,86 | 367,77 |
| 10 | 3963,72 | 779,81 |
| 9 | 3890,05 | 881,16 |
| 12 | 3643,77 | -521,25 |



Posición 6

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 25 grados.



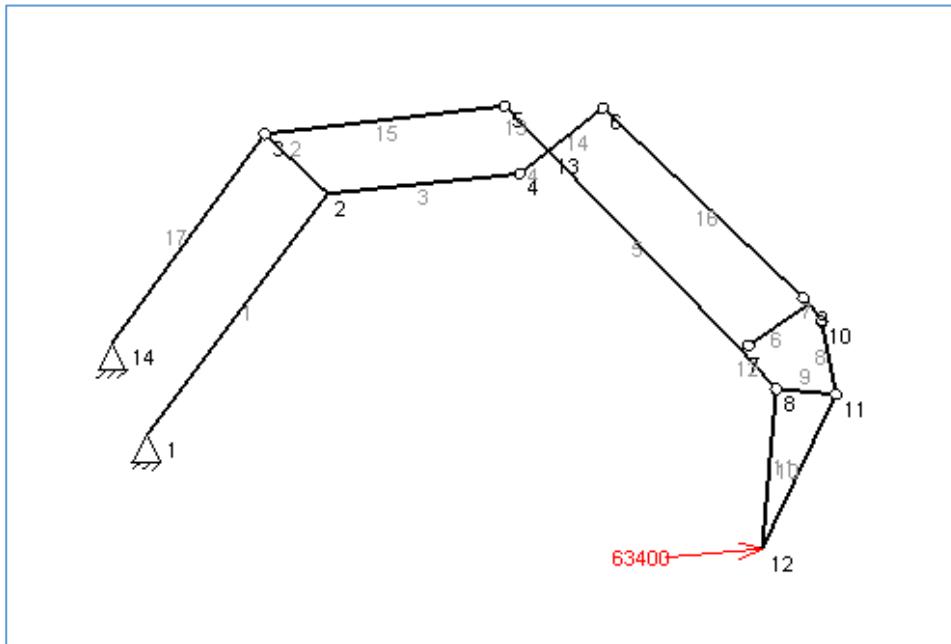
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 678,92 | 1731,66 |
| 2 | 1042,72 | 1388,66 |
| 4 | 2146,17 | 1502,77 |
| 5 | 2025,73 | 1884,20 |
| 6 | 2589,47 | 1921,79 |
| 7 | 3505,43 | 603,1 |
| 8 | 3724,18 | 397,84 |
| 11 | 4036,85 | 543,64 |
| 10 | 3868,54 | 933,89 |
| 9 | 3763,62 | 1001,83 |
| 12 | 4114,09 | -438,32 |



Posición 7

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 5 grados.

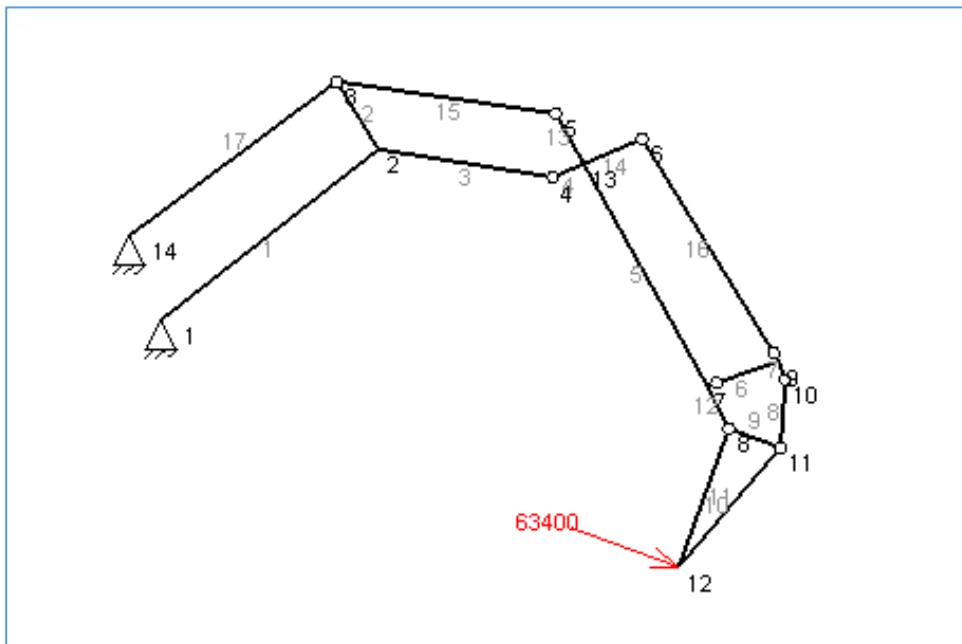


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 678,92 | 1731,66 |
| 2 | 1042,72 | 1388,66 |
| 4 | 2146,17 | 1502,77 |
| 5 | 2059,43 | 1893,25 |
| 6 | 2624,31 | 1881,56 |
| 7 | 3421,84 | 488,09 |
| 8 | 3621,87 | 264,51 |
| 11 | 3965,56 | 234,44 |
| 10 | 3884,96 | 651,73 |
| 9 | 3814,69 | 755,11 |
| 12 | 3541,46 | -654,58 |

Posición 8

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 20 grados.



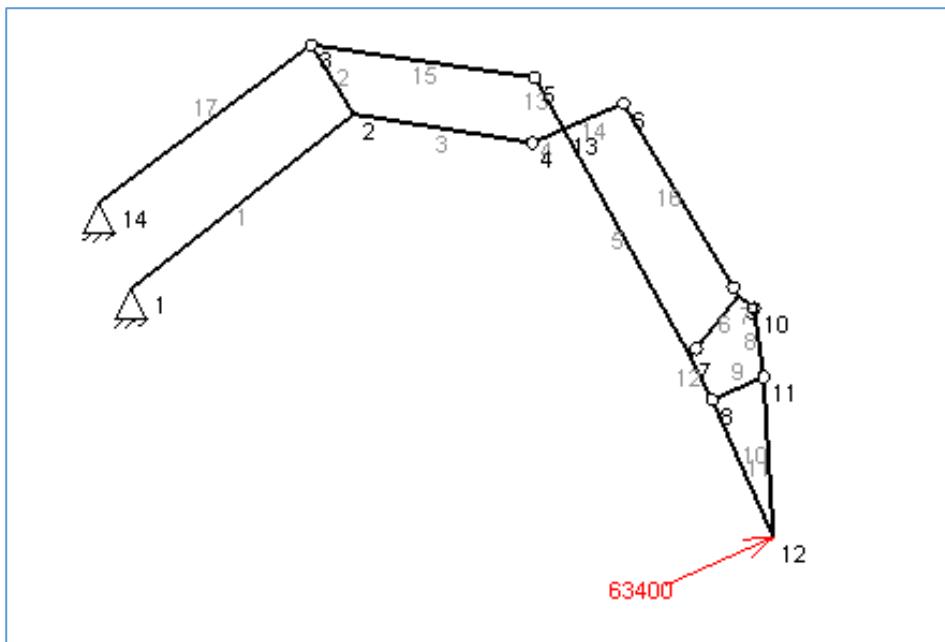
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,60 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,08 |
| 5 | 2479,26 | 1295,71 |
| 6 | 3021,87 | 1138,23 |
| 7 | 3431,58 | -414,17 |
| 8 | 3566,92 | -681,91 |
| 11 | 3891,11 | -799,90 |
| 10 | 3921,26 | -375,97 |
| 9 | 3880,15 | -257,93 |
| 12 | 3251,37 | -1548,87 |



Posición 9

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 24 grados.



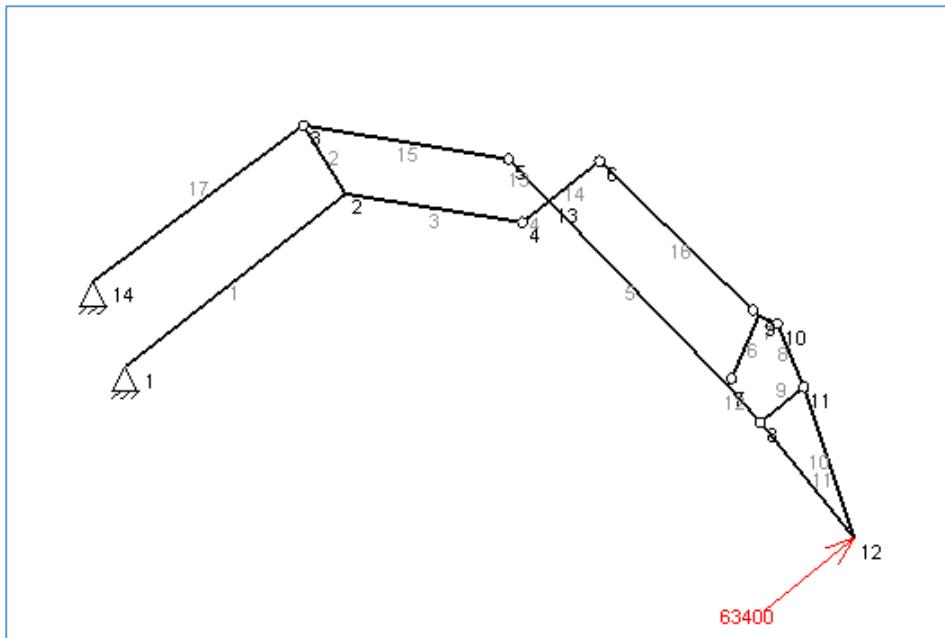
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,60 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,08 |
| 5 | 2479,26 | 1295,71 |
| 6 | 3021,87 | 1138,23 |
| 7 | 3431,58 | -414,17 |
| 8 | 3566,92 | -681,91 |
| 11 | 3882,09 | -541,58 |
| 10 | 3825,22 | -120,40 |
| 9 | 3727,42 | -42,55 |
| 12 | 3942,18 | -1524,75 |



Posición 10

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 39 grados.



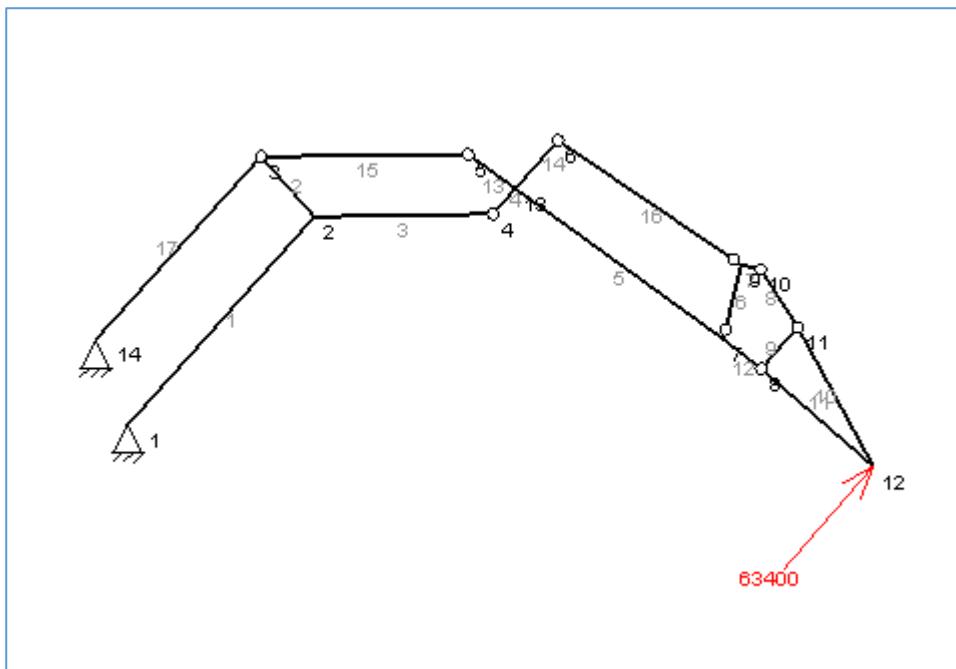
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,60 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,08 |
| 5 | 2375,24 | 1286,57 |
| 6 | 2940,12 | 1274,89 |
| 7 | 3737,66 | -118,58 |
| 8 | 3937,69 | -342,16 |
| 11 | 4205,80 | -125,04 |
| 10 | 4041,86 | 267,05 |
| 9 | 3927,24 | 316,94 |
| 12 | 4518,30 | -1059,16 |



Posición 11

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 49 grados.



Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 827,26 | 1665,90 |
| 2 | 1159,78 | 1292,49 |
| 4 | 2268,98 | 1310 |
| 5 | 2115,75 | 1679,48 |
| 6 | 2674,07 | 1766,07 |
| 7 | 3701,47 | 532,25 |
| 8 | 3937,28 | 346,80 |
| 11 | 4163,62 | 607,18 |
| 10 | 3934,08 | 964,86 |
| 9 | 3812,54 | 994,09 |
| 12 | 4633,58 | -258,47 |

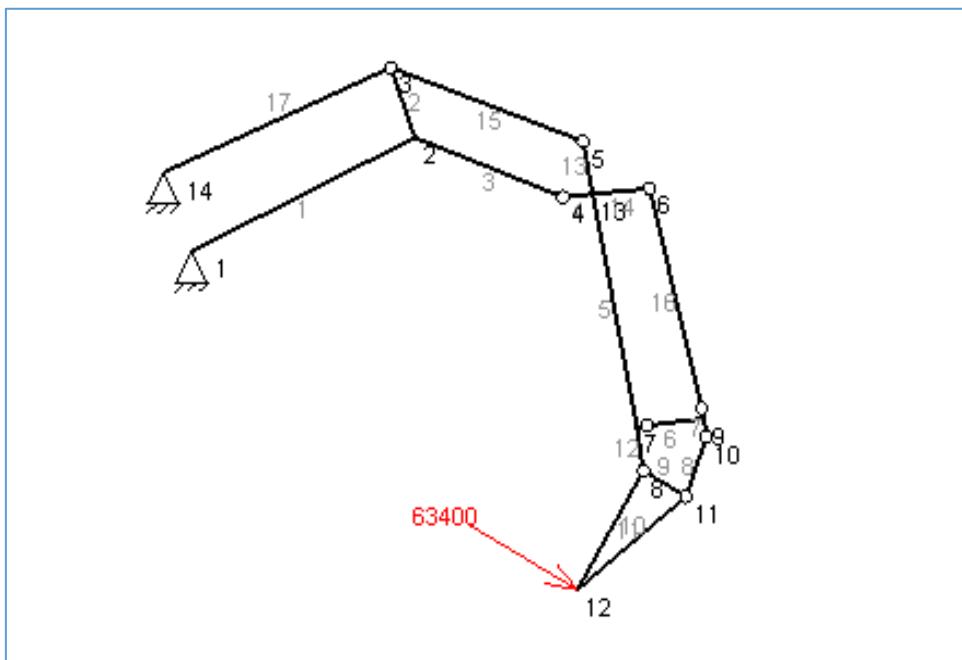


2.2 Posiciones de Trabajo combinadas.

En este apartado el estudio geométrico es una combinación de posiciones de las del primer estudio geométrico, elijo las posiciones más adecuadas que la maquina va utilizar.

Posición 1.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 30 grados.



Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

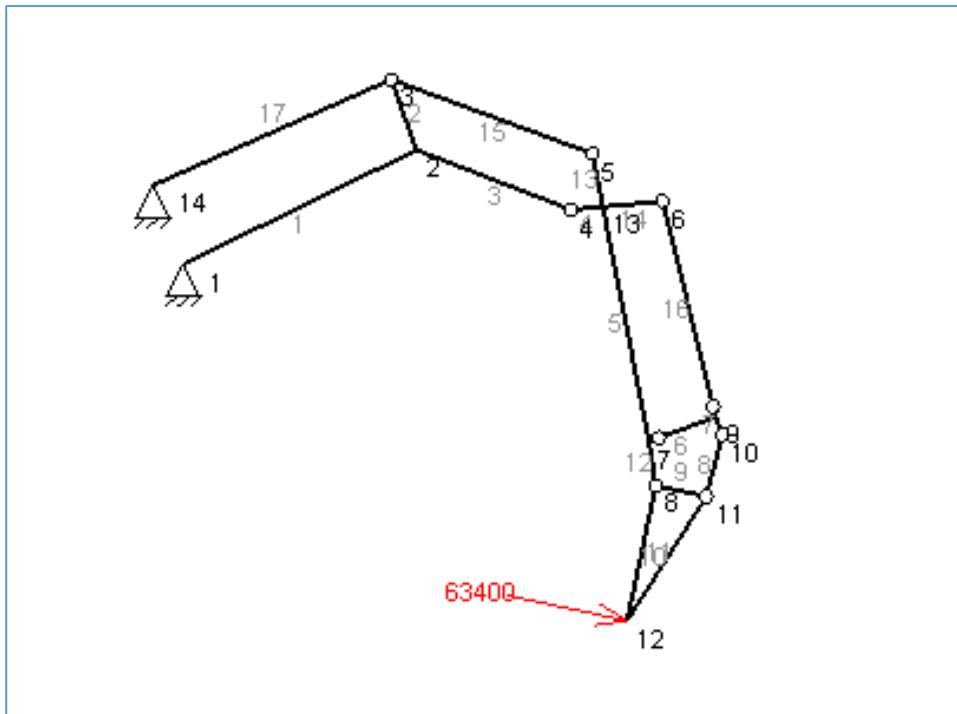
| Puntos | X | Y |
|--------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1391,08 | 1234,698 |
| 2 | 1559,51 | 763,92 |
| 4 | 2594,5 | 364,63 |
| 5 | 2734,422 | 739,36 |
| 6 | 3201,8 | 421,9 |
| 7 | 3111,73 | -1181,12 |
| 8 | 3157,72 | -1477,57 |
| 11 | 3456,5 | -1650,07 |
| 10 | 3598,14 | -1249,37 |
| 9 | 3583,44 | -1125,24 |



| | | |
|----|---------|----------|
| 12 | 2696,42 | -2276,57 |
|----|---------|----------|

Posición 1.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 12 grados.



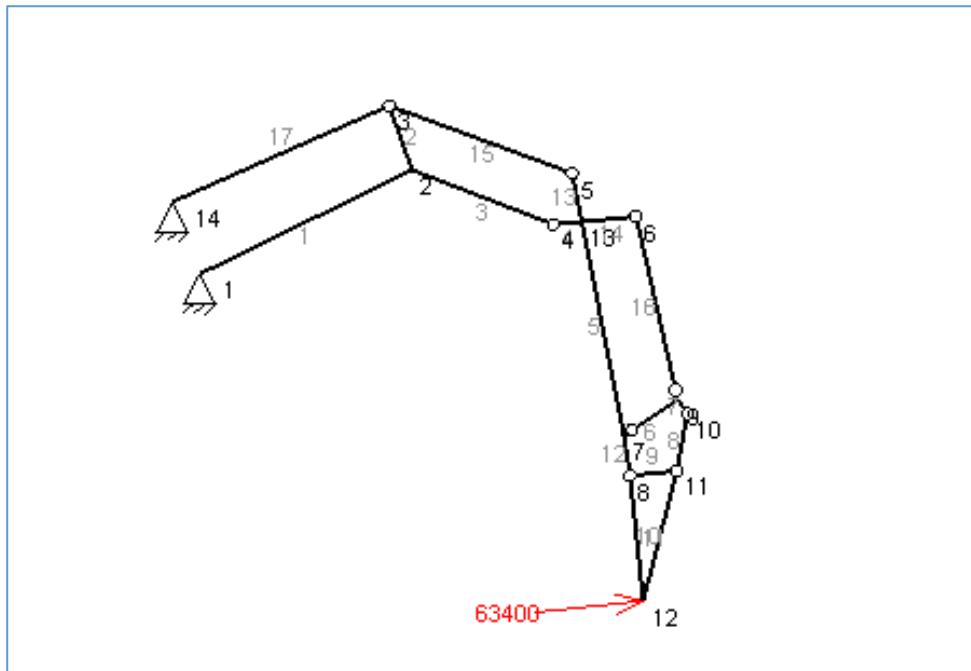
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1391,08 | 1234,698 |
| 2 | 1559,51 | 763,92 |
| 4 | 2594,5 | 364,63 |
| 5 | 2734,422 | 739,36 |
| 6 | 3201,8 | 421,9 |
| 7 | 3111,73 | -1181,12 |
| 8 | 3157,72 | -1477,57 |
| 11 | 3495,18 | -1549,3 |
| 10 | 3600,98 | -1137,68 |
| 9 | 3558,61 | -1020,09 |
| 12 | 2965,9 | -2380,02 |



Posición 1.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 6 grados.



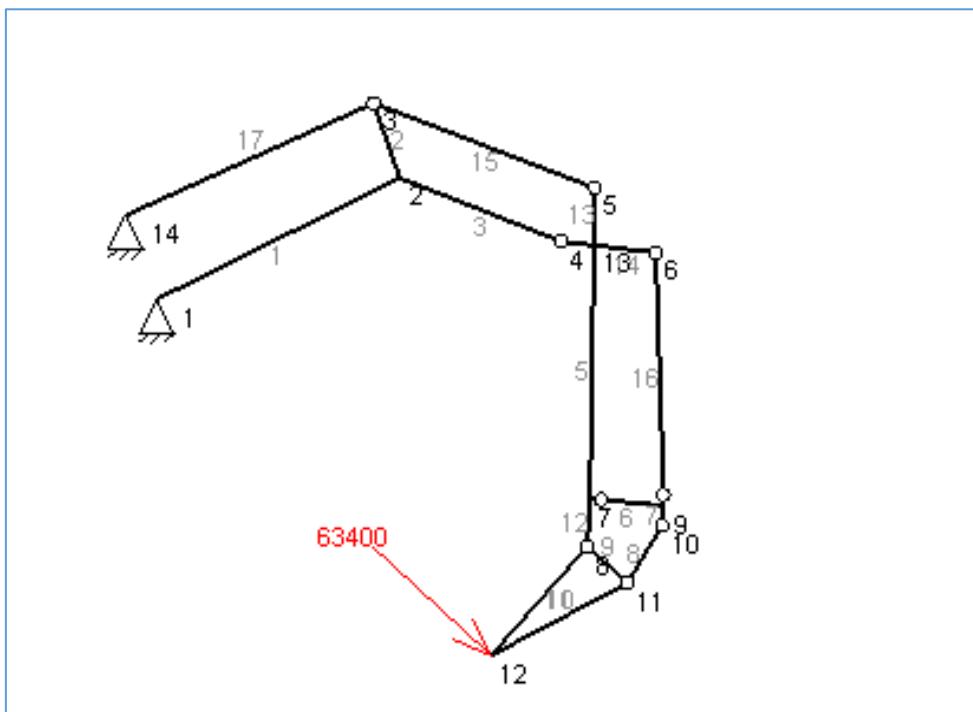
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1391,08 | 1234,698 |
| 2 | 1559,51 | 763,92 |
| 4 | 2594,5 | 364,63 |
| 5 | 2734,422 | 739,36 |
| 6 | 3201,8 | 421,9 |
| 7 | 3111,73 | -1181,12 |
| 8 | 3157,72 | -1477,57 |
| 11 | 3500,83 | -1441,51 |
| 10 | 3576,89 | -1023,37 |
| 9 | 3507,94 | -919,94 |
| 12 | 3254,16 | -2395,12 |



Posición 2.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 42 grados.



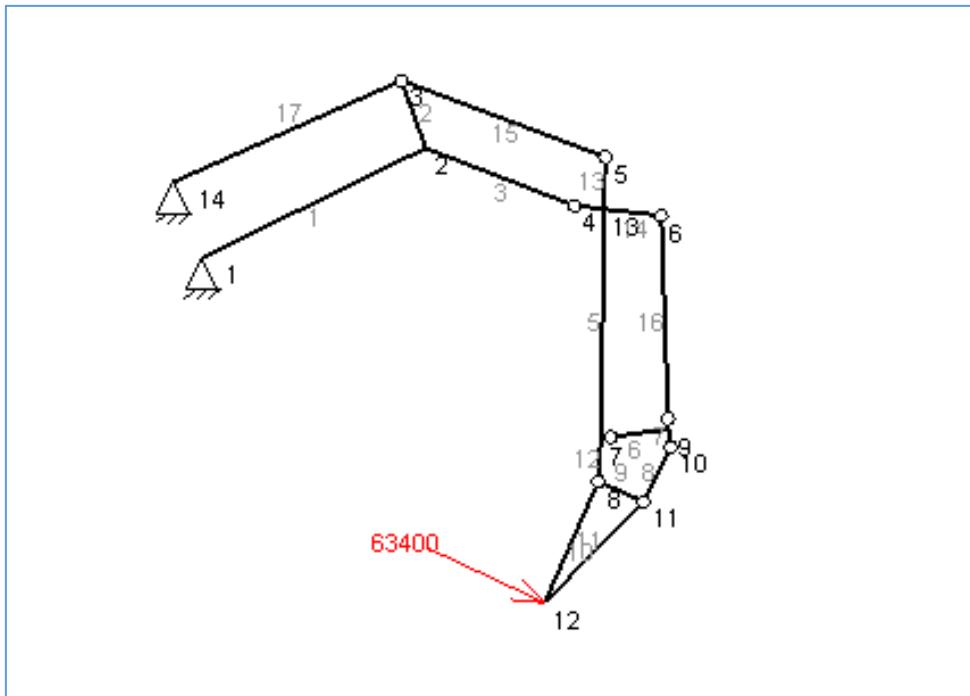
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1391,08 | 1234,698 |
| 2 | 1559,51 | 763,92 |
| 4 | 2594,5 | 364,63 |
| 5 | 2809,27 | 702,08 |
| 6 | 3200,44 | 294,39 |
| 7 | 2779,05 | -1254,88 |
| 8 | 2762,39 | -1554,42 |
| 11 | 3018,78 | -1785,27 |
| 10 | 3240,64 | -1422,77 |
| 9 | 3252,06 | -1298,29 |
| 12 | 2145,05 | -2240,05 |



Posición 2.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 24 grados.



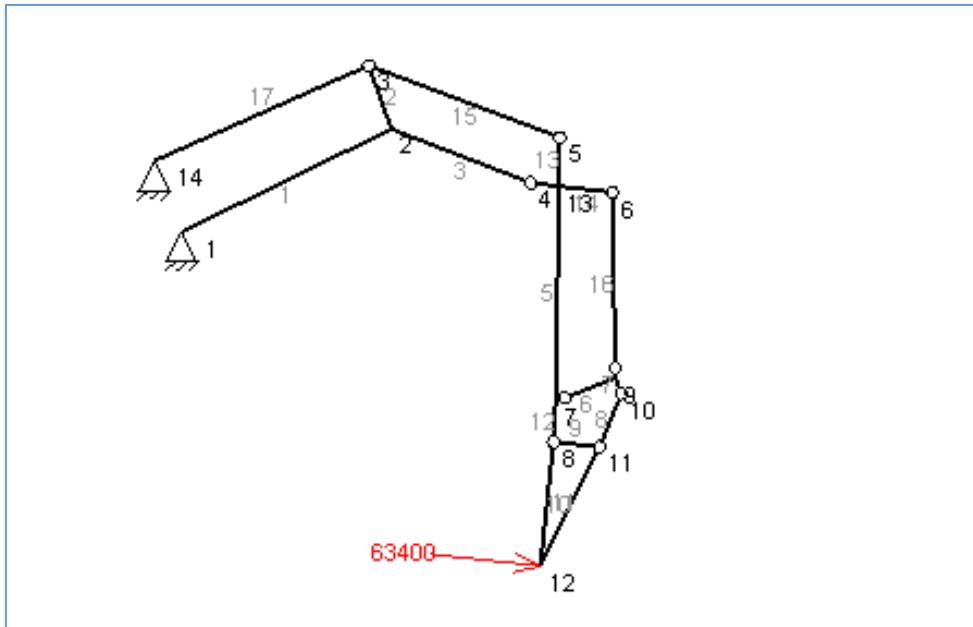
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1391,08 | 1234,698 |
| 2 | 1559,51 | 763,92 |
| 4 | 2594,5 | 364,63 |
| 5 | 2809,27 | 702,08 |
| 6 | 3200,44 | 294,39 |
| 7 | 2779,05 | -1254,88 |
| 8 | 2762,39 | -1554,42 |
| 11 | 3077,57 | -1694,74 |
| 10 | 3266,64 | -1314,12 |
| 9 | 3249,64 | -1190,28 |
| 12 | 2387,14 | -2397,26 |



Posición 2.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 6 grados.



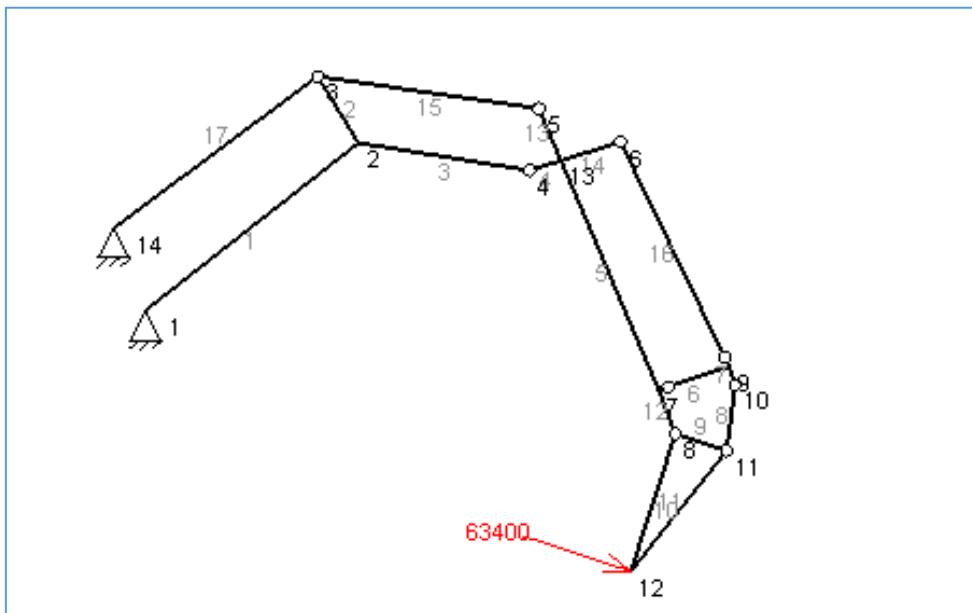
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|-----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1391,08 | 1234,698 |
| 2 | 1559,51 | 763,92 |
| 4 | 2594,5 | 364,63 |
| 5 | 1809,27 | 702,08 |
| 6 | 3200,44 | 294,39 |
| 7 | 2779,05 | -1254,88 |
| 8 | 2762,39 | -1554,42 |
| 11 | 3105,5 | -1590,48 |
| 10 | 3266,84 | -1197,29 |
| 9 | 3221,07 | -1080,97 |
| 12 | 2665,95 | -2471,972 |



Posición 3.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 18 grados.



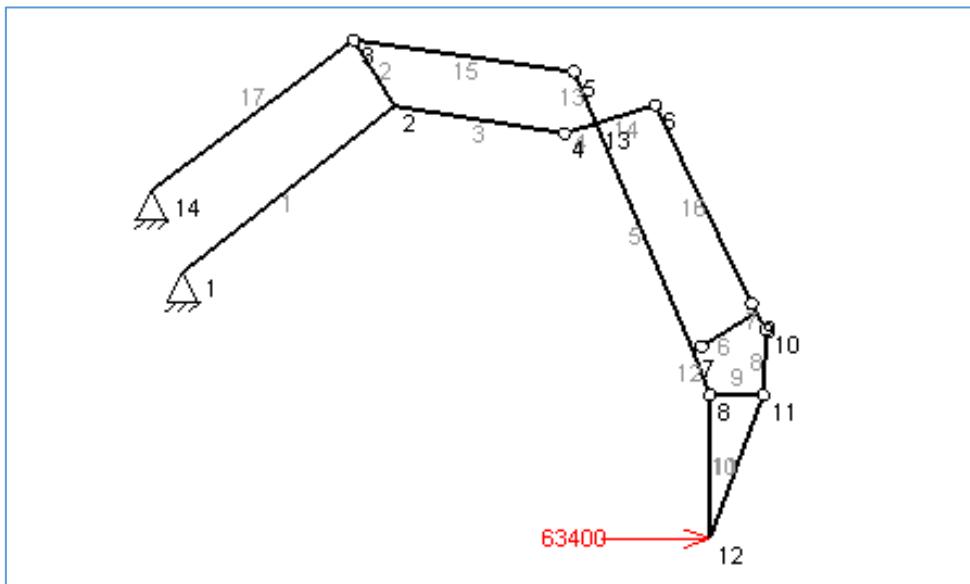
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,6 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,09 |
| 5 | 2520,94 | 1291,72 |
| 6 | 3044,12 | 1078,38 |
| 7 | 3289,31 | -508,34 |
| 8 | 3395,92 | -788,76 |
| 11 | 3724,039 | -895,37 |
| 10 | 3779,27 | -473,97 |
| 9 | 3739,086 | -355,61 |
| 12 | 3110,82 | -1666,21 |



Posición 3.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 0 grados.

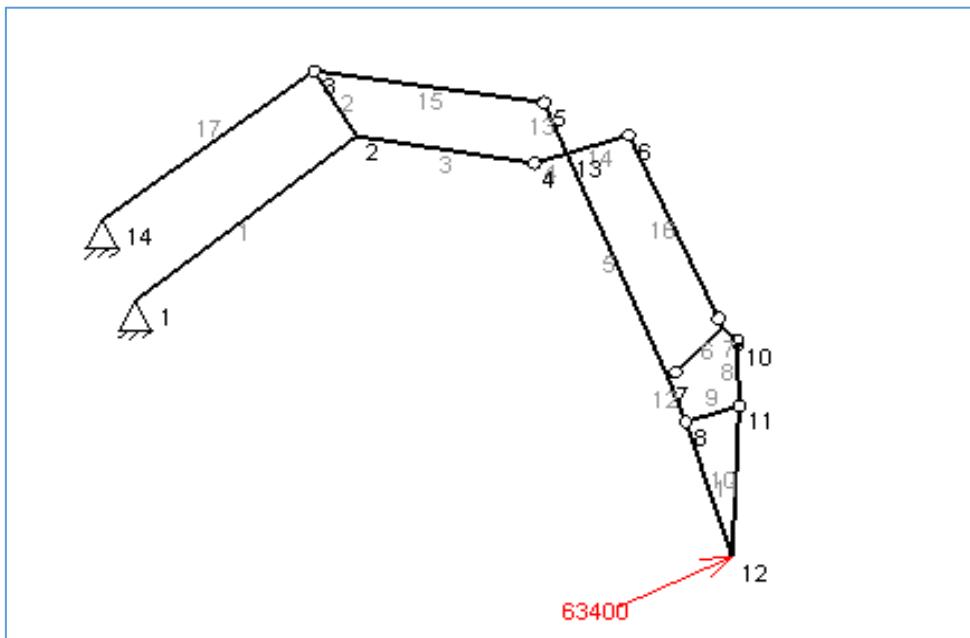


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|---------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,6 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,09 |
| 5 | 2520,94 | 1291,72 |
| 6 | 3044,12 | 1078,38 |
| 7 | 3289,31 | -508,34 |
| 8 | 3395,92 | -788,76 |
| 11 | 3740,92 | -788,762 |
| 10 | 3758,83 | -364,14 |
| 9 | 3692,93 | -257,92 |
| 12 | 3395,92 | -1711,36 |

Posición 3.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 18 grados.



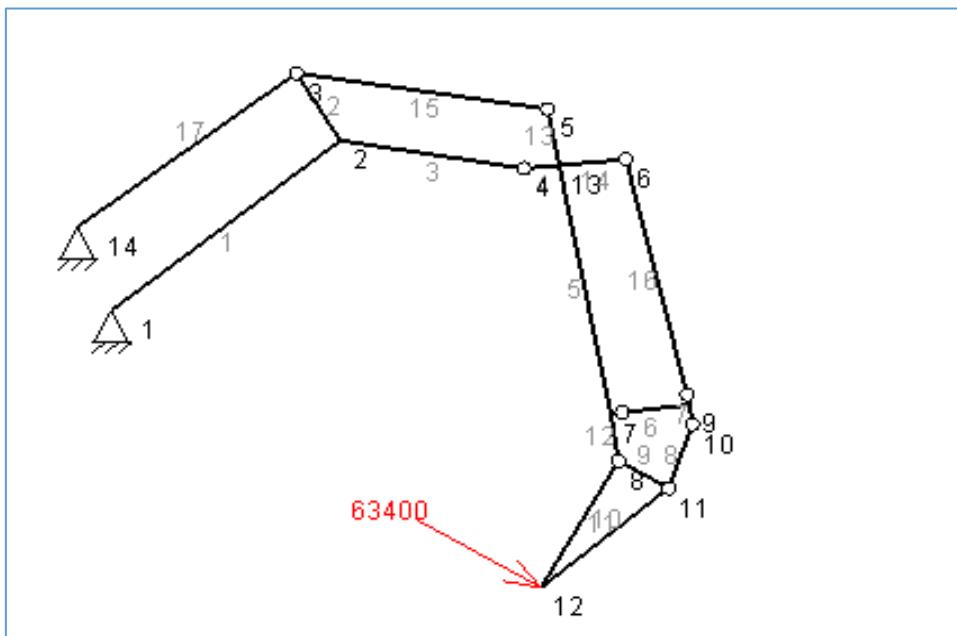
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,6 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,09 |
| 5 | 2520,94 | 1291,72 |
| 6 | 3044,12 | 1078,38 |
| 7 | 3289,31 | -508,34 |
| 8 | 3395,92 | -788,76 |
| 11 | 3724,039 | -682,15 |
| 10 | 3711,49 | -257,33 |
| 9 | 3622,37 | -169,68 |
| 12 | 3681,02 | -1666,21 |



Posición 4.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 30 grados.



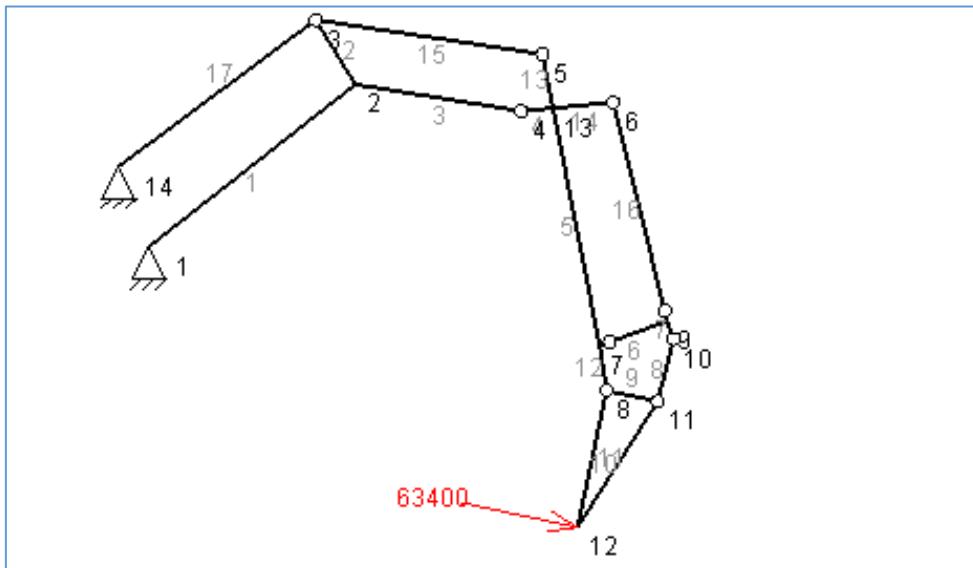
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|-----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,6 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,09 |
| 5 | 2601,91 | 1270,822 |
| 6 | 3069,299 | 953,369 |
| 7 | 2979,231 | -649,664 |
| 8 | 3025,2154 | -946,119 |
| 11 | 3323,994 | -1118,619 |
| 10 | 3465,638 | -717,917 |
| 9 | 3450,933 | -593,785 |
| 12 | 2563,912 | -1745,11 |



Posición 4.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 12 grados.



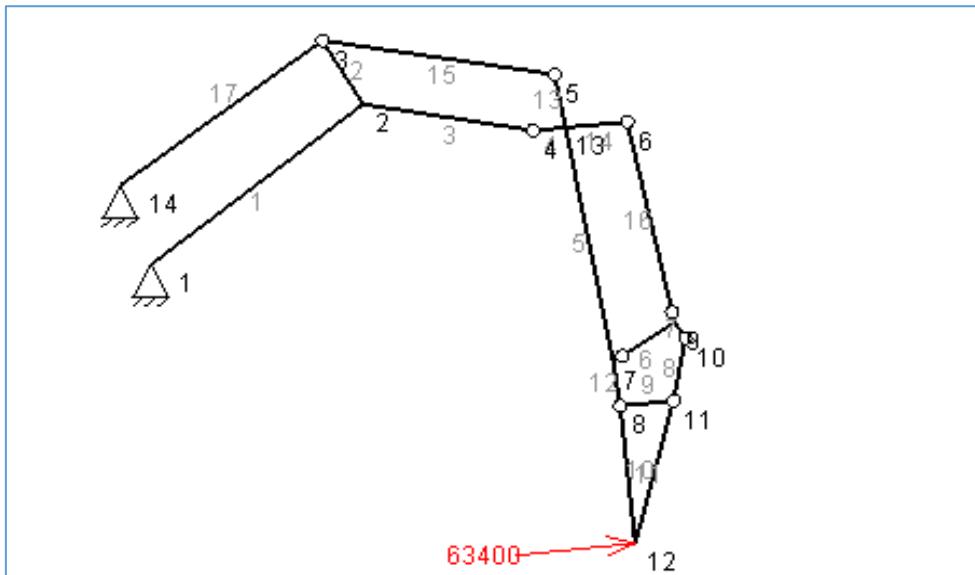
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|-----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,6 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,09 |
| 5 | 2601,91 | 1270,822 |
| 6 | 3069,299 | 953,369 |
| 7 | 2979,231 | -649,664 |
| 8 | 3025,2154 | -946,119 |
| 11 | 3362,676 | -1017,848 |
| 10 | 3468,479 | -606,229 |
| 9 | 3426,1 | -488,63 |
| 12 | 2833,395 | -1848,563 |



Posición 4.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 6 grados.



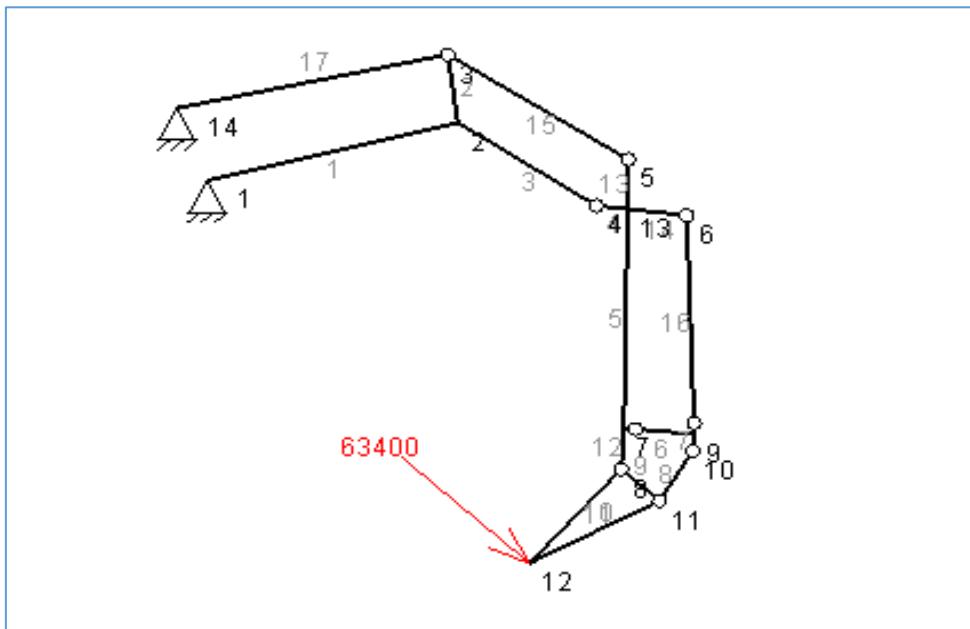
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|-----------|----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1103,97 | 1496,94 |
| 2 | 1366,6 | 1071,46 |
| 4 | 2461,99 | 896,09 |
| 5 | 2601,91 | 1270,822 |
| 6 | 3069,299 | 953,369 |
| 7 | 2979,231 | -649,664 |
| 8 | 3025,2154 | -946,119 |
| 11 | 3368,325 | -910,057 |
| 10 | 3444,38 | -491,91 |
| 9 | 3375,433 | -387,654 |
| 12 | 3121,653 | -1863,67 |



Posición 5.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 42 grados.



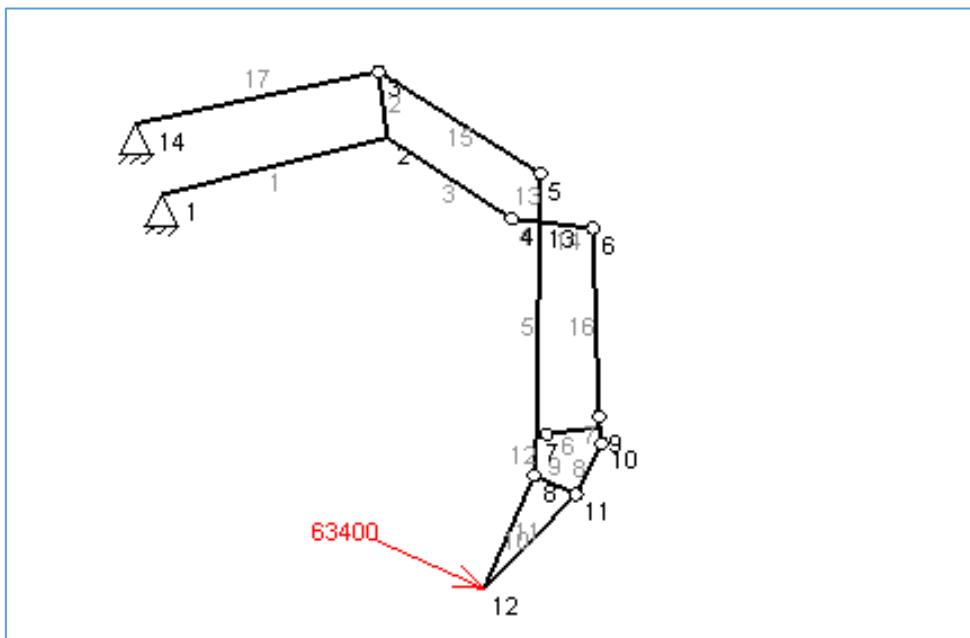
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1617,395 | 918,494 |
| 2 | 1684,263 | 422,986 |
| 4 | 2613,617 | -182,7619 |
| 5 | 2828,391 | 154,68 |
| 6 | 3219,56 | -253,003 |
| 7 | 2798,171 | -1802,28 |
| 8 | 2781,513 | -2101,81 |
| 11 | 3037,898 | -2332,667 |
| 10 | 3259,758 | -1970,171 |
| 9 | 3271,183 | -1845,694 |
| 12 | 2164,17 | -2787,446 |



Posición 5.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 24 grados.



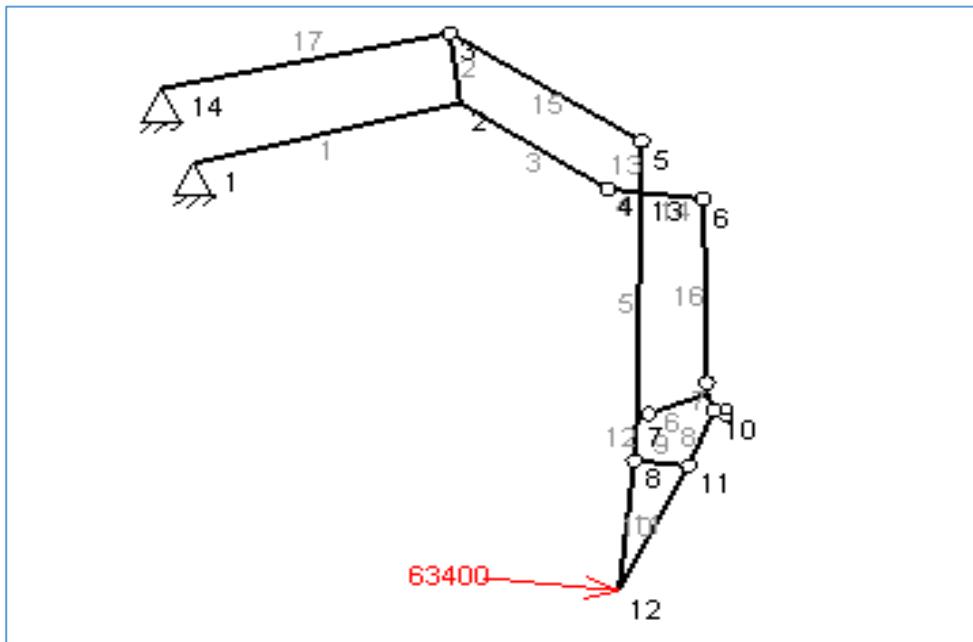
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1617,395 | 918,494 |
| 2 | 1684,263 | 422,986 |
| 4 | 2613,617 | -182,7619 |
| 5 | 2828,391 | 154,68 |
| 6 | 3219,56 | -253,003 |
| 7 | 2798,171 | -1802,28 |
| 8 | 2781,513 | -2101,81 |
| 11 | 3096,686 | -2242,141 |
| 10 | 3285,758 | -1861,514 |
| 9 | 3268,757 | -1737,676 |
| 12 | 2406,256 | -2944,659 |



Posición 5.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 6 grados.

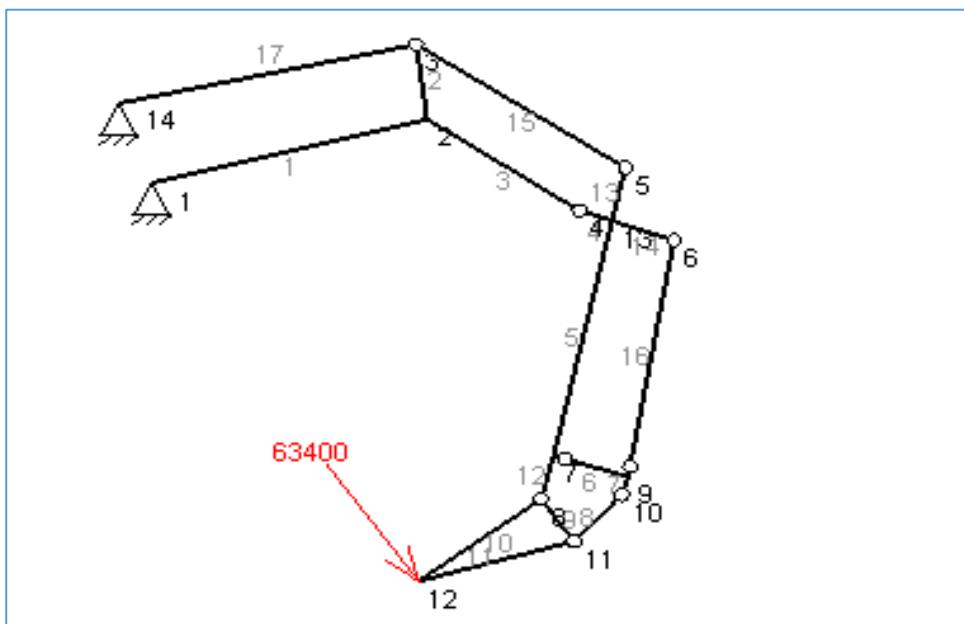


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1617,395 | 918,494 |
| 2 | 1684,263 | 422,986 |
| 4 | 2613,617 | -182,7619 |
| 5 | 2828,391 | 154,68 |
| 6 | 3219,56 | -253,003 |
| 7 | 2798,171 | -1802,28 |
| 8 | 2781,513 | -2101,81 |
| 11 | 3124,623 | -2137,879 |
| 10 | 3285,955 | -1744,691 |
| 9 | 3240,189 | -1628,37 |
| 12 | 2685,075 | -3019,368 |

Posición 6.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 54 grados.

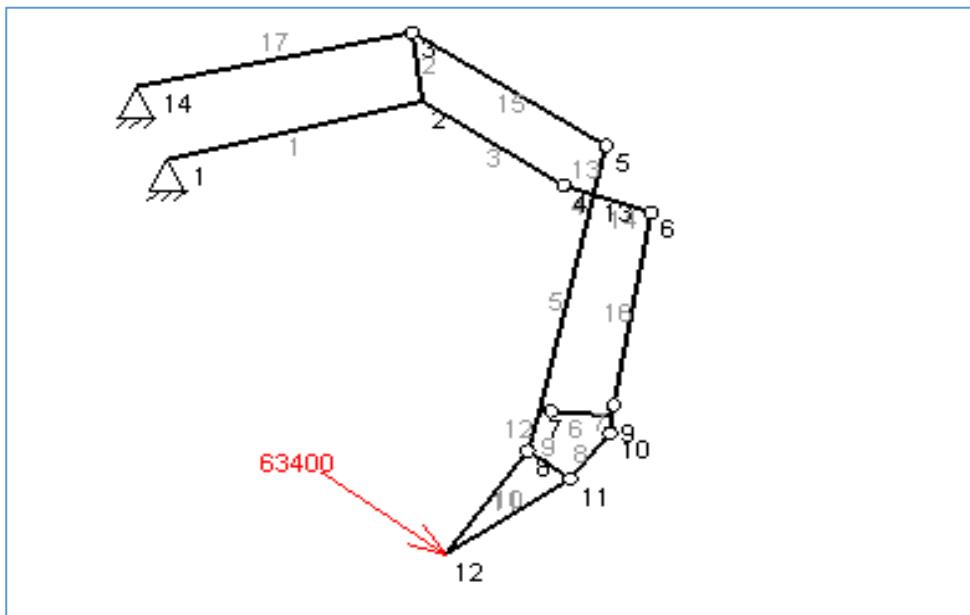


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1617,395 | 918,494 |
| 2 | 1684,263 | 422,986 |
| 4 | 2613,617 | -182,7619 |
| 5 | 2893,857 | 102,659 |
| 6 | 3191,714 | -377,45 |
| 7 | 2457,421 | -1805,26 |
| 8 | 2378,85 | -2094,789 |
| 11 | 2581,636 | -2373,899 |
| 10 | 2874,01 | -2065,452 |
| 9 | 2911,07 | -1946,07 |
| 12 | 1632,44 | -2637,08 |

Posición 6.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 36 grados.

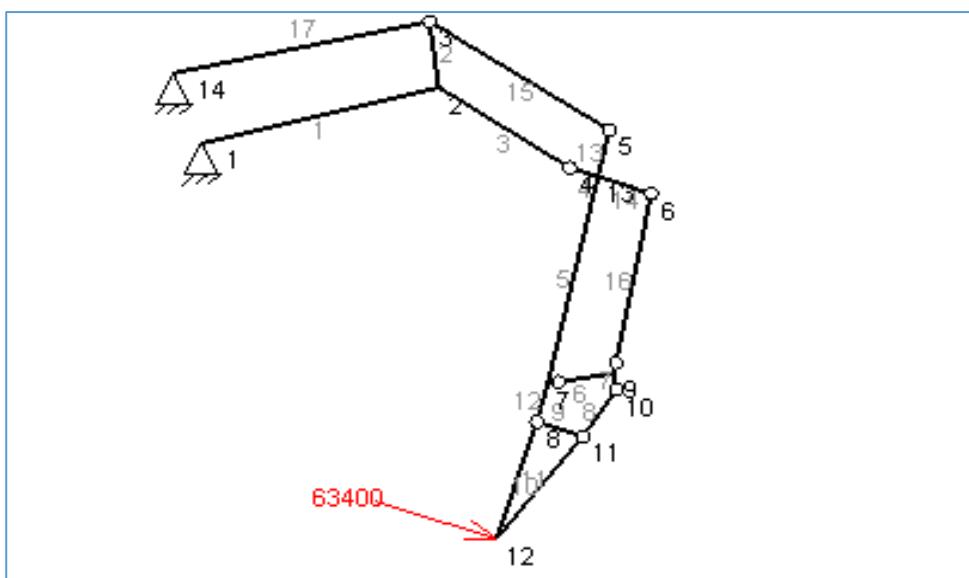


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1617,395 | 918,494 |
| 2 | 1684,263 | 422,986 |
| 4 | 2613,617 | -182,7619 |
| 5 | 2893,857 | 102,659 |
| 6 | 3191,714 | -377,45 |
| 7 | 2457,421 | -1805,26 |
| 8 | 2378,85 | -2094,789 |
| 11 | 2657,96 | -2297,57 |
| 10 | 2922,038 | -1964,57 |
| 9 | 2931,156 | -1839,9 |
| 12 | 1836,556 | -2841,192 |

Posición 6.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 18 grados.



Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

| Puntos | X | Y |
|--------|----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1617,395 | 918,494 |
| 2 | 1684,263 | 422,986 |
| 4 | 2613,617 | -182,7619 |
| 5 | 2893,857 | 102,659 |
| 6 | 3191,714 | -377,45 |
| 7 | 2457,421 | -1805,26 |
| 8 | 2378,85 | -2094,789 |
| 11 | 2706,964 | -2201,39 |
| 10 | 2946,519 | -1850,346 |
| 9 | 2925,938 | -1727,052 |
| 12 | 2093,749 | -2972,238 |





Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis y dimensionamiento de una
retropala para una fuerza de excavación de
63.4 KN.

ANEXO II: Determinación de esfuerzos.

Autor

Monge Catalán, Alberto.

Director

Javier Óscar Abad Blasco

Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza.

2017/2018



INDICE

| | |
|---|----|
| 1. Calculo de fuerzas en la estructura | 2 |
| 1.1 Calculo mediante MEFI..... | 2 |
| 1.2 Esfuerzos según posición de trabajo | 2 |
| 1.3 Esfuerzos en posiciones de trabajo | 3 |
| 1.4 Esfuerzos en posiciones de trabajo combinadas | 14 |
| 2. Calculo mediante EES | 32 |
| 2.1 Diagramas de solido libre | 32 |
| 2.1 Resultados de los sistemas de ecuaciones. | 36 |
| 3. Resultado de fuerzas en los cilindros | 37 |
| 3.1 Comparación de datos..... | 38 |
| 4. Numeración de Barras con Nudos en la estructura..... | 38 |



1. Calculo de fuerzas en la estructura.

En este apartado se va calcular todos los esfuerzos a los que le estructura estaría sometida en cada posición estudiada.

Con los esfuerzos una vez calculados se podrá seguir con el cálculo de las secciones de cada elemento de la estructura así como perfiles, pasadores y pistones hidráulicos.

Para los cálculos se ha utilizado el programa MEFI y también mediante el programa EES para resolución de ecuaciones de sólido libre.

Mediante MEFI

El programa MEFI ha sido utilizado para calcular esfuerzos cortantes, axiles y momentos flectores a los que está sometida cada barra o elemento de la estructura.

Resolución de ecuaciones de sólido libre.

Mediante las ecuaciones de sólido libre y resueltas con el programa EES se ha calculado fuerza en los cilindros para corroborar que el cálculo del MEFI era correcto y también para obtener fuerzas en los pasadores.

1.1 Calculo mediante MEFI

En cada posición del estudio geométrico obtenemos los esfuerzos. Se han descartado las posiciones iniciales del estudio geométrico debido a que no eran posiciones de trabajo y los esfuerzos no eran coherentes algunos.

Se ha estudiado los esfuerzos en el segundo estudio geométrico.

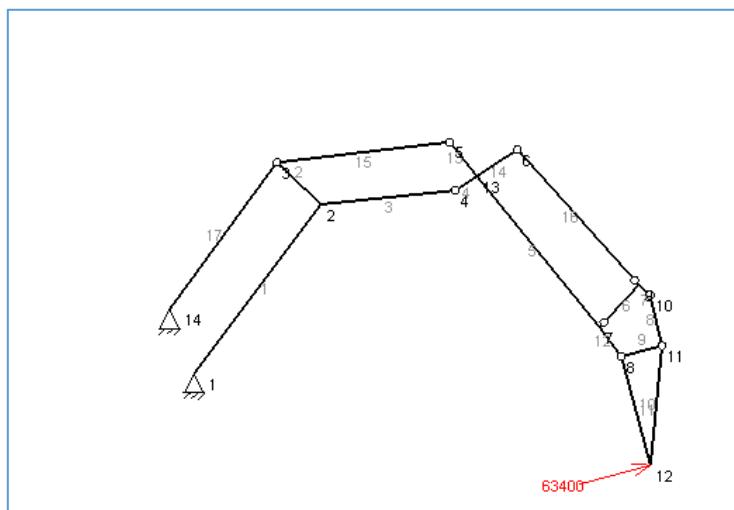
1.2 Esfuerzos según posición de trabajo

Para cada posición se muestra los diagramas de barras y una tabla con los esfuerzos



1.3 Esfuerzos en posiciones de trabajo

Posición 1



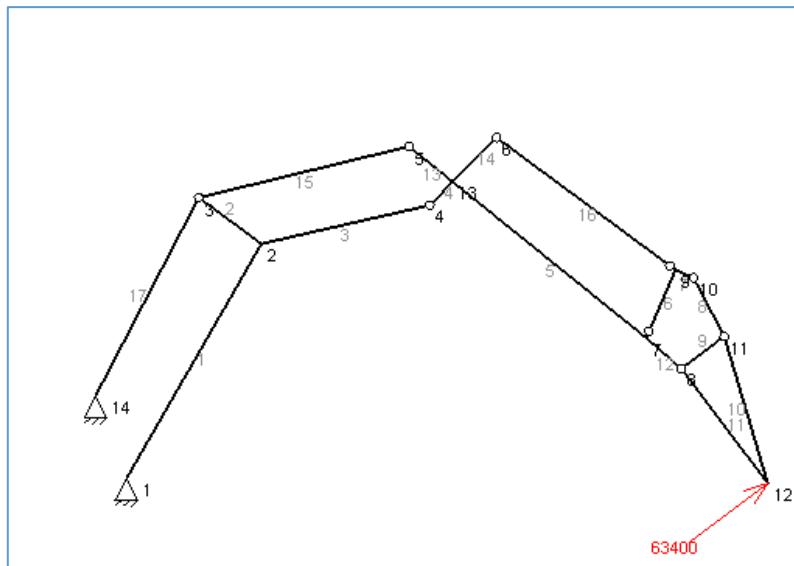
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 277060 | 36094 | | 62680 | K | L |
| 2 | 292400 | -89836 | 44918 | | L | J |
| 3 | 473760 | -16012 | 17762 | | L | I |
| 4 | 427680 | 204430 | | 43051 | I | PM |
| 5 | 192210 | -66018 | 102710 | -2622 | PM | F |
| 6 | 79264 | 24794 | | 11777 | F | E |
| 7 | -141040 | -94219 | 11777 | | E | D |
| 8 | -169620 | | | | D | B |
| 9 | 58331 | | | | B | C |
| 10 | -180970 | 119,06 | | 117,27 | B | A |
| 11 | 169550 | -127,11 | 117,27 | | A | C |
| 12 | 179130 | 8740,1 | -2622 | | F | C |
| 13 | -217070 | 349240 | | 125420 | H | PM |
| 14 | -24707 | -164670 | 65768 | | PM | G |
| 15 | -411200 | | | | J | H |
| 16 | -166510 | | | | G | E |
| 17 | -227180 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 2



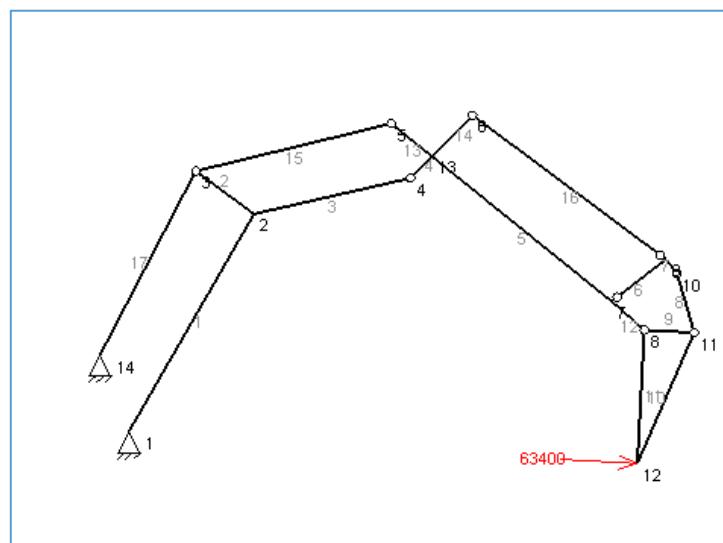
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | K | L |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 434930 | 9059.1 | | 15732 | L | J |
| 2 | 337710 | 38983 | -19492 | | L | I |
| 3 | 493250 | -31752 | 35223 | 0 | I | PM |
| 4 | 433130 | 238120 | | 50146 | PM | F |
| 5 | 181760 | -68512 | 109400 | 88.739 | F | E |
| 6 | 70144 | 28351 | | 13467 | E | D |
| 7 | -133800 | -107740 | 13467 | | D | B |
| 8 | -171780 | | | | B | C |
| 9 | 35659 | | | | B | A |
| 10 | -180970 | 107,78 | | 106,16 | A | C |
| 11 | 169550 | -115,06 | 106,16 | | F | C |
| 12 | 173280 | -295,8 | 88,739 | | H | PM |
| 13 | -264700 | 345720 | | 125060 | PM | G |
| 14 | -23588 | -164770 | 65811 | | J | H |
| 15 | -435420 | | | | G | E |
| 16 | -166450 | | | | J | Base |
| 17 | -376940 | | | | | |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 3



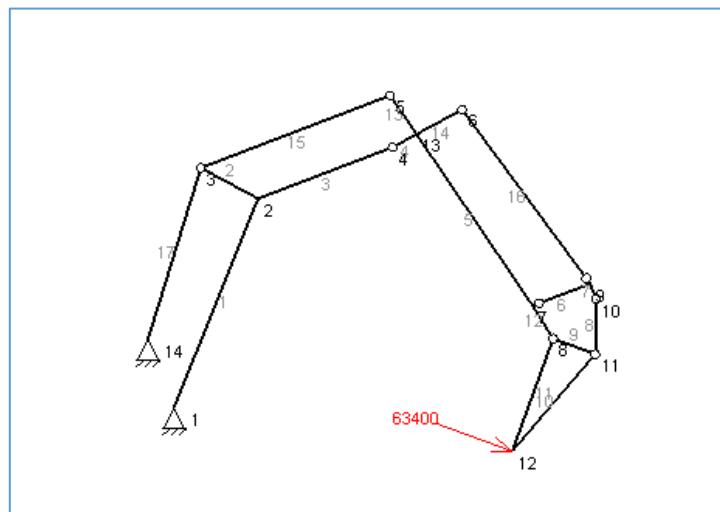
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | K | L |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 33676 | 56329 | | 97820 | | |
| 2 | 193940 | -225200 | 112600 | | L | J |
| 3 | 361410 | 13324 | -14781 | | L | I |
| 4 | 297710 | 205340 | | 43242 | I | PM |
| 5 | 242480 | -44608 | 53887 | -17283 | PM | F |
| 6 | 117380 | 17422 | | 8275.3 | F | E |
| 7 | -166860 | -66203 | 8275.3 | | E | D |
| 8 | -179510 | | | | D | B |
| 9 | 122230 | | | | B | C |
| 10 | -180960 | 150.84 | | 148.58 | B | A |
| 11 | 169550 | -161.04 | 148.58 | | A | C |
| 12 | 201010 | 57611 | -17283 | | F | C |
| 13 | -182660 | 238570 | | 86300 | H | PM |
| 14 | -26481 | -189420 | 75654 | | PM | G |
| 15 | -300460 | | | | J | H |
| 16 | -191260 | | | | G | E |
| 17 | -4993,6 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 4



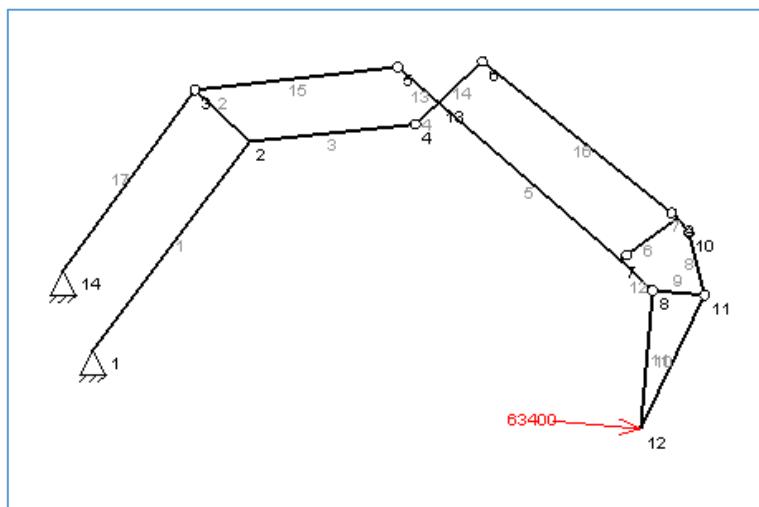
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | -102850 | 72077 | | 125170 | K | L |
| 2 | 185240 | -341990 | 171000 | | L | J |
| 3 | 362950 | 41313 | -45830 | | L | I |
| 4 | 354480 | 88235 | | 18581 | I | PM |
| 5 | 242480 | -44608 | 53887 | -17283 | PM | F |
| 6 | 117380 | 17422 | | 8275.6 | F | E |
| 7 | -166860 | -66205 | 8275.6 | | E | D |
| 8 | -179510 | | | | D | B |
| 9 | 122230 | | | | B | C |
| 10 | -180950 | 150.84 | | 148.58 | B | A |
| 11 | 169550 | -161.04 | 148.58 | | A | C |
| 12 | 201010 | 57611 | -17283 | | F | C |
| 13 | -71803 | 306740 | | 110960 | H | PM |
| 14 | -26481 | -189420 | 75655 | | PM | G |
| 15 | -315030 | | | | J | H |
| 16 | -191260 | | | | G | E |
| 17 | 105310 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 5



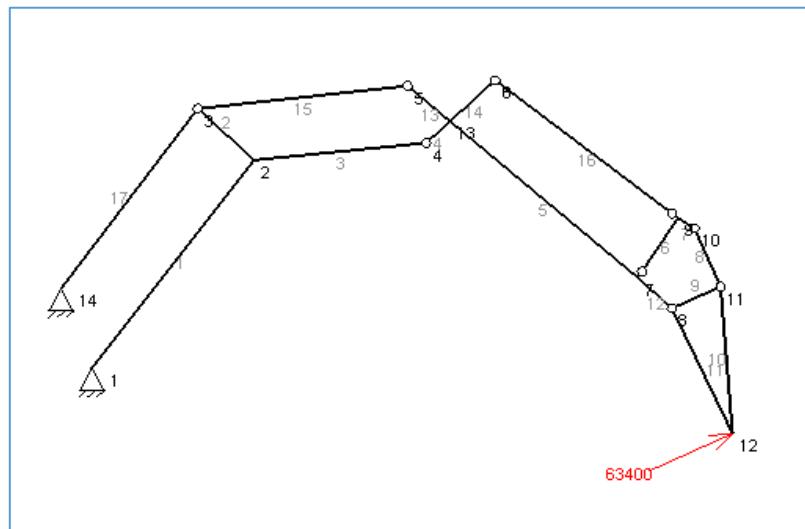
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 60539 | 53464 | | 92843 | K | L |
| 2 | 200050 | -205710 | 102860 | | L | J |
| 3 | 366800 | 9027.3 | -10014 | | L | I |
| 4 | 285570 | 230370 | | 48514 | I | PM |
| 5 | 242480 | -44608 | 53887 | -17283 | PM | F |
| 6 | 117380 | 17422 | | 8275.5 | F | E |
| 7 | -166860 | -66204 | 8275.5 | | E | D |
| 8 | -179510 | | | | D | B |
| 9 | 122230 | | | | B | C |
| 10 | -180960 | 150.84 | | 148.58 | B | A |
| 11 | 169550 | -161.04 | 148.58 | | A | C |
| 12 | 201010 | 57612 | -17283 | | F | C |
| 13 | -206360 | 223990 | | 81027 | H | PM |
| 14 | -26481 | -189420 | 75654 | | PM | G |
| 15 | -304560 | | | | J | H |
| 16 | -191260 | | | | G | E |
| 17 | -27036 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 6



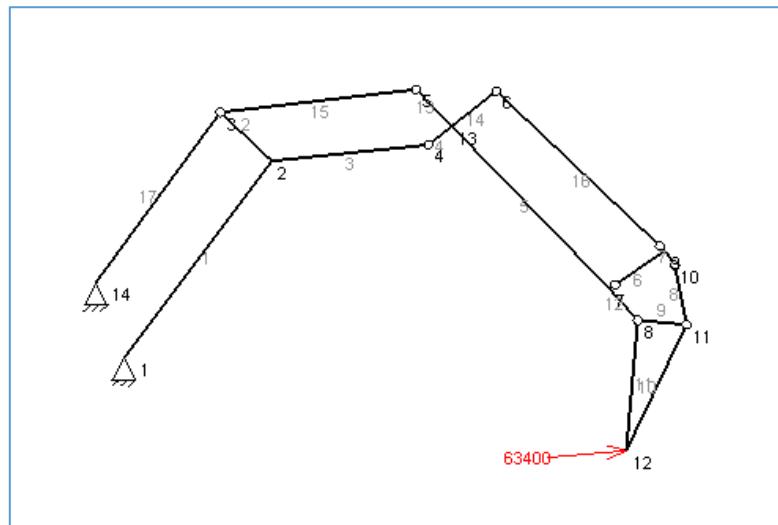
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | K | L |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 342220 | 26049 | | 45236 | | |
| 2 | 305970 | -35413 | 17706 | | L | J |
| 3 | 478330 | -24816 | 27529 | | L | I |
| 4 | 394670 | 271390 | | 57151 | I | PM |
| 5 | 192210 | -66017 | 102710 | -2622 | PM | F |
| 6 | 79263 | 24794 | | 11777 | F | E |
| 7 | -141040 | -94218 | 11777 | | E | D |
| 8 | -169620 | | | | D | B |
| 9 | 58331 | | | | B | C |
| 10 | -180970 | 119.06 | | 117.27 | B | A |
| 11 | 169550 | -127.11 | 117.27 | | A | C |
| 12 | 179130 | 8740.1 | -2622 | | F | C |
| 13 | -283520 | 307740 | | 111320 | H | PM |
| 14 | -24707 | -164670 | 65770 | | PM | G |
| 15 | -418430 | | | | J | H |
| 16 | -166510 | | | | G | E |
| 17 | -286320 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 7



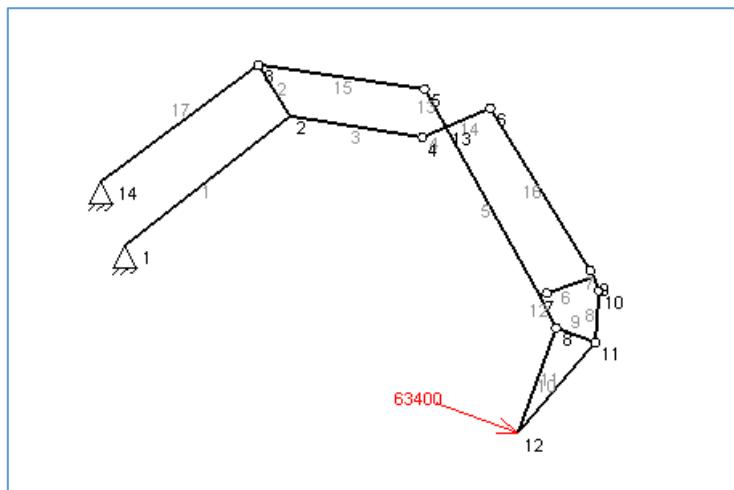
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector ini | Flector fin | | |
|--------|---------|----------|-------------|-------------|----|------|
| 1 | 171120 | 45474 | | 78968 | K | L |
| 2 | 248690 | -149340 | 74669 | | L | J |
| 3 | 425160 | -3875,2 | 4298,9 | | L | I |
| 4 | 360720 | 225060 | | 47396 | I | PM |
| 5 | 221620 | -57010 | 79444 | -11513 | PM | F |
| 6 | 107570 | 18053 | | 8575,3 | F | E |
| 7 | -159510 | -68602 | 8575,3 | | E | D |
| 8 | -173640 | | | | D | B |
| 9 | 109950 | | | | B | C |
| 10 | -178210 | 143,37 | | 141,22 | B | A |
| 11 | 155960 | -153,06 | 141,22 | | A | C |
| 12 | 187010 | 38377 | -11513 | | F | C |
| 13 | -219940 | 287270 | | 103920 | H | PM |
| 14 | -25905 | -179940 | 71868 | | PM | G |
| 15 | -361800 | | | | J | H |
| 16 | -181790 | | | | G | E |
| 17 | -128780 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 8



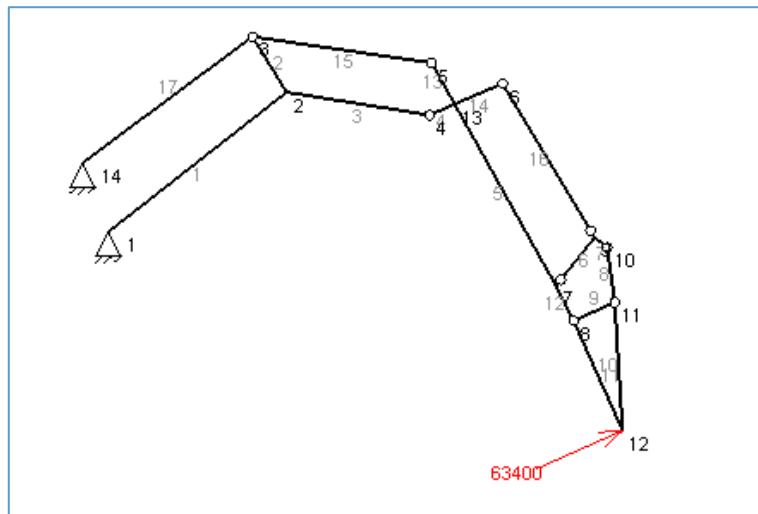
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 73576 | 54863 | | 95273 | K | L |
| 2 | 211130 | -207490 | 103740 | | L | J |
| 3 | 385260 | 7636.1 | -8471 | | L | I |
| 4 | 320870 | 213370 | | 44934 | I | PM |
| 5 | 232350 | -49438 | 64741 | -14135 | PM | F |
| 6 | 109230 | 18332 | | 8707.6 | F | E |
| 7 | -161970 | -69661 | 8707.6 | | E | D |
| 8 | -176320 | | | | D | B |
| 9 | 111640 | | | | B | C |
| 10 | -180960 | 145.59 | | 143.4 | B | A |
| 11 | 169550 | -155.43 | 143.4 | | A | C |
| 12 | 197540 | 47116 | -14135 | | F | C |
| 13 | -196380 | 256490 | | 92783 | H | PM |
| 14 | -26305 | -182710 | 72976 | | PM | G |
| 15 | -323040 | | | | J | H |
| 16 | -184590 | | | | G | E |
| 17 | -40085 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 9



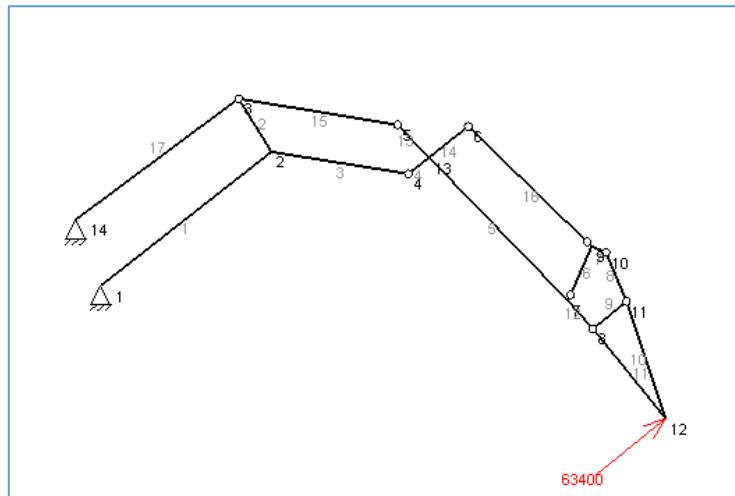
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 411100 | 24512 | | 42567 | K | L |
| 2 | 318230 | 5087,7 | -2543,8 | | L | J |
| 3 | 501350 | -40665 | 45111 | | L | I |
| 4 | 444730 | 234980 | | 49484 | I | PM |
| 5 | 176200 | -68341 | 110670 | 1633,7 | PM | F |
| 6 | 62156 | 32168 | | 15280 | F | E |
| 7 | -127530 | -122240 | 15280 | | E | D |
| 8 | -176650 | | | | D | B |
| 9 | 13688 | | | | B | C |
| 10 | -180970 | 96,847 | | 95,394 | B | A |
| 11 | 169540 | -103,4 | 95,394 | | A | C |
| 12 | 170020 | -5445,6 | 1633,7 | | F | C |
| 13 | -272510 | 355930 | | 128750 | H | PM |
| 14 | -22187 | -169180 | 67571 | | PM | G |
| 15 | -448280 | | | | J | H |
| 16 | -170630 | | | | G | E |
| 17 | -349730 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 10



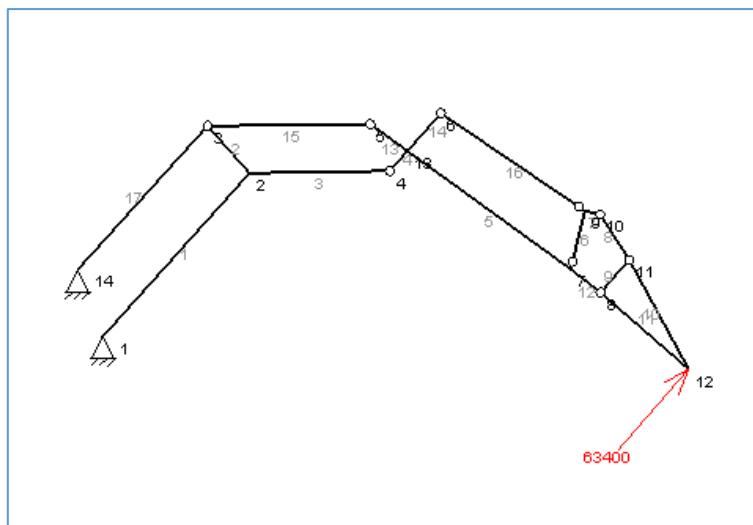
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector ini | Flector fin | | |
|--------|---------|----------|-------------|-------------|----|------|
| 1 | 491210 | 10100 | | 17539 | K | L |
| 2 | 352630 | 64041 | -32021 | | L | J |
| 3 | 523030 | -44675 | 49560 | | L | I |
| 4 | 386380 | 355350 | | 74835 | I | PM |
| 5 | 176200 | -68340 | 110670 | 1632,9 | PM | F |
| 6 | 62156 | 32169 | | 15280 | F | E |
| 7 | -127530 | -122240 | 15280 | | E | D |
| 8 | -176650 | | | | D | B |
| 9 | 13689 | | | | B | C |
| 10 | -180980 | 96.851 | | 95.398 | B | A |
| 11 | 169550 | -103,4 | 95.398 | | A | C |
| 12 | 170020 | -5442,9 | 1632,9 | | F | C |
| 13 | -386470 | 285850 | | 103400 | H | PM |
| 14 | -22187 | -169180 | 67572 | | PM | G |
| 15 | -480700 | | | | J | H |
| 16 | -170630 | | | | G | E |
| 17 | -427960 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 11



En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 526140 | 417.33 | | 724.72 | K | L |
| 2 | 366170 | 97656 | -48828 | | L | J |
| 3 | 523060 | -44669 | 49553 | | L | I |
| 4 | 386410 | 355350 | | 74833 | I | PM |
| 5 | 176200 | -68340 | 110670 | 1632.9 | PM | F |
| 6 | 62156 | 32168 | | 15280 | F | E |
| 7 | -127530 | -122240 | 15280 | | E | D |
| 8 | -176650 | | | | D | B |
| 9 | 13689 | | | | B | C |
| 10 | -180980 | 96.851 | | 95.398 | B | A |
| 11 | 169550 | -103.4 | 95.398 | | A | C |
| 12 | 170020 | -5442.9 | 1632.9 | | F | C |
| 13 | -386490 | 285860 | | 103410 | H | PM |
| 14 | -22188 | -169180 | 67572 | | PM | G |
| 15 | -480720 | | | | J | H |
| 16 | -170630 | | | | G | E |
| 17 | -462750 | | | | J | Base |

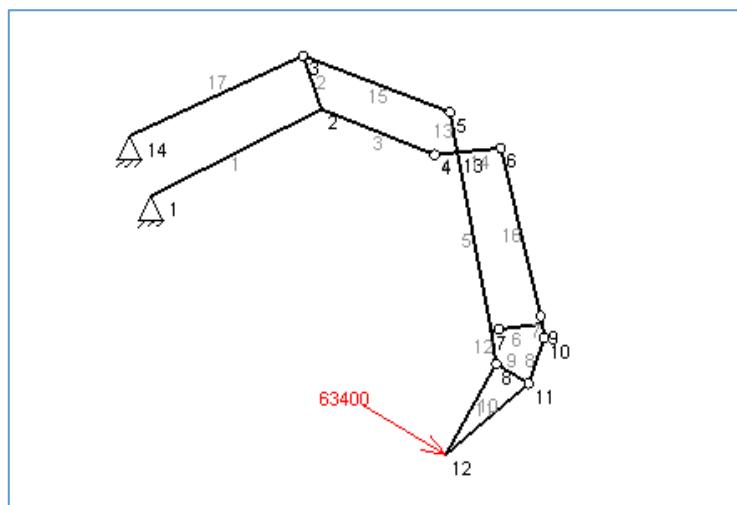
Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



1.4 Esfuerzos en posiciones de trabajo combinadas

Esfuerzos en las posiciones de trabajo combinadas, son las posiciones combinadas de las totales estudiadas donde podría hacer la máxima fuerza de excavación.

Posición 1.1



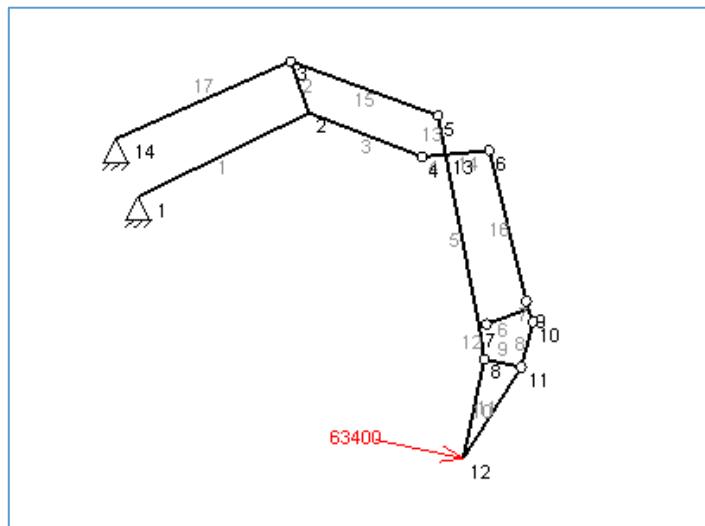
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | K | L |
|--------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 1.05E+05 | 5.53E+04 | 0 | 9.60E+04 | | |
| 2 | 2.33E+05 | -2.02E+05 | 1.01E+05 | 0 | L | J |
| 3 | 4.17E+05 | 4.52E+03 | -5.01E+03 | 0 | L | I |
| 4 | 3.71E+05 | 1.90E+05 | 0 | 4.00E+04 | I | PM |
| 5 | 2.18E+05 | -5.62E+04 | 8.00E+04 | -9.70E+03 | PM | F |
| 6 | 9.80E+04 | 2.01E+04 | 0 | 9.52E+03 | F | E |
| 7 | -1.55E+05 | -7.62E+04 | 9.52E+03 | 0 | E | D |
| 8 | -1.72E+05 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 9.48E+04 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -1.81E+05 | 1.37E+02 | 0 | 1.35E+02 | B | A |
| 11 | 1.70E+05 | -1.46E+02 | 1.35E+02 | 0 | A | C |
| 12 | 1.92E+05 | 3.23E+04 | -9.70E+03 | 0 | F | C |
| 13 | -1.84E+05 | 3.03E+05 | 0 | 1.10E+05 | H | PM |
| 14 | -2.59E+04 | -1.74E+05 | 6.96E+04 | 0 | PM | G |
| 15 | -3.54E+05 | | | | J | H |
| 16 | -1.76E+05 | | | | G | E |
| 17 | -7.01E+04 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 1.2



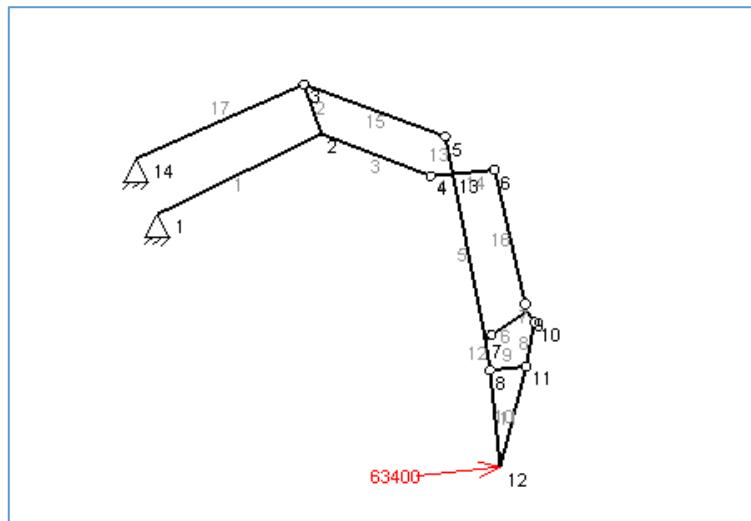
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | K | L |
|--------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 2,42E+05 | 4,63E+04 | | 8,05E+04 | | |
| 2 | 2,80E+05 | -1,25E+05 | 6,25E+04 | | L | J |
| 3 | 4,76E+05 | -1,62E+04 | 1,80E+04 | | L | I |
| 4 | 4,33E+05 | 1,98E+05 | | 4,16E+04 | I | PM |
| 5 | 1,91E+05 | -6,64E+04 | 1,04E+05 | -2,30E+03 | PM | F |
| 6 | 7,83E+04 | 2,51E+04 | | 1,19E+04 | F | E |
| 7 | -1,40E+05 | -9,55E+04 | 1,19E+04 | | E | D |
| 8 | -1,70E+05 | | | | D | B |
| 9 | 5,61E+04 | | | | B | C |
| 10 | -1,81E+05 | 1,18E+02 | | 1,16E+02 | B | A |
| 11 | 1,70E+05 | -1,26E+02 | 1,16E+02 | | A | C |
| 12 | 1,78E+05 | 7,68E+03 | -2,30E+03 | | F | C |
| 13 | -2,15E+05 | 3,53E+05 | | 1,28E+05 | H | PM |
| 14 | -2,46E+04 | -1,64E+05 | 6,57E+04 | | PM | G |
| 15 | -4,13E+05 | | | | J | H |
| 16 | -1,66E+05 | | | | G | E |
| 17 | -1,92E+05 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 1.3



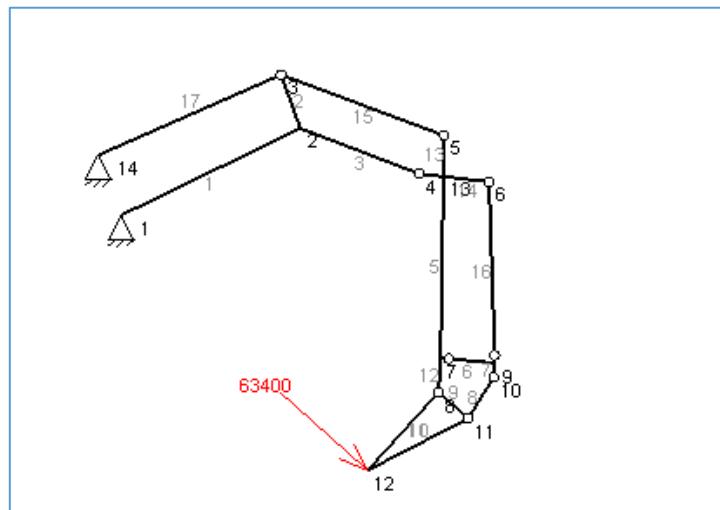
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | | |
|--------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 3.65E+05 | 3.33E+04 | | 5.78E+04 | K | L |
| 2 | 3.09E+05 | -3.67E+04 | 1.84E+04 | | L | J |
| 3 | 5.02E+05 | -3.55E+04 | 3.94E+04 | | L | I |
| 4 | 4.65E+05 | 1.92E+05 | | 4.05E+04 | I | PM |
| 5 | 1.76E+05 | -6.83E+04 | 1.11E+05 | 1.63E+03 | PM | F |
| 6 | 6.22E+04 | 3.21E+04 | | 1.53E+04 | F | E |
| 7 | -1.27E+05 | -1.23E+05 | 1.53E+04 | | E | D |
| 8 | -1.77E+05 | | | | D | B |
| 9 | 1.37E+04 | | | | B | C |
| 10 | -1.81E+05 | 9.68E+01 | | 9.54E+01 | B | A |
| 11 | 1.70E+05 | -1.03E+02 | 9.54E+01 | | A | C |
| 12 | 1.70E+05 | -5.44E+03 | 1.63E+03 | | F | C |
| 13 | -2.32E+05 | 3.81E+05 | | 1.38E+05 | H | PM |
| 14 | -2.22E+04 | -1.69E+05 | 6.76E+04 | | PM | G |
| 15 | -4.46E+05 | | | | J | H |
| 16 | -1.71E+05 | | | | G | E |
| 17 | -3.06E+05 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 2.1



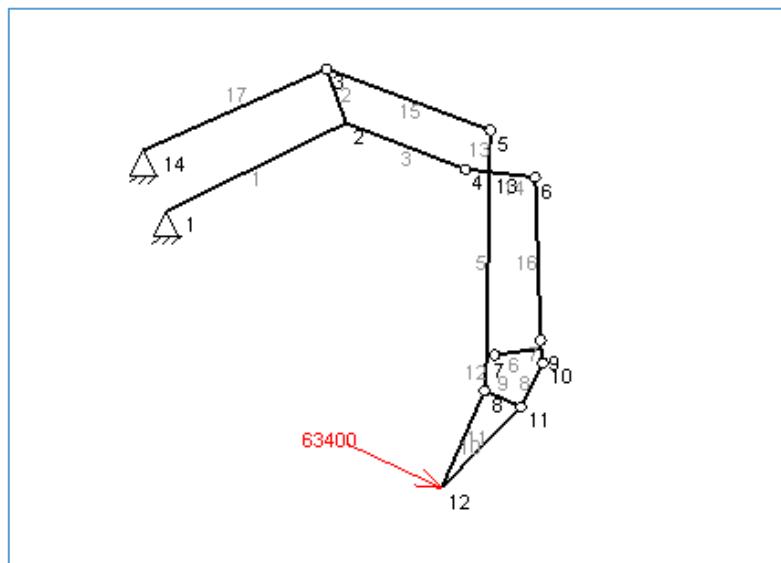
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | | |
|--------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 4.94E+04 | 5.98E+04 | | 1.04E+05 | K | L |
| 2 | 2.36E+05 | -2.51E+05 | 1.25E+05 | | L | J |
| 3 | 4.21E+05 | 1.94E+04 | -2.15E+04 | | L | I |
| 4 | 4.03E+05 | 1.24E+05 | | 2.62E+04 | I | PM |
| 5 | 2.18E+05 | -5.62E+04 | 8.00E+04 | -9.69E+03 | PM | F |
| 6 | 9.80E+04 | 2.01E+04 | | 9.53E+03 | F | E |
| 7 | -1.55E+05 | -7.62E+04 | 9.53E+03 | | E | D |
| 8 | -1.72E+05 | | | | D | B |
| 9 | 9.48E+04 | | | | B | C |
| 10 | -1.81E+05 | 1.37E+02 | | 1.35E+02 | B | A |
| 11 | 1.70E+05 | -1.46E+02 | 1.35E+02 | | A | C |
| 12 | 1.92E+05 | 3.23E+04 | -9.69E+03 | | F | C |
| 13 | -1.22E+05 | 3.41E+05 | | 1.23E+05 | H | PM |
| 14 | -2.60E+04 | -1.74E+05 | 6.96E+04 | | PM | G |
| 15 | -3.62E+05 | | | | J | H |
| 16 | -1.76E+05 | | | | G | E |
| 17 | -2.58E+04 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 2.2



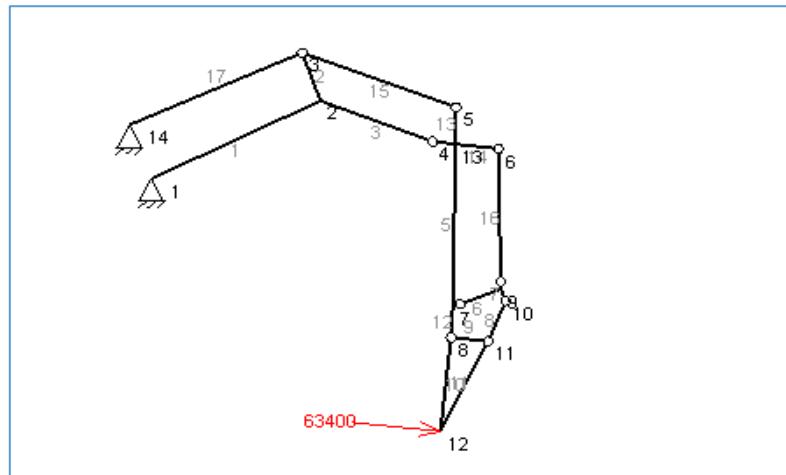
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | K | L |
|--------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 1,71E+05 | 5.43E+04 | | 9.42E+04 | | |
| 2 | 2.81E+05 | -1.90E+05 | 9.48E+04 | | L | J |
| 3 | 4.83E+05 | 5.67E+02 | -6.29E+02 | | L | I |
| 4 | 4.67E+05 | 1.22E+05 | | 2.56E+04 | I | PM |
| 5 | 1.92E+05 | -6.59E+04 | 1.03E+05 | -2.42E+03 | PM | F |
| 6 | 7.83E+04 | 2.51E+04 | | 1.19E+04 | F | E |
| 7 | -1.40E+05 | -9.54E+04 | 1.19E+04 | | E | D |
| 8 | -1.70E+05 | | | | D | B |
| 9 | 5.61E+04 | | | | B | C |
| 10 | -1.81E+05 | 1.18E+02 | | 1.16E+02 | B | A |
| 11 | 1.71E+05 | -1.26E+02 | 1.16E+02 | | A | C |
| 12 | 1.79E+05 | 8.07E+03 | -2.42E+03 | | F | C |
| 13 | -1.41E+05 | 3.95E+05 | | 1.43E+05 | H | PM |
| 14 | -2.46E+04 | -1.64E+05 | 6.57E+04 | | PM | G |
| 15 | -4.20E+05 | | | | J | H |
| 16 | -1.66E+05 | | | | G | E |
| 17 | -1.31E+05 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 2.3



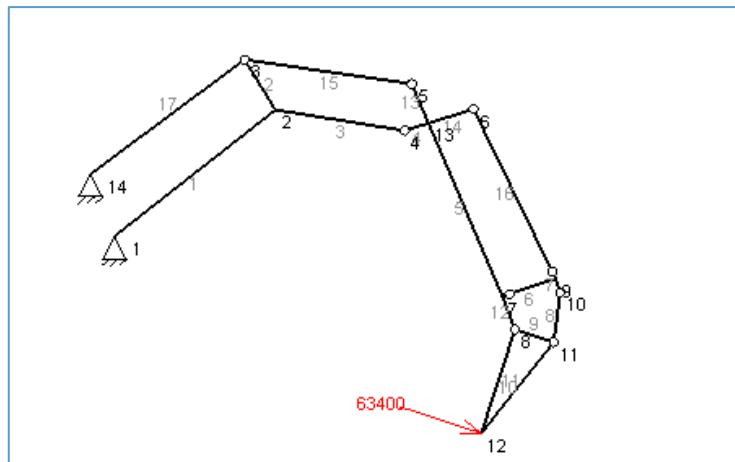
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | | |
|--------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 2,99E+05 | 4,29E+04 | | 7,45E+04 | K | L |
| 2 | 3,13E+05 | -1,03E+05 | 5,17E+04 | | L | J |
| 3 | 5,17E+05 | -2,06E+04 | 2,28E+04 | | L | I |
| 4 | 5,06E+05 | 1,10E+05 | | 2,31E+04 | I | PM |
| 5 | 1,76E+05 | -6,83E+04 | 1,11E+05 | 1,63E+03 | PM | F |
| 6 | 6,22E+04 | 3,22E+04 | | 1,53E+04 | F | E |
| 7 | -1,28E+05 | -1,22E+05 | 1,53E+04 | | E | D |
| 8 | -1,77E+05 | | | | D | B |
| 9 | 1,37E+04 | | | | B | C |
| 10 | -1,81E+05 | 9,69E+01 | | 9,54E+01 | B | A |
| 11 | 1,70E+05 | -1,03E+02 | 9,54E+01 | | A | C |
| 12 | 1,70E+05 | -5,44E+03 | 1,63E+03 | | F | C |
| 13 | -1,54E+05 | 4,29E+05 | | 1,55E+05 | H | PM |
| 14 | -2,22E+04 | -1,69E+05 | 6,76E+04 | | PM | G |
| 15 | -4,56E+05 | | | | J | H |
| 16 | -1,71E+05 | | | | G | E |
| 17 | -2,45E+05 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 3.1



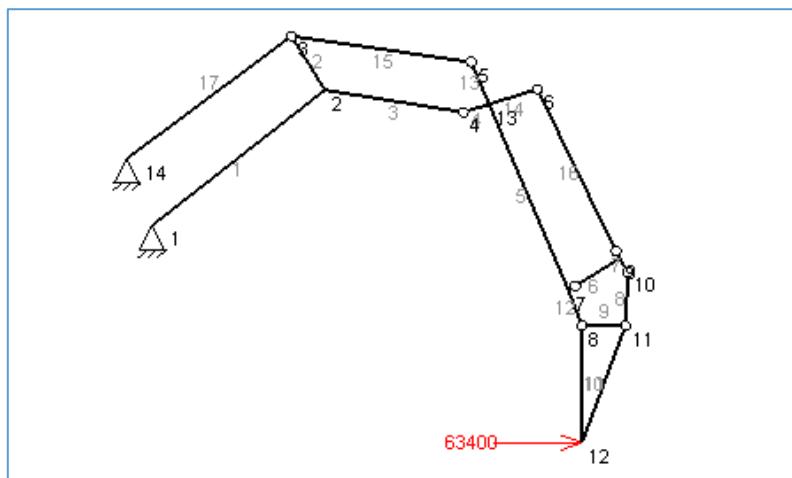
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 108100 | 54508 | 0 | 94656 | K | L |
| 2 | 233750 | -199350 | 99675 | 0 | L | J |
| 3 | 417070 | 4524,4 | -5019,1 | 0 | L | I |
| 4 | 371290 | 190040 | 0 | 40021 | I | PM |
| 5 | 217590 | -56187 | 79950 | -9693,4 | PM | F |
| 6 | 97967 | 20049 | 0 | -9693,4 | F | E |
| 7 | -154710 | -76190 | 9523,4 | 0 | E | D |
| 8 | -172450 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 94778 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -180960 | 137,19 | 0 | 135,13 | B | A |
| 11 | 169540 | -146,47 | 135,13 | 0 | A | C |
| 12 | 191600 | 32311 | -9693,4 | 0 | F | C |
| 13 | -184460 | 302700 | 0 | 109500 | H | PM |
| 14 | -25936 | -174180 | 69570 | 0 | PM | G |
| 15 | -354470 | 0 | 0 | 0 | J | H |
| 16 | -176100 | 0 | 0 | 0 | G | E |
| 17 | -72758 | 0 | 0 | 0 | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 3.2



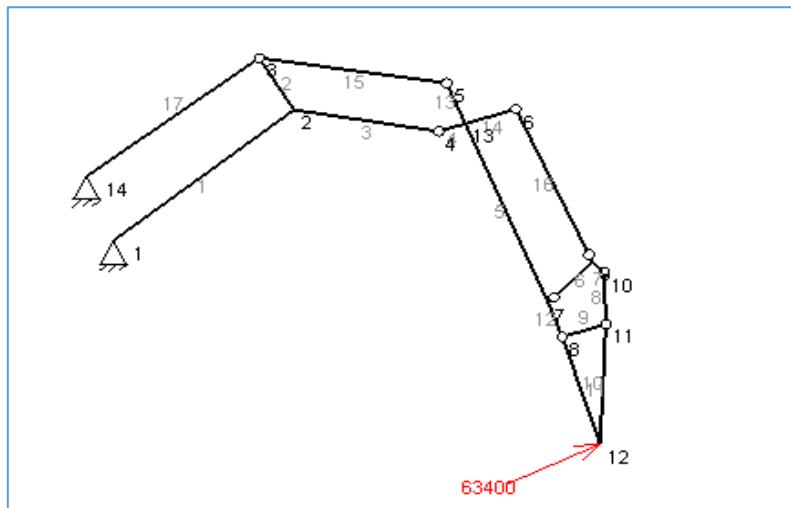
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 249570 | 44297 | 0 | 76925 | K | L |
| 2 | 282400 | -117930 | 58965 | 0 | L | J |
| 3 | 475840 | -16189 | 17959 | 0 | L | I |
| 4 | 433130 | 197710 | 0 | 41636 | I | PM |
| 5 | 191000 | -66383 | 103610 | -2301,8 | PM | F |
| 6 | 78311 | 25122 | 0 | 11933 | F | E |
| 7 | -140300 | -95459 | 11933 | 0 | E | D |
| 8 | -169700 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 56123 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -180970 | 117,96 | 0 | 116,19 | B | A |
| 11 | 169540 | -125,94 | 116,19 | 0 | A | C |
| 12 | 178470 | 7672,7 | -2301,8 | 0 | F | C |
| 13 | -215060 | 352920 | 0 | 127670 | H | PM |
| 14 | -24612 | -164480 | 65693 | 0 | PM | G |
| 15 | -413290 | 0 | 0 | 0 | J | H |
| 16 | -166310 | 0 | 0 | 0 | G | E |
| 17 | -199750 | 0 | 0 | 0 | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 3.3



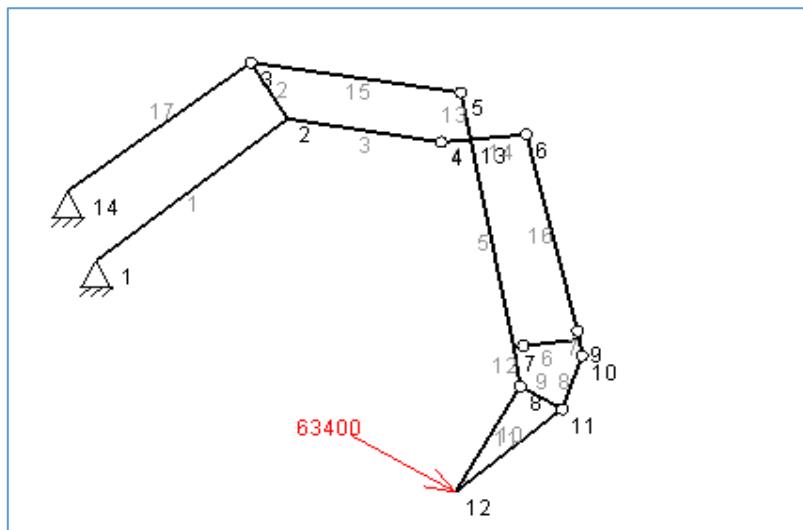
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 3.77E+05 | 3.00E+04 | 0 | 5.21E+04 | K | L |
| 2 | 3.14E+05 | -2.54E+04 | 1.27E+04 | 0 | L | J |
| 3 | 5.02E+05 | -3.55E+04 | 3.94E+04 | 0 | L | I |
| 4 | 4.65E+05 | 1.92E+05 | 0 | 4.05E+04 | I | PM |
| 5 | 1.76E+05 | -6.83E+04 | 1.11E+05 | 1.64E+03 | PM | F |
| 6 | 6.22E+04 | 3.22E+04 | 0 | 1.53E+04 | F | E |
| 7 | -1.28E+05 | -1.22E+05 | 1.53E+04 | 0 | E | D |
| 8 | -1.77E+05 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 1.37E+04 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -1.81E+05 | 9.69E+01 | 0 | 9.54E+01 | B | A |
| 11 | 1.70E+05 | -1.03E+02 | 9.54E+01 | 0 | A | C |
| 12 | 1.70E+05 | -5.45E+03 | 1.64E+03 | 0 | F | C |
| 13 | -2.32E+05 | 3.81E+05 | 0 | 1.38E+05 | H | PM |
| 14 | -2.22E+04 | -1.69E+05 | 6.76E+04 | 0 | PM | G |
| 15 | -4.46E+05 | 0 | 0 | 0 | J | H |
| 16 | -1.71E+05 | 0 | 0 | 0 | G | E |
| 17 | -3.18E+05 | 0 | 0 | 0 | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 4.1



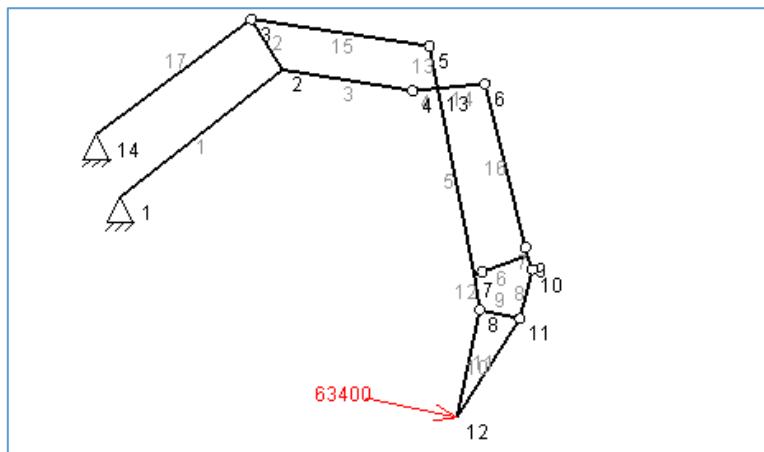
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 50411 | 59518 | 0 | 103360 | K | L |
| 2 | 236440 | -249720 | 124860 | 0 | L | J |
| 3 | 421450 | 19387 | -21507 | 0 | L | I |
| 4 | 403210 | 124180 | 0 | 26150 | I | PM |
| 5 | 217590 | -56184 | 79944 | -9695.6 | PM | F |
| 6 | 97970 | 20053 | 0 | 9525.2 | F | E |
| 7 | -154700 | -76202 | 9525.2 | 0 | E | D |
| 8 | -172450 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 94776 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -180960 | 137.19 | 0 | 135.13 | B | A |
| 11 | 169540 | -146.47 | 135.13 | 0 | A | C |
| 12 | 191600 | 32319 | -9695.6 | 0 | F | C |
| 13 | -122090 | 341040 | 0 | 123370 | H | PM |
| 14 | -25935 | -174180 | 69575 | 0 | PM | G |
| 15 | -362240 | 0 | 0 | 0 | J | H |
| 16 | -176100 | 0 | 0 | 0 | G | E |
| 17 | -26770 | 0 | 0 | 0 | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 4.2



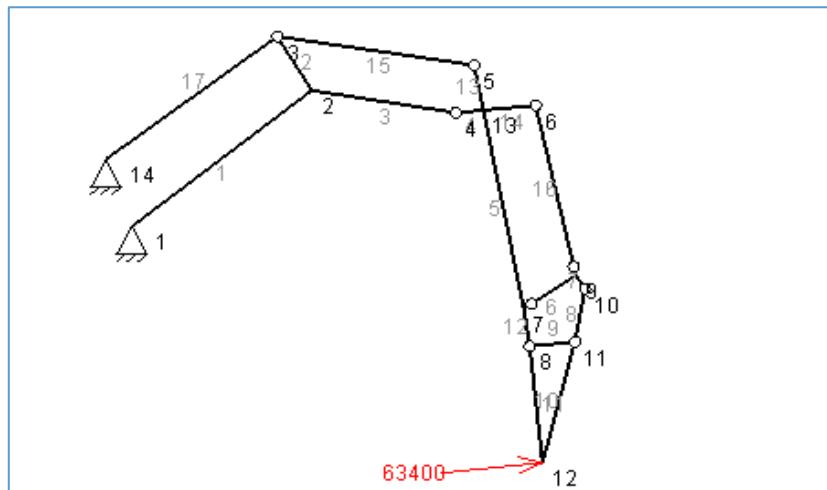
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | K | L |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 182910 | 52326 | 0 | 90867 | | |
| 2 | 285210 | -180490 | 90247 | 0 | L | J |
| 3 | 485640 | -559,01 | 620,13 | 0 | L | I |
| 4 | 470350 | 120930 | 0 | 25464 | I | PM |
| 5 | 191000 | -66381 | 103610 | -2303,3 | PM | F |
| 6 | 78312 | 25123 | 0 | 11933 | F | E |
| 7 | -140300 | -95464 | 11933 | 0 | E | D |
| 8 | -169700 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 56123 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -180970 | 117,96 | 0 | 116,19 | B | A |
| 11 | 169550 | -125,94 | 116,19 | 0 | A | C |
| 12 | 178470 | 7677,6 | -2303,3 | 0 | F | C |
| 13 | -142350 | 397630 | 0 | 143840 | H | PM |
| 14 | -24612 | -164480 | 65697 | 0 | PM | G |
| 15 | -422340 | 0 | 0 | 0 | J | H |
| 16 | -166310 | 0 | 0 | 0 | G | E |
| 17 | -142290 | 0 | 0 | 0 | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 4.3



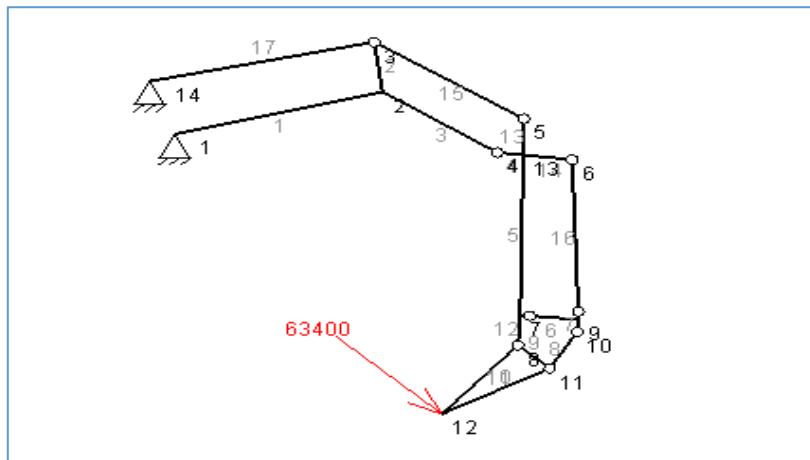
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | K | L |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 308040 | 40285 | 0 | 69958 | | |
| 2 | 316430 | -94251 | 47126 | 0 | L | J |
| 3 | 516930 | -20581 | 22831 | 0 | L | I |
| 4 | 505640 | 109370 | 0 | 23030 | I | PM |
| 5 | 176200 | -68338 | 110660 | 1633.3 | PM | F |
| 6 | 62155 | 32166 | 0 | 15279 | F | E |
| 7 | -127530 | -122240 | 15279 | 0 | E | D |
| 8 | -176650 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 13691 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -180980 | 96.852 | 0 | 95.399 | B | A |
| 11 | 169550 | -103.4 | 95.399 | 0 | A | C |
| 12 | 170020 | -5444.2 | 1633.3 | 0 | F | C |
| 13 | -153600 | 429070 | 0 | 155210 | H | PM |
| 14 | -22188 | -169180 | 67575 | 0 | PM | G |
| 15 | -455730 | 0 | 0 | 0 | J | H |
| 16 | -170630 | 0 | 0 | 0 | G | E |
| 17 | -254420 | 0 | 0 | 0 | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 5.1



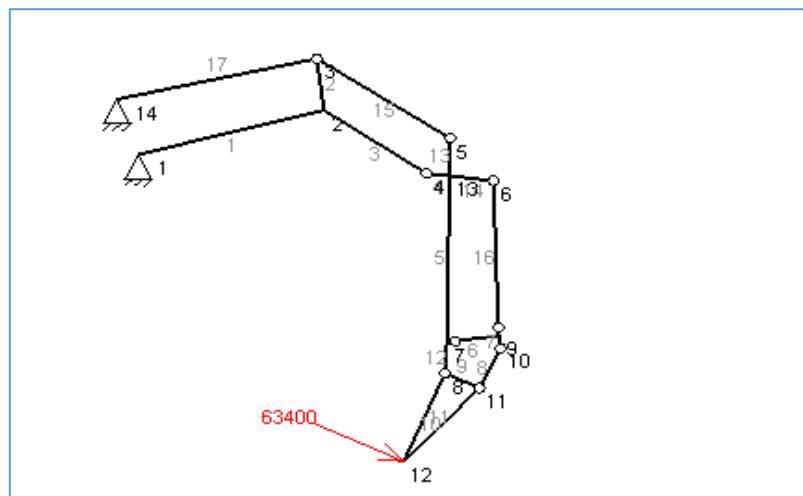
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | | |
|--------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 1.06E+05 | 5.51E+04 | | 9.56E+04 | K | L |
| 2 | 2.33E+05 | -2.01E+05 | 1.01E+05 | | L | J |
| 3 | 4.17E+05 | 4.52E+03 | -5.02E+03 | | L | I |
| 4 | 3.71E+05 | 1.90E+05 | | 4.00E+04 | I | PM |
| 5 | 2.18E+05 | -5.62E+04 | 7.99E+04 | -9.69E+03 | PM | F |
| 6 | 9.80E+04 | 2.01E+04 | | 9.53E+03 | F | E |
| 7 | -1.55E+05 | -7.62E+04 | 9.53E+03 | | E | D |
| 8 | -1.72E+05 | | | | D | B |
| 9 | 9.48E+04 | | | | B | C |
| 10 | -1.81E+05 | 1.37E+02 | | 1.35E+02 | B | A |
| 11 | 1.70E+05 | -1.46E+02 | 1.35E+02 | | A | C |
| 12 | 1.92E+05 | 3.23E+04 | -9.69E+03 | | F | C |
| 13 | -1.84E+05 | 3.03E+05 | | 1.10E+05 | H | PM |
| 14 | -2.59E+04 | -1.74E+05 | 6.96E+04 | | PM | G |
| 15 | -3.54E+05 | | | | J | H |
| 16 | -1.76E+05 | | | | G | E |
| 17 | -7.08E+04 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 5.2



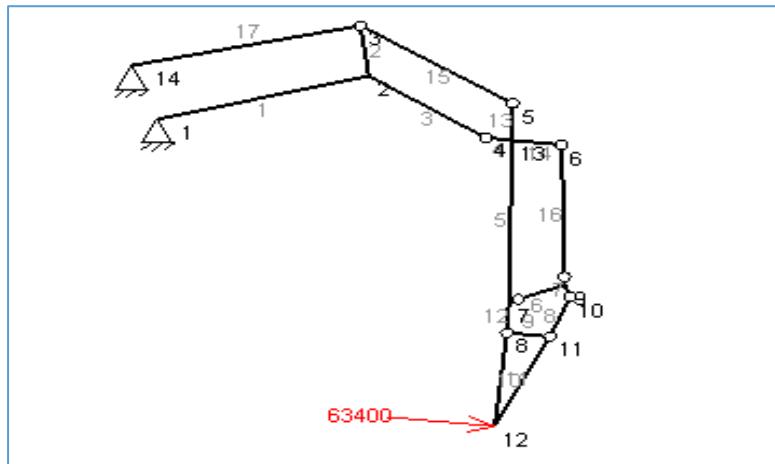
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | | |
|--------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 2.44E+05 | 4.58E+04 | | 7.96E+04 | K | L |
| 2 | 2.80E+05 | -1.23E+05 | 6.16E+04 | | L | J |
| 3 | 4.76E+05 | -1.62E+04 | 1.80E+04 | | L | I |
| 4 | 4.33E+05 | 1.98E+05 | | 4.16E+04 | I | PM |
| 5 | 1.91E+05 | -6.64E+04 | 1.04E+05 | -2.30E+03 | PM | F |
| 6 | 7.83E+04 | 2.51E+04 | | 1.19E+04 | F | E |
| 7 | -1.40E+05 | -9.55E+04 | 1.19E+04 | | E | D |
| 8 | -1.70E+05 | | | | D | B |
| 9 | 5.61E+04 | | | | B | C |
| 10 | -1.81E+05 | 1.18E+02 | | 1.16E+02 | B | A |
| 11 | 1.70E+05 | -1.26E+02 | 1.16E+02 | | A | C |
| 12 | 1.78E+05 | 7.68E+03 | -2.30E+03 | | F | C |
| 13 | -2.15E+05 | 3.53E+05 | | 1.28E+05 | H | PM |
| 14 | -2.46E+04 | -1.64E+05 | 6.57E+04 | | PM | G |
| 15 | -4.13E+05 | | | | J | H |
| 16 | -1.66E+05 | | | | G | E |
| 17 | -1.94E+05 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 5.3



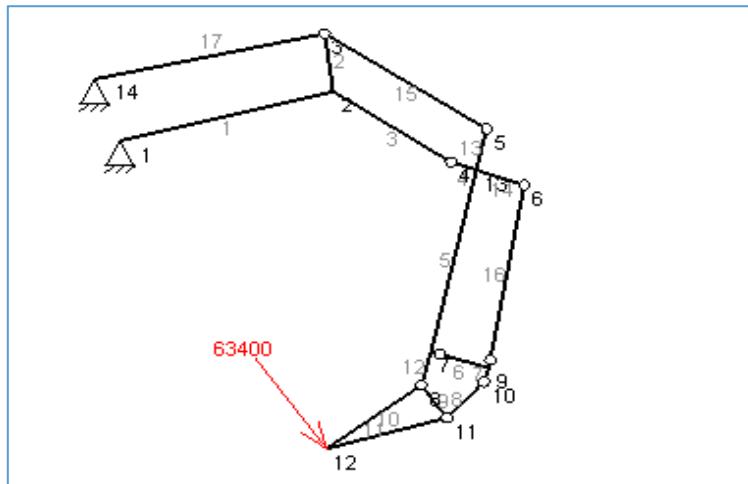
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector inicial | Flector final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 368460 | 32435 | | 56326 | K | L |
| 2 | 310140 | -33815 | 16907 | | L | J |
| 3 | 502360 | -35533 | 39418 | | L | I |
| 4 | 465490 | 192210 | | 40478 | I | PM |
| 5 | 176200 | -68340 | 110670 | 1632,9 | PM | F |
| 6 | 62156 | 32168 | | 15280 | F | E |
| 7 | -127530 | -122240 | 15280 | | E | D |
| 8 | -176650 | | | | D | B |
| 9 | 13688 | | | | B | C |
| 10 | -180980 | 96.84 | | 95.388 | B | A |
| 11 | 169550 | -103.39 | 95.388 | | A | C |
| 12 | 170020 | -5443,2 | 1632,9 | | F | C |
| 13 | -232050 | 380830 | | 137760 | H | PM |
| 14 | -22187 | -169180 | 67573 | | PM | G |
| 15 | -445960 | | | | J | H |
| 16 | -170630 | | | | G | E |
| 17 | -309110 | | | | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 6.1



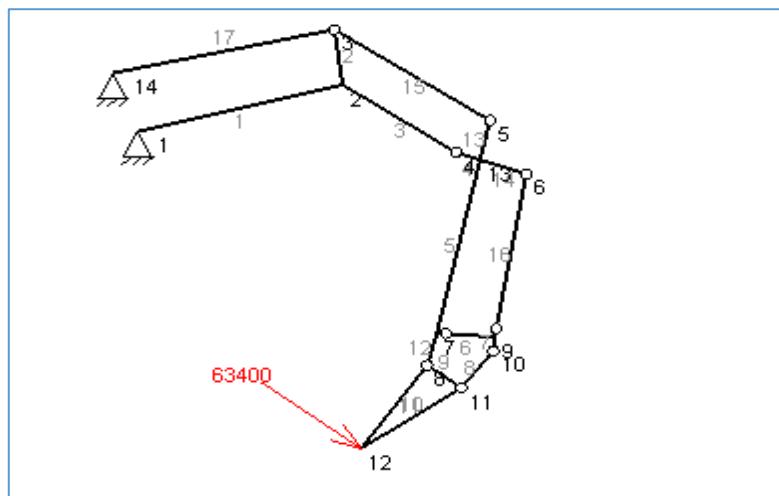
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 49680 | 59721 | 0 | 103710 | K | L |
| 2 | 236160 | -250430 | 125210 | 0 | L | J |
| 3 | 421450 | 19385 | -21504 | 0 | L | I |
| 4 | 403210 | 124180 | 0 | 26151 | I | PM |
| 5 | 217590 | -56187 | 79948 | -9695,4 | PM | F |
| 6 | 97970 | 20051 | 0 | 9524,4 | F | E |
| 7 | -154710 | -76195 | 9524,4 | 0 | E | D |
| 8 | -172450 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 94778 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -180960 | 137,19 | 0 | 135,13 | B | A |
| 11 | 169550 | -146,47 | 135,13 | 0 | A | C |
| 12 | 191600 | 32318 | -9695,4 | 0 | F | C |
| 13 | -122100 | 341040 | 0 | 123370 | H | PM |
| 14 | -25935 | -174180 | 69571 | 0 | PM | G |
| 15 | -362240 | 0 | 0 | 0 | J | H |
| 16 | -176100 | 0 | 0 | 0 | G | E |
| 17 | -26045 | 0 | 0 | 0 | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 6.2



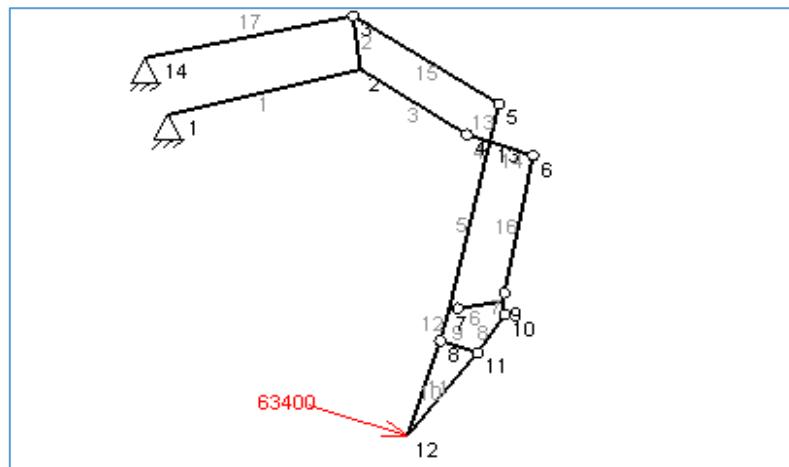
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 179020 | 53406 | 0 | 92742 | K | L |
| 2 | 283710 | -184240 | 92120 | 0 | L | J |
| 3 | 485650 | -561,26 | 622,62 | 0 | L | I |
| 4 | 470350 | 120920 | 0 | 25465 | I | PM |
| 5 | 191000 | -66384 | 103610 | 103610 | PM | F |
| 6 | 78313 | 25123 | 0 | 11933 | F | E |
| 7 | -140300 | -95464 | 11933 | 0 | E | D |
| 8 | -169700 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 56123 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -180970 | 117,97 | | 116,2 | B | A |
| 11 | 169550 | -125,94 | 116,2 | 0 | A | C |
| 12 | 178470 | 7678,1 | -2303,4 | 0 | F | C |
| 13 | -142360 | 397630 | 0 | 143840 | H | PM |
| 14 | -24611 | -164480 | 65694 | 0 | PM | G |
| 15 | -422340 | 0 | 0 | 0 | J | H |
| 16 | -166310 | 0 | 0 | 0 | G | E |
| 17 | -138430 | 0 | 0 | 0 | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 6.3



En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

| Barras | Axil | Cortante | Flector Inicial | Flector Final | | |
|--------|---------|----------|-----------------|---------------|----|------|
| 1 | 301080 | 42216 | 0 | 73311 | K | L |
| 2 | 313730 | -100950 | 50477 | 0 | L | J |
| 3 | 516930 | -20583 | 22834 | 0 | L | I |
| 4 | 505650 | 109360 | 0 | 23031 | I | PM |
| 5 | 176210 | -68341 | 110670 | 1631,4 | PM | F |
| 6 | 62160 | 32171 | 0 | 15281 | F | E |
| 7 | -127530 | -122240 | 15281 | 0 | E | D |
| 8 | -176660 | 0 | 0 | 0 | D | B |
| 9 | 13684 | 0 | 0 | 0 | B | C |
| 10 | -180980 | 96.862 | 0 | 95.41 | B | A |
| 11 | 169550 | -103.41 | 95.41 | 0 | A | C |
| 12 | 170020 | -5438,1 | 1631,4 | 0 | F | C |
| 13 | -153620 | 429060 | 0 | 155210 | H | PM |
| 14 | -22188 | -169180 | 67574 | | PM | G |
| 15 | -455730 | 0 | 0 | 0 | J | H |
| 16 | -170630 | 0 | 0 | 0 | G | E |
| 17 | -247520 | 0 | 0 | 0 | J | Base |

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



2. Calculo mediante EES

En este apartado se calcula las reacciones en los pasadores y fuerzas en los puntos de unión de piezas.

También se calcula la fuerza necesaria en los cilindros.

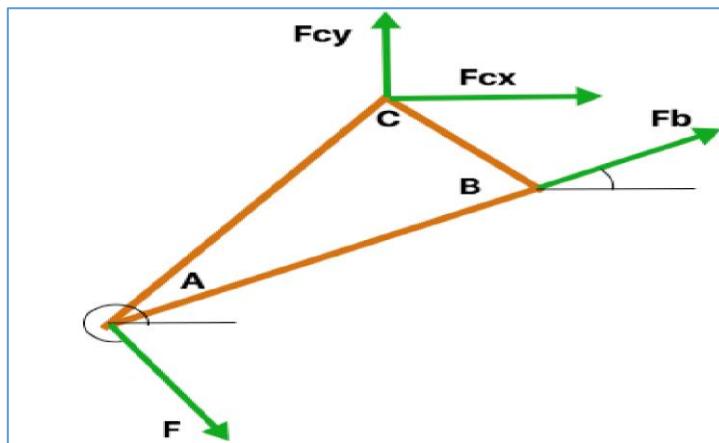
Primero se plantean los diagramas de sólido libre y se realizan las ecuaciones que posteriormente se resolverán mediante el programa EES.

2.1 Diagramas de sólido libre

Se analiza una posición para realizar las ecuaciones, después se va variando medidas y ángulos para cada posición.

Para obtener las ecuaciones se ha estudiado la ``Posición 8''.

Cazo:



- Ecuaciones:

$$\sum F_x = 0 \gg F \cdot \cos(\alpha) + F_{cx} + F_b \cdot \cos(\beta) = 0$$

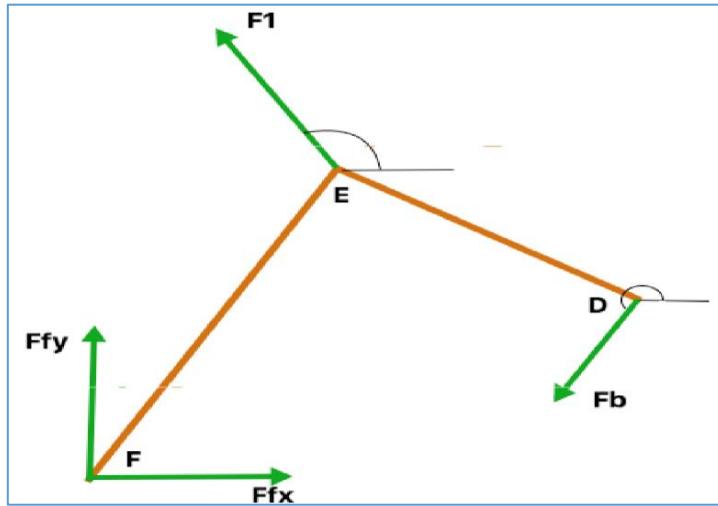
$$\sum F_y = 0 \gg F \cdot \sin(\alpha) + F_{cy} + F_b \cdot \sin(\beta) = 0$$



$$\sum M_c = 0 \gg F_b \cdot \cos(\beta) \cdot L_{CBY} + F_b \cdot \sin(\beta) \cdot L_{CBx} + F \cdot \cos(\alpha) \cdot L_{CAy} - F \cdot \sin(\alpha) \cdot L_{CAx} = 0$$

- El ángulo que forma F con la horizontal es α
- El ángulo que forma Fb con la horizontal es β

Barra FED



- Ecuaciones:

$$\sum F_x = 0 \gg F_b \cdot \cos(\gamma) + F_{Fx} + F_1 \cdot \cos(\delta) = 0$$

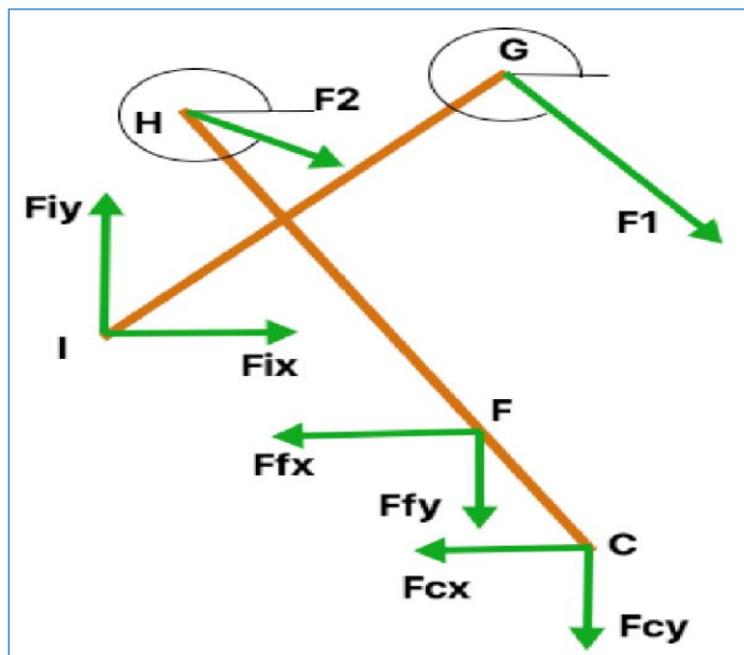
$$\sum F_y = 0 \gg F_b \cdot \sin(\gamma) + F_{Fy} + F_1 \cdot \sin(\delta) = 0$$

$$\begin{aligned} \sum M_F = 0 \gg & -F_b \cdot \cos(\gamma) \cdot L_{FDy} + F_b \cdot \sin(\gamma) \cdot L_{FDx} - F_1 \cdot \cos(\delta) \cdot L_{FEy} \\ & + F_1 \cdot \sin(\delta) \cdot L_{FEx} = 0 \end{aligned}$$

- El ángulo que forma Fb con la horizontal es γ
- El ángulo que forma F1 con la horizontal es δ



Balancín



- Ecuaciones:

$$\sum F_x = 0 \gg F_{Ix} - F_{Fx} - F_{Cx} + F_2 \cdot \cos(\theta) + F_1 \cdot \cos(\mu) = 0$$

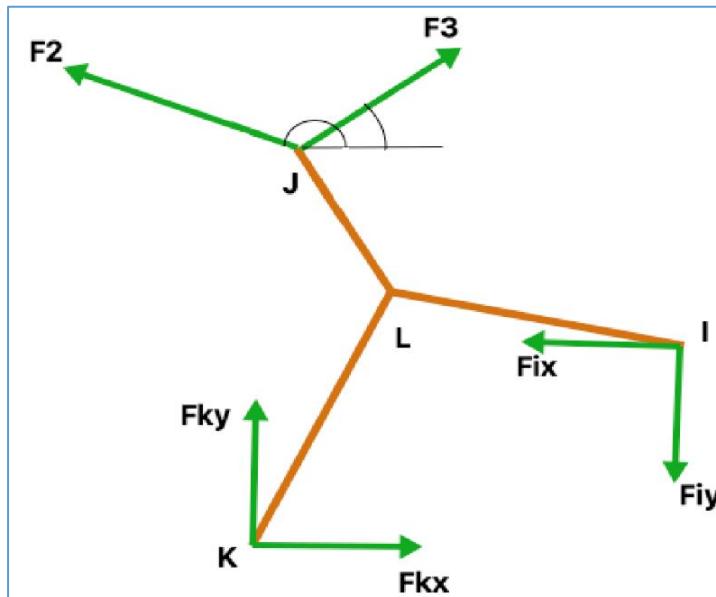
$$\sum F_y = 0 \gg F_{Iy} - F_{Fy} - F_{Cy} + F_2 \cdot \sin(\theta) + F_1 \cdot \sin(\mu) = 0$$

$$\begin{aligned} \sum M_I = 0 \gg & -F_2 \cdot \cos(\theta) \cdot L_{IHy} + F_2 \cdot \sin(\theta) \cdot L_{IHx} - F_1 \cdot \cos(\mu) \cdot L_{IGy} \\ & + F_1 \cdot \sin(\mu) \cdot L_{IGx} - F_{Fx} \cdot L_{IFy} - F_{Fy} \cdot L_{IFx} - F_{Cx} \cdot L_{ICy} \\ & - F_{Cy} \cdot L_{ICx} = 0 \end{aligned}$$

- El ángulo formado por F_1 y la horizontal es μ
- El ángulo formado por F_2 y la horizontal es θ



Pluma



- Ecuaciones:

$$\sum F_x = 0 \gg F_3 \cdot \cos(\varphi) + R_x - F_{Ix} + F_2 \cdot \cos(\omega) = 0$$

$$\sum F_y = 0 \gg F_3 \cdot \sin(\varphi) + R_y - F_{Iy} + F_2 \cdot \sin(\omega) = 0$$

$$\begin{aligned} \sum M_K = 0 \gg & -F_3 \cdot \cos(\varphi) \cdot L_{KJy} + F_3 \cdot \sin(\varphi) \cdot L_{KJx} - F_2 \cdot \cos(\omega) \cdot L_{KJy} \\ & + F_2 \cdot \sin(\omega) \cdot L_{KJx} + F_{Ix} \cdot L_{KIy} - F_{Iy} \cdot L_{KJx} = 0 \end{aligned}$$

- El ángulo formado por F2 y la horizontal es ω
- El ángulo formado por F3 y la horizontal es φ

Este sería el sistema de ecuaciones para la Posición 8 y que nos sirve para las demás posiciones. Simplemente con variar los ángulos, las distancias y algún signo para cada posición se obtienen los sistemas de ecuaciones para todas las posiciones.



2.1 Resultados de los sistemas de ecuaciones.

En la siguiente tabla que se adjunta se muestran los resultados de las fuerzas obtenidas para cada posición, todas ellas en valor absoluto.

| Posiciones | F _b | F _{cx} | F _{cy} | F _{fx} | F <subfy< sub=""></subfy<> | F _{ix} | F _{iy} | F _{kx} | F _{ky} |
|------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1,1 | 172449 | 2573 | 194288 | 99675 | 8389 | 387529 | 154345 | 119022 | 3221 |
| 1,2 | 169696 | 19755 | 177532 | 82210 | 2918 | 449792 | 156163 | 237948 | 64965 |
| 1,3 | | | | | | | | | |
| 2,1 | 172451 | 42913 | 189509 | 95745 | 28928 | 386282 | 169772 | 70785 | 31909 |
| 2,2 | 169699 | 17588 | 177762 | 81021 | 14237 | 453324 | 174252 | 183311 | 29910 |
| 2,3 | | | | | | | | | |
| 3,1 | 172452 | 37877 | 190580 | 100659 | 9575 | 414966 | 70953 | 121009 | 25513 |
| 3,2 | 169698 | 56235 | 169546 | 79808 | 19944 | 472437 | 59235 | 223742 | 119124 |
| 3,3 | 176648 | 65537 | 156979 | 66496 | 21745 | 501696 | 44329 | 315348 | 209079 |
| 4,1 | 172449 | 2573 | 194288 | 99665 | 8389 | 413142 | 85750 | 76478 | 15673 |
| 4,2 | 169696 | 19755 | 177532 | 82210 | 2918 | 479651 | 76194 | 176296 | 71723 |
| 4,3 | 176654 | 31436 | 167175 | 69593 | 7456 | 513700 | 61366 | 267336 | 158396 |
| 5,1 | 172451 | 42913 | 189509 | 95745 | 28928 | 346968 | 231543 | 116345 | 27556 |
| 5,2 | 169699 | 17588 | 177762 | 81059 | 15388 | 408642 | 246991 | 248850 | 15215 |
| 5,3 | 176634 | 4001 | 170039 | 69614 | 7173 | 439685 | 244173 | 364755 | 58162 |
| 6,1 | 172447 | 81374 | 176443 | 87636 | 48198 | 342542 | 246374 | 62822 | 45804 |
| 6,2 | 169695 | 54160 | 170218 | 76288 | 30775 | 407217 | 264715 | 186722 | 8182 |
| 6,3 | 176657 | 39279 | 165510 | 66609 | 21496 | 443790 | 264657 | 301910 | 32294 |
| 1 | 169620 | 100347 | 148641 | 72138 | 41152 | 482040 | 66289 | 201752 | 208818 |
| 2 | 171779 | 130616 | 113867 | 53944 | 53030 | 473758 | 141067 | 224547 | 372132 |
| 3 | 179509 | 113334 | 175717 | 103423 | 58233 | 355307 | 67700 | 65588 | 1052 |
| 4 | 179510 | 57008 | 201175 | 115929 | 25453 | 353891 | 90939 | 28543 | 122186 |
| 5 | 179508 | 107133 | 179564 | 105389 | 54590 | 365824 | 28745 | 79105 | 16310 |
| 6 | 169616 | 124632 | 128954 | 63894 | 53053 | 473233 | 73871 | 226285 | 257972 |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | 176319 | 47062 | 197559 | 109184 | 18618 | 379203 | 68427 | 91491 | 2026 |
| 9 | 176657 | 81558 | 149281 | 63883 | 28597 | 501487 | 39081 | 338692 | 234384 |
| 10 | 176651 | 117413 | 123080 | 54303 | 44156 | 523540 | 38616 | 392706 | 295049 |
| 11 | 176656 | 137005 | 100826 | 35814 | 52914 | 522292 | 52883 | 351608 | 391189 |

Fuerzas en valores de Newton

Las líneas en rojo son posiciones que debido a problemas de geometría los resultados no dan exactos.



3. Resultado de fuerzas en los cilindros

Se muestra los valores obtenidos en el programa MEFI y con el programa EES.

| Posiciones | | Cilindro 1 | Cilindro 2 | Cilindro 3 | |
|------------|-----|-------------|------------------|------------------|------------------|
| Normal | 1 | EES Mefi | 166513 166510 | 423746 411200 | 238254 227180 |
| Normal | 2 | EES Mefi | 166541 166450 | 435460 435420 | 376602 376940 |
| Normal | 3 | EES Mefi | 191256 191260 | 300507 300460 | 4927 4993,6 |
| Normal | 4 | EES Mefi | 191255 191260 | 315127 315030 | 105185 105310 |
| Normal | 5 | EES Mefi | 191252 191260 | 304600 304560 | 27038 27036 |
| Normal | 6 | EES Mefi | 166507 166510 | 418430 418430 | 286261 286320 |
| Normal | 7 | EES Mefi | 181790 | 361800 | 128780 |
| Normal | 8 | EES Mefi | 184593 184590 | 323027 323040 | 39758 40085 |
| Normal | 9 | EES Mefi | 170627 170630 | 448286 448280 | 349780 349730 |
| Normal | 10 | EES Mefi | 170622 170630 | 480724 480700 | 427842 427960 |
| Normal | 11 | EES Mefi | 170629 170630 | 480724 480720 | 462592 462750 |
| Pos | 1.1 | EES Mefi | 176104 176100 | 354514 354470 | 70157 70094 |
| Pos | 1.2 | EES Mefi | 166303 166310 | 413298 413280 | 192508 192440 |
| Pos | 1.3 | EES Mefi | 170710 | 445960 | 306090 |
| Pos | 2.1 | EES Mefi | 176107 176100 | 362287 362240 | 25900 25791 |
| Pos | 2.2 | EES Mefi | 166303 166280 | 422359 419640 | 137205 130860 |
| Pos | 2.3 | EES Mefi | 170630 | 455740 | 245100 |
| Pos | 3.1 | EES Mefi | 179375 176100 | 358369 354470 | 75633 72758 |
| Pos | 3.2 | EES Mefi | 169698 166310 | 413304 413290 | 199750 199750 |
| Pos | 3.3 | EES Mefi | 170636 169350 | 446003 449740 | 317737 357830 |
| Pos | 4.1 | EES Mefi | 176104 176100 | 362290 362240 | 26874 26770 |
| Pos | 4.2 | EES Mefi | 166303 166310 | 422364 422340 | 142369 142290 |
| Pos | 4.3 | EES Mefi | 170626 170630 | 455748 455730 | 254491 254420 |
| Pos | 5.1 | EES Mefi | 176107 176100 | 354511 354480 | 70808 70785 |
| Pos | 5.2 | EES Mefi | 167455 166310 | 414654 413290 | 195284 194330 |
| Pos | 5.3 | EES Mefi | 170604 170630 | 445286 445960 | 308580 309110 |
| Pos | 6.1 | EES Mefi | 176100 176100 | 362286 362240 | 26139 26045 |



| | | | | | |
|-----|-----|------|--------|--------|--------|
| Pos | 6.2 | EES | 166304 | 422393 | 138518 |
| | | Mefi | 166310 | 422340 | 138430 |
| Pos | 6.3 | EES | 170629 | 455109 | 247121 |
| | | Mefi | 170630 | 455730 | 247520 |

Se indican los valores de la fuerza de los cilindros obtenido de diferente manera, los marcados en rojo son valores erróneos.

Las unidades de las fuerzas son Newton.

3.1 Comparación de datos

Una vez obtenidos los resultados de los esfuerzos en los cilindros por ambos métodos, se ha realizado una variación media de los resultados y se ha obtenido un resultado de **1,001674837** en tanto por uno.

Se puede concluir que los resultados obtenidos de ambas formas han sido correctos.

4. Numeración de Barras con Nudos en la estructura.

Numeración de las barras:

- Los números en color gris en la foto indican el número de la barra
- Las letras de la derecha de la tabla serían las que corresponden a cada punto de la estructura.
- Axil y cortante son constantes a lo largo de la barra mientras que el flector no, por eso hay Flector inicial y final.
- Primera letra indica el inicio de la barra y la segunda el punto final de la barra.
- Nombre de los puntos:
 - 1 >> K
 - 2 >> L
 - 3 >> J
 - 4 >> I
 - 5 >> H
 - 6 >> G
 - 7 >> F
 - 8 >> C
 - 9 >> E
 - 10 >> D
 - 11 >> B
 - 12 >> A





Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis y dimensionamiento de una
retropala para una fuerza de excavación de
63.4 KN.

ANEXO III: Determinación de Cilindros.

Autor

Monge Catalán, Alberto.

Director

Javier Óscar Abad Blasco

Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza.

2017/2018



INDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Calculo de Cilindros | 2 |
| 1.1 | Calculo de fuerzas mediante MEFI | 2 |
| 1.2 | Calculo de las dimensiones del pistón | 3 |
| 1.3 | Selección del diámetro del pistón | 5 |
| 2. | Calculo del diámetro de vástago. | 6 |
| 2.1 | Cilindro 1 | 6 |
| 2.2 | Cilindro 2 | 7 |
| 2.3 | Cilindro 3 | 8 |
| 3. | Resultados finales..... | 9 |
| 4. | Selección de Cilindros..... | 9 |
| 4.1 | Selección Cilindro 1 | 11 |
| 4.2 | Selección Cilindro 2 y 3..... | 12 |
| 4.3 | Designación de pedido. | 13 |



1. Calculo de Cilindros

Para realizar el cálculo de los cilindros utilzo dos maneras, una mediante el programa EES utilizando las ecuaciones de sólido libre y la otra manera es mediante el programa MEFI.

1.1 Calculo de fuerzas mediante MEFI

El programa MEFI para calcular los cilindros nos lo calcula como si fuera una viga de sección circular y nos da unos valores de compresión o tracción según la posición del brazo retroexcavador.

En esta tabla adjunto los valores de fuerza en Newton de los cilindros que me proporciona MEFI:

| Posición | Cilindro 1 | Cilindro 2 | Cilindro 3 |
|----------|------------|------------|------------|
| N 1 | 166510 | 411200 | 227180 |
| N 2 | 166450 | 435420 | 376940 |
| N 3 | 191260 | 300460 | 499360 |
| N 4 | 191260 | 315030 | 105310 |
| N 5 | 191260 | 304560 | 27036 |
| N 6 | 166510 | 418430 | 286320 |
| N 7 | 181790 | 361800 | 128780 |
| N 8 | 184590 | 323040 | 40085 |
| N 9 | 170630 | 448280 | 349730 |
| N 10 | 170630 | 480700 | 427960 |
| N 11 | 170630 | 480720 | 462750 |
| 1,1 | 176100 | 354470 | 70094 |
| 1,2 | 166310 | 413280 | 192440 |
| 1,3 | 170710 | 445960 | 306090 |
| 2,1 | 176100 | 362240 | 25791 |
| 2,2 | 166280 | 419640 | 130860 |
| 2,3 | 170630 | 455740 | 245100 |
| 3,1 | 176100 | 354470 | 72758 |
| 3,2 | 166310 | 413290 | 199750 |
| 3,3 | 169350 | 449740 | 357830 |
| 4,1 | 176100 | 362240 | 26770 |
| 4,2 | 166310 | 422340 | 142290 |
| 4,3 | 170630 | 455730 | 254420 |
| 5,1 | 176100 | 354480 | 70785 |
| 5,2 | 166310 | 413290 | 194330 |
| 5,3 | 170630 | 445960 | 309110 |
| 6,1 | 176100 | 362240 | 26045 |
| 6,2 | 166310 | 422340 | 138430 |
| 6,3 | 170630 | 455730 | 247520 |



1.2 Calculo de las dimensiones del pistón

Una vez tenemos los valores de los esfuerzos, mediante las siguientes ecuaciones calculo las dimensiones de como diámetro y área del pistón de cada uno de los cilindros que voy a necesitar para poder trabajar en las anteriores posiciones.

- Ecuaciones:

$$p = \frac{F_{Cil}}{A_{Cil}} \quad A_{pis} = \pi \times \frac{D_{Cil}^2}{4} \ggg D_{pis} = \sqrt[2]{4 \times \frac{A_{Cil}}{\pi}}$$

Datos como la presión (p) y la fuerza (F) que tiene que hacer el cilindro son conocidos.

- $p = 250$ bares = 25 Mpa
- F = según posición corresponde a un valor de la tabla.

Primero con la fuerza y la presión se calcula el área necesaria del pistón:

| Posición | Área del pistón 1 (mm ²) | Área del pistón 2 | Área del pistón 3 (mm ²) |
|----------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| N 1 | 6660,4 | 16448 | 9087,2 |
| N 2 | 6658 | 17416,8 | 15077,6 |
| N 3 | 7650,4 | 12018,4 | 19974,4 |
| N 4 | 7650,4 | 12601,2 | 4212,4 |
| N 5 | 7650,4 | 12182,4 | 1081,44 |
| N 6 | 6660,4 | 16737,2 | 11452,8 |
| N 7 | 7271,6 | 14472 | 5151,2 |
| N 8 | 7383,6 | 12921,6 | 1603,4 |
| N 9 | 6825,2 | 17931,2 | 13989,2 |
| N 10 | 6825,2 | 19228 | 17118,4 |
| N 11 | 6825,2 | 19228,8 | 18510 |
| 1,1 | 7044 | 14178,8 | 2803,76 |
| 1,2 | 6652,4 | 16531,2 | 7697,6 |
| 1,3 | 6828,4 | 17838,4 | 12243,6 |
| 2,1 | 7044 | 14489,6 | 1031,64 |
| 2,2 | 6651,2 | 16785,6 | 5234,4 |
| 2,3 | 6825,2 | 18229,6 | 9804 |
| 3,1 | 7044 | 14178,8 | 2910,32 |
| 3,2 | 6652,4 | 16531,6 | 7990 |
| 3,3 | 6774 | 17989,6 | 14313,2 |
| 4,1 | 7044 | 14489,6 | 1070,8 |
| 4,2 | 6652,4 | 16893,6 | 5691,6 |
| 4,3 | 6825,2 | 18229,2 | 10176,8 |
| 5,1 | 7044 | 14179,2 | 2831,4 |
| 5,2 | 6652,4 | 16531,6 | 7773,2 |
| 5,3 | 6825,2 | 17838,4 | 12364,4 |



| | | | |
|-----|--------|---------|--------|
| 6,1 | 7044 | 14489,6 | 1041,8 |
| 6,2 | 6652,4 | 16893,6 | 5537,2 |
| 6,3 | 6825,2 | 18229,2 | 9900,8 |

En la tabla anterior estarían las áreas necesarias para cada pistón que demanda la fuerza según su posición, ya que cambian las fuerzas.

Seguidamente una vez tenemos el área del pistón es calcular el diámetro:

En la siguiente tabla tenemos los diámetros relacionados a cada área del pistón

| Posición | D1 | D2 | D3 |
|----------------|-------------|-------------|-------------|
| N 1 | 92,08958456 | 144,7161188 | 107,5660946 |
| N 2 | 92,07299134 | 148,9170897 | 138,5563603 |
| N 3 | 98,6966539 | 123,7039835 | 15,94766958 |
| N 4 | 98,6966539 | 126,667824 | 73,23609169 |
| N 5 | 98,6966539 | 124,54514 | 37,10748941 |
| N 6 | 92,08958456 | 145,9828239 | 120,7580791 |
| N 7 | 96,2222146 | 135,7452478 | 80,98686052 |
| N 8 | 96,96040888 | 128,2680535 | 45,18364858 |
| N 9 | 93,22192114 | 151,1001985 | 133,4617445 |
| N 10 | 93,22192114 | 156,4686784 | 147,6358887 |
| N 11 | 93,22192114 | 156,4719334 | 153,519507 |
| 1,1 | 94,70437261 | 134,363125 | 59,7490185 |
| 1,2 | 92,0342622 | 145,0816706 | 99,00064577 |
| 1,3 | 93,24377216 | 150,7086941 | 124,8575831 |
| 2,1 | 94,70437261 | 135,8277654 | 36,24302546 |
| 2,2 | 92,02596098 | 146,1937454 | 81,63827345 |
| 2,3 | 93,22192114 | 152,3522693 | 111,727996 |
| 3,1 | 94,70437261 | 134,363125 | 60,87384436 |
| 3,2 | 92,0342622 | 145,0834258 | 100,8634334 |
| 3,3 | 92,8716056 | 151,3460571 | 134,998433 |
| 4,1 | 94,70437261 | 135,8277654 | 36,92449284 |
| 4,2 | 92,0342622 | 146,6633029 | 85,1290022 |
| 4,3 | 93,22192114 | 152,3505978 | 113,8324223 |
| 5,1 | 94,70437261 | 134,3650202 | 60,04280482 |
| 5,2 | 92,0342622 | 145,0834258 | 99,48561264 |
| 5,3 | 93,22192114 | 150,7086941 | 125,4720174 |
| 6,1 | 94,70437261 | 135,8277654 | 36,42105605 |
| 6,2 | 92,0342622 | 146,6633029 | 83,96638633 |
| 6,3 | 93,22192114 | 152,3505978 | 112,2782155 |
| Diámetro mayor | 98,6966539 | 156,4719334 | 153,519507 |

Los diámetros seleccionados son los mayores, con esto nos aseguramos que en las posiciones de trabajo va poder realizar la fuerza de excavación demandada.



Para otras posiciones donde solicite más fuerza y con ello diámetro más grande de pistón la fuerza de excavación será menor.

1.3 Selección del diámetro del pistón

| | DIAMETRO 1 | DIAMETRO 2 | DIAMETRO 3 |
|----------------|---------------|---------------|---------------|
| DIÁMETRO MAYOR | 98,6966539 | 156,4719334 | 153,519507 |

Las unidades de los diámetros están en milímetros.

Aquí se indica los diámetros seleccionados para cada pistón, debido a que estos serían los diámetros mayores demandados en las posiciones estudiadas.

Con la selección nos damos cuenta que podremos realizar la fuerza de excavación máxima en todas estas posiciones estudiadas, para otras seguramente no podrán y con ello la fuerza de excavación será menor.

Selección del diámetro real:

Debido a que el diámetro del pistón va ser un diámetro comercial de catálogo redondeamos el valor calculado al más cercano del diámetro comercial.

- Diámetro uno seleccionamos un diámetro de 100 mm.
- Diámetros dos y tres seleccionamos un diámetro de 160 mm, ya que la empresa utilizada no tiene diámetros de 150mm para seleccionar el diámetro 2.



2. Calculo del diámetro de vástago.

Una vez seleccionados los diámetros de pistón se procede a calcular el vástago necesario para poder realizar las posiciones de trabajo.

2.1 Cilindro 1

El cilindro 1 tiene un diámetro de pistón de 100 mm y puede realizar una fuerza de 196344,75 N.

El cálculo se realizara a pandeo ya que la longitud y la fuerza de trabajo pueden hacer que el vástago falle a pandeo.

$$L_{max} = 1950 \text{ mm} \quad L_{min} = 1400 \text{ mm}$$

Con estas dos medidas podemos establecer la carrera del cilindro:

$$Carrera = L_{max} - L_{min} = 550 \text{ mm}$$

Según los amarres del cilindro se establece un parámetro llamado β que tiene un valor de 2 al tener ambos apoyos articulados.

$$\beta = 2$$

Teniendo los datos de la carrera del cilindro y el parámetro beta se establece una longitud de pandeo

$$L_{pandeo} = \beta \cdot Carrera = 1100 \text{ mm.}$$

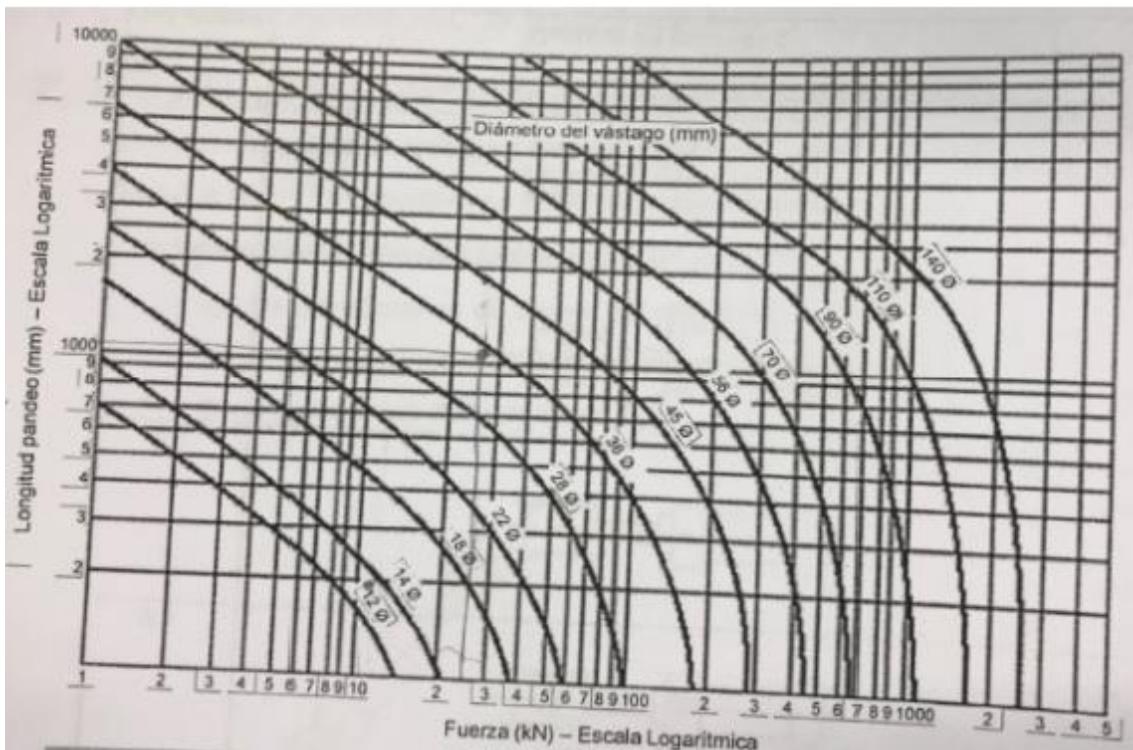


Tabla de valores del diámetro de vástago en relación con la longitud de pandeo y la fuerza del cilindro.

Ahora entrando en la tabla con el valor de la longitud de pandeo y el valor de la fuerza en el cilindro se determina el valor que tendrá que tener el diámetro del vástago.

El valor del diámetro del vástago esta entre los valores de diámetro de 56 a 70 mm, se escoge el mayor valor de los dos.

$$\varnothing_{vástago} = 70 \text{ mm}$$

2.2 Cilindro 2

El cilindro 2 tiene un diámetro de pistón de 100 mm y puede realizar una fuerza de 502642,56 N.

El cálculo se realizara a pandeo ya que la longitud y la fuerza de trabajo pueden hacer que el vástago falle a pandeo.

$$L_{max} = 1800 \text{ mm} \quad L_{min} = 1400 \text{ mm}$$



Con estas dos medidas podemos establecer la carrera del cilindro:

$$Carrera = L_{max} - L_{min} = 400 \text{ mm}$$

Según los amarres del cilindro se establece un parámetro llamado β que tiene un valor de 2 al tener ambos apoyos articulados.

$$\beta = 2$$

Teniendo los datos de la carrera del cilindro y el parámetro beta se establece una longitud de pandeo

$$L_{pandeo} = \beta \cdot Carrera = 800 \text{ mm.}$$

Ahora entrando en la tabla anterior que relaciona el diámetro de vástago con la longitud de pandeo y la fuerza del cilindro se selecciona el valor del diámetro del vástago.

El valor del diámetro del vástago esta entre los valores de diámetro de 70 a 90 mm, se escoge el mayor valor de los dos.

$$\varnothing_{vastago} = 90 \text{ mm}$$

2.3 Cilindro 3

El cilindro 3 tiene un diámetro de pistón de 100 mm y puede realizar una fuerza de 502642,56 N.

El cálculo se realizara a pandeo ya que la longitud y la fuerza de trabajo pueden hacer que el vástago falle a pandeo.

$$L_{max} = 1800 \text{ mm} \quad L_{min} = 1350 \text{ mm}$$

Con estas dos medidas podemos establecer la carrera del cilindro:

$$Carrera = L_{max} - L_{min} = 450 \text{ mm}$$

Según los amarres del cilindro se establece un parámetro llamado β que tiene un valor de 2 al tener ambos apoyos articulados.



$$\beta = 2$$

Teniendo los datos de la carrera del cilindro y el parámetro beta se establece una longitud de pandeo

$$L_{pandeo} = \beta \cdot Carrera = 900 \text{ mm.}$$

Ahora entrando en la tabla anterior que relaciona el diámetro de vástago con la longitud de pandeo y la fuerza del cilindro se selecciona el valor del diámetro del vástago.

El valor del diámetro del vástago esta entre los valores de diámetro de 70 a 90 mm, se escoge el mayor valor de los dos.

$$\varnothing_{vastago} = 90 \text{ mm.}$$

3. Resultados finales.

Se adjunta una tabla con los datos finales de los cilindros, para su elección correspondiente.

| CILINDRO | 1 | 2 | 3 |
|-------------------------|-----|-----|-----|
| $\varnothing_{pistón}$ | 100 | 160 | 160 |
| $\varnothing_{vastago}$ | 70 | 90 | 90 |
| Carrera | 550 | 400 | 450 |

Tabla de resultados de cilindros, valores en mm.

Se buscaría en un catálogo y se seleccionarían los cilindros que cumplan estos requisitos y una presión de trabajo de 250 bares.

4. Selección de Cilindros.

En este apartado se selecciona según las características anteriores el cilindro en un catálogo comercial, para este caso la marca comercial elegida es GLUAL HYDRAULICS.



Características de los cilindros en relación con la serie KD.

| CARACTERISTICAS KD | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Norma | ISO 6022 | | | | | | | | | | | |
| Tipo de construcción | Con brida | | | | | | | | | | | |
| Presión nominal | 250 bar | | | | | | | | | | | |
| Presión de prueba | 375 bar | | | | | | | | | | | |
| Posición de montaje | indiferente | | | | | | | | | | | |
| Temperatura ambiente | -20°C...+80°C con estanqueidad tipo 1-3-8 | | | | | | | | | | | |
| | -20°C...+160°C con estanqueidad vitón tipo 2-4-5 | | | | | | | | | | | |
| Temperatura del fluido | -20°C...+80°C con estanqueidad tipo 1-3-8 | | | | | | | | | | | |
| | -20°C...+160°C con estanqueidad vitón tipo 2-4-5 | | | | | | | | | | | |
| Fluido | Aceite mineral – Otros fluidos bajo demanda | | | | | | | | | | | |
| Viscosidad | 12...90 cSt | | | | | | | | | | | |
| Filtración | Grado de filtración según NAS 1638 clase 9...10 a obtener con filtro $\beta_{25} = 75$ | | | | | | | | | | | |
| Estanqueidad vástago y pistón | Ver codificación para pedido, página 87 | | | | | | | | | | | |
| Ø Pistón (mm) | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 140 | 160 | 180 | 200 | 250 | 320 | |
| Ø Vástago (mm) | 32 | 36 | 40 | 45 | 50 | 56 | 63 | 70 | 80 | 90 | 90 | 100 |
| Velocidad máxima [m/s] Juntas tipo 1-3-5-4 | 0,5 | | 0,4 | | | | 0,25 | | | | | 0,2 |
| Velocidad máxima [m/s] Juntas tipo 8-2 | | | 1 | | | | 0,7 | | | | | 0,5 |
| Longitud de amortiguación (mm) | Delantera | 20 | 25 | 30 | 35 | 50 | 50 | 55 | 65 | 70 | 90 | 100 |
| | Trasera | 20 | 25 | 30 | 35 | 50 | 50 | 55 | 65 | 70 | 90 | 100 |
| Tolerancia de carrera | ISO 8135 | | | | | | | | | | | |

Tabla del catálogo GLUAL de características del cilindro.



4.1 Selección Cilindro 1

SECCIÓN, FUERZA, CAUDAL

| Bore | Rod | Area ratio | Bore | Areas Rod | | | Force at 250 bar ¹ | | | Flow at 0,1 m/s ² | | |
|---------|--------------|--------------------|---------|-------------------------------|-------------|----------------|--------------------------------|--------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|--------|
| | | | | Flächenverhältnis | Kolben | Flächen Stange | Annulus | Push | Regen. | Pull | Out | Regen. |
| Kolben | Kolbenstange | Rapport de section | Alesage | Sections Tige | | | Kraft bei 250 bar ¹ | | | Volumenstrom bei 0,1 m/s ² | | |
| | | | | Druck | Diff. | Zug | Aus | Ein | | | | |
| Alesage | Tige | Relación secciones | Pistón | Sección Vástago | | | Force. à 250 bar ¹ | | | Débit à 0,1 m/s ² | | |
| | | | | Pistón | Tige | Annulaire | Poussée | Diff. | Traction | Sortie | Diff. | Entrée |
| Pistón | Vástago | Relación secciones | AL Ø mm | Fuerza a 250 bar ¹ | | | Caudal a 0,1 m/s ² | | | Salida Diferencial Entrada | | |
| | | | | Empuje | Diferencial | Tracción | q _{v1} | l/min | q _{v2} | l/min | q _{v3} | l/min |
| 50 | 32 | 1,69 | 50 | 8,04 | 11,59 | 49,07 | 20,1 | 28,97 | 11,8 | 4,8 | 6,9 | |
| | 36 | 2,08 | | 10,18 | 9,45 | | 25,45 | 23,63 | | 6,1 | 5,7 | |
| 63 | 40 | 1,67 | 63 | 12,56 | 18,61 | 77,92 | 31,4 | 46,52 | 18,7 | 7,5 | 11,2 | |
| | 45 | 2,04 | | 15,90 | 15,27 | | 39,75 | 38,17 | | 9,5 | 9,2 | |
| 80 | 50 | 1,64 | 80 | 19,63 | 30,63 | 125,65 | 49,07 | 76,57 | 30,2 | 11,8 | 18,4 | |
| | 56 | 1,96 | | 24,63 | 25,63 | | 61,57 | 64,07 | | 14,8 | 15,4 | |
| 100 | 63 | 1,65 | 100 | 31,17 | 47,37 | 196,35 | 77,92 | 118,42 | 47,1 | 18,7 | 28,4 | |
| | 70 | 1,96 | | 38,48 | 40,06 | | 96,2 | 100,15 | | 23,1 | 24 | |
| 125 | 80 | 1,69 | 125 | 50,26 | 72,46 | 306,8 | 125,65 | 181,15 | 73,63 | 30,2 | 43,5 | |
| | 90 | 2,08 | | 63,62 | 59,1 | | 159,05 | 147,75 | | 38,17 | 35,5 | |
| 140 | 90 | 1,70 | 140 | 63,62 | 90,32 | 384,85 | 159,05 | 225,8 | 92,36 | 38,17 | 54,2 | |
| | 100 | 2,04 | | 78,54 | 75,4 | | 196,35 | 188,5 | | 47,12 | 45,2 | |
| 160 | 100 | 1,64 | 160 | 78,54 | 122,52 | 502,65 | 196,35 | 306,3 | 120,6 | 47,12 | 73,5 | |
| | 110 | 1,90 | | 95,03 | 106 | | 237,57 | 265 | | 57 | 63,6 | |
| 180 | 110 | 1,60 | 180 | 95,03 | 159,44 | 636,17 | 237,57 | 398,5 | 152,7 | 57 | 95,6 | |
| | 125 | 1,93 | | 122,72 | 131,75 | | 306,8 | 329,37 | | 73,6 | 79 | |
| 200 | 125 | 1,64 | 200 | 122,72 | 191,44 | 785,4 | 306,8 | 478,6 | 188,5 | 73,6 | 114,9 | |
| | 140 | 1,96 | | 153,96 | 160,2 | | 384,9 | 400,5 | | 92,4 | 96,12 | |
| 250 | 160 | 1,69 | 250 | 201,06 | 289,74 | 1227 | 502,65 | 474,3 | 294,5 | 120,6 | 173,8 | |
| | 180 | 2,08 | | 254,4 | 236,4 | | 636 | 591 | | 152,6 | 141,8 | |
| 320 | 200 | 1,64 | 320 | 314,16 | 490,04 | 2010,5 | 785,4 | 1225,1 | 482,5 | 188,5 | 294 | |
| | 220 | 1,90 | | 380,1 | 424,1 | | 950,25 | 1060,2 | | 228,1 | 254,5 | |

Tabla de datos según el diámetro de pistón del catálogo GLUAL.

El cilindro elegido seria el del recuadro negro con diámetro de vástagos 70 mm.



4.2 Selección Cilindro 2 y 3.

Los cilindros 2 y 3 son iguales pero la carrera es diferente en relación a la hora de elegir el tipo de cilindro será el mismo pero la carrera cambiara para cada uno tendrá que tener su propia carrera.

SECCIÓN, FUERZA, CAUDAL

| Bore | Rod | Area ratio | Areas | | | Force at 250 bar ¹⁾ | | | Flow at 0,1 m/s ²⁾ | | |
|------------|---------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--|----------------------------|
| | | | Bore | Rod | Annulus | Push | Regen. | Pull | Out | Regen. | in |
| Kolben | Kolben-stange | Flächen-verhältnis | Kolben | Flächen Stange | Ring. | Kraft bei 250 bar ¹⁾ | Druck | Diff. | Zug | Volumenstrom bei 0,1 m/s ²⁾ | Aus Diff. Ein |
| Alesage | Tige | Rapport de section | Alesage | Sections Tige | Annulaire | Force.à 250 bar ¹⁾ | Poussée | Diff. | Traction | Débit à 0,1 m/s ²⁾ | Sortie Diff. Entrée |
| Pistón | Vástago | Relación secciones | Pistón | Sección Vástago | Anular | Fuerza a 250 bar ¹⁾ | Empuje | Diferencial | Tracción | Caudal a 0,1 m/s ²⁾ | Salida Diferencial Entrada |
| AL Ø mm | MM Ø mm | Ø A1/A3 | A ₁ cm ² | A ₂ cm ² | A ₃ cm ² | F ₁ kN | F ₂ kN | F ₃ kN | q _{v1} l/min | q _{v2} l/min | q _{v3} l/min |
| 50 | 32 | 1,69 | 19,63 | 8,04 | 11,59 | 49,07 | 20,1 | 28,97 | 11,8 | 4,8 | 6,9 |
| | 36 | 2,08 | | 10,18 | 9,45 | | 25,45 | 23,63 | | 6,1 | 5,7 |
| 63 | 40 | 1,67 | 31,17 | 12,56 | 18,61 | 77,92 | 31,4 | 46,52 | 18,7 | 7,5 | 11,2 |
| | 45 | 2,04 | | 15,90 | 15,27 | | 39,75 | 38,17 | | 9,5 | 9,2 |
| 80 | 50 | 1,64 | 50,26 | 19,63 | 30,63 | 125,65 | 49,07 | 76,57 | 30,2 | 11,8 | 18,4 |
| | 56 | 1,96 | | 24,63 | 25,63 | | 61,57 | 64,07 | | 14,8 | 15,4 |
| 100 | 63 | 1,65 | 78,54 | 31,17 | 47,37 | 196,35 | 77,92 | 118,42 | 47,1 | 18,7 | 28,4 |
| | 70 | 1,96 | | 38,48 | 40,06 | | 96,2 | 100,15 | | 23,1 | 24 |
| 125 | 80 | 1,69 | 122,72 | 50,26 | 72,46 | 306,8 | 125,65 | 181,15 | 73,63 | 30,2 | 43,5 |
| | 90 | 2,08 | | 63,62 | 59,1 | | 159,05 | 147,75 | | 38,17 | 35,5 |
| 140 | 90 | 1,70 | 153,94 | 63,62 | 90,32 | 384,85 | 159,05 | 225,8 | 92,36 | 38,17 | 54,2 |
| | 100 | 2,04 | | 78,54 | 75,4 | | 196,35 | 188,5 | | 47,12 | 45,2 |
| 160 | 100 | 1,64 | 201,06 | 78,54 | 122,52 | 502,65 | 196,35 | 306,3 | 120,6 | 47,12 | 73,5 |
| | 110 | 1,90 | | 95,03 | 106 | | 237,57 | 265 | | 57 | 63,6 |
| 180 | 110 | 1,60 | 254,47 | 95,03 | 159,44 | 636,17 | 237,57 | 398,5 | 152,7 | 57 | 95,6 |
| | 125 | 1,93 | | 122,72 | 131,75 | | 306,8 | 329,37 | | 73,6 | 79 |
| 200 | 125 | 1,64 | 314,16 | 122,72 | 191,44 | 785,4 | 306,8 | 478,6 | 188,5 | 73,6 | 114,9 |
| | 140 | 1,96 | | 153,96 | 160,2 | | 384,9 | 400,5 | | 92,4 | 96,12 |
| 250 | 160 | 1,69 | 490,8 | 201,06 | 289,74 | 1227 | 502,65 | 474,3 | 294,5 | 120,6 | 173,8 |
| | 180 | 2,08 | | 254,4 | 236,4 | | 636 | 591 | | 152,6 | 141,8 |
| 320 | 200 | 1,64 | 804,2 | 314,16 | 490,04 | 2010,5 | 785,4 | 1225,1 | 482,5 | 188,5 | 294 |
| | 220 | 1,90 | | 380,1 | 424,1 | | 950,25 | 1060,2 | | 228,1 | 254,5 |

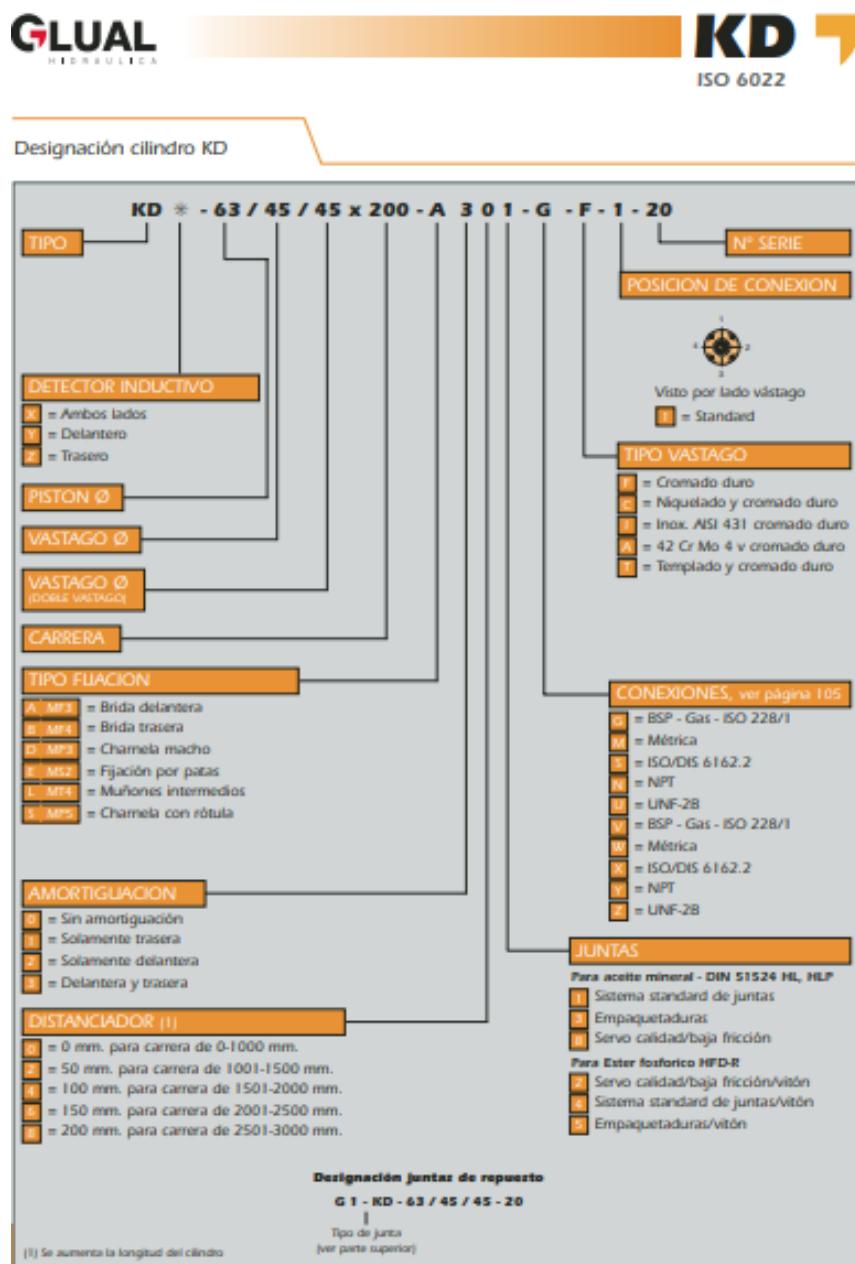
Tabla de datos según el diámetro del pistón del catálogo GLUAL.

En este caso el diámetro de vástago calculado era de 90 mm pero este fabricante no me lo permite por lo tanto se cambiara el diámetro de vástago de 90 a 100mm puesto que es el más cercano al valor calculado.



4.3 Designación de pedido.

Para realizar la compra de los cilindros elegidos se tienen que hacer bajo una designación establecida por el fabricante, se adjunta la imagen para ver cómo sería el código designación para pedir.





Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis y dimensionamiento de una
retropala para una fuerza de excavación de
63.4 KN.

ANEXO IV: Dimensionamiento de elementos.

Autor

Monge Catalán, Alberto.

Director

Javier Óscar Abad Blasco

Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza.

2017/2018



INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Dimensionamiento de los elementos..... | 2 |
| 1.1 | Aceros empleados | 2 |
| 1.2 | Teorías utilizas para los cálculos..... | 2 |
| 1.2.1 | Teoría del cortante máximo..... | 2 |
| 1.2.2 | Teoría de la distorsión de Von Mises..... | 3 |
| 1.3 | Calculo de la sección de la pluma | 4 |
| 1.4 | Calculo de la sección del balancín..... | 8 |
| 1.5 | Calculo de la sección de la barra F-E-D..... | 11 |
| 1.6 | Calculo de la sección de la barra B-D | 14 |
| 2. | Dimensionamiento de pasadores..... | 17 |
| 3. | Dimensionamiento de orejetas | 19 |
| 3.1 | Orejeta en el nudo G..... | 19 |
| 3.2 | Calculo de la orejeta en el punto H..... | 23 |
| 3.3 | Calculo de orejeta en el punto C..... | 27 |
| 3.4 | Orejeta en el punto K..... | 30 |
| 3.5 | Calculo de orejeta situada en J | 33 |
| 3.6 | Calculo de orejeta situada en I | 36 |
| 3.6.1 | Orejeta en la pluma..... | 36 |
| 3.6.2 | Orejeta en el balancín | 39 |
| 3.7 | Cálculo del alojamiento del pasador en el punto F | 39 |



1. Dimensionamiento de los elementos.

Una vez obtenidos los esfuerzos de todas los elementos, con la ayuda del Microsoft Excel se dimensionan para que todos elementos soporten de manera adecuada los esfuerzos a los que están sometidos.

Todos los elementos tienen un coeficiente de Seguridad de 3 y como método de cálculo se utiliza **Teoría de la tensión cortante máxima** y **Teoría de la distorsión de Von Mises**.

1.1 Aceros empleados

Los aceros utilizados para las piezas son los siguientes:

- Acero para piezas y orejetas : **Acero S450JR**
- Acero para pasadores: **Acero E450**

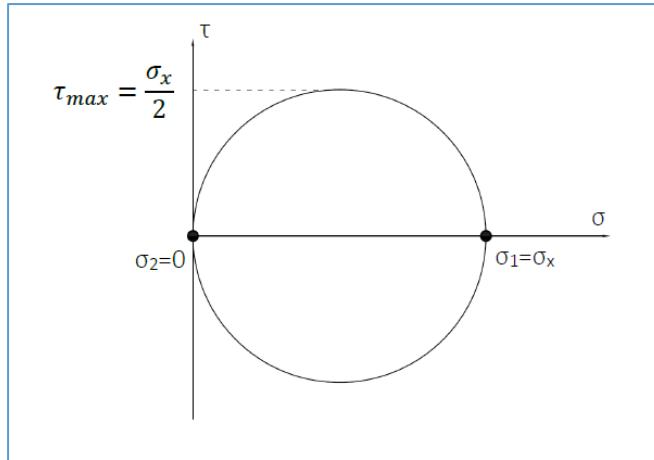
1.2 Teorías utilizadas para los cálculos.

A la hora de dimensionar se han utilizado diferentes Teorías para realizar los cálculos, se han utilizado la Teoría del cortante máximo y la Teoría de la distorsión de Von Mises.

1.2.1 Teoría del cortante máximo.

El fallo de un material según esta teoría viene dado cuando la tensión de cortadura máxima en cualquier elemento sea igual a la tensión cortante máxima en una probeta a tracción.

En todos nuestros casos tenemos tensión uniaxial. Por lo que el círculo de Mohr quedaría de la siguiente manera:



Según el círculo de Mohr se puede deducir la tensión de cortante máxima, que vendrá dada por la siguiente expresión:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Se puede relacionar con la tensión de fluencia del material de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{\sigma_f}{2 \cdot \tau_{max}} \ggg \tau_{max} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s}$$

1.2.2 Teoría de la distorsión de Von Mises.

La fluencia se producirá siempre que la energía de distorsión en una unidad de volumen sea igual a la energía de distorsión en el mismo volumen cuando se le someta a tensión uniaxial hasta el valor de la resistencia de fluencia.

Según esta teoría se puede desarrollar una tensión equivalente llamada tensión de Von Mises.

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Con esta tensión equivalente se puede llegar a la siguiente expresión:

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2}$$

Una vez se tiene la tensión equivalente se puede relacionar con la tensión de fluencia del material de la siguiente manera:

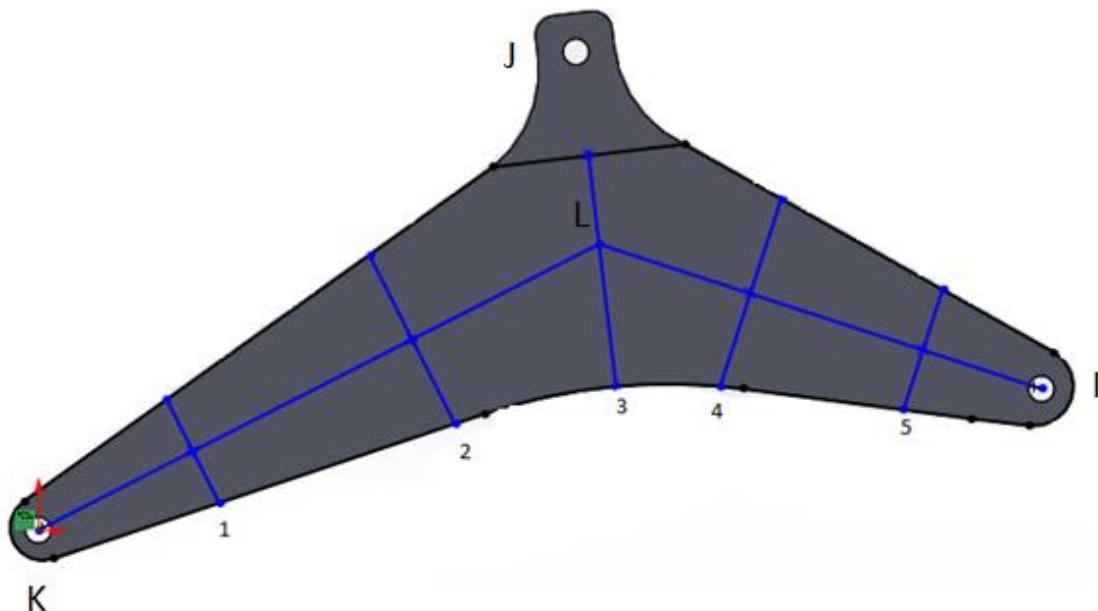


$$C_s = \frac{\sigma_f}{\sigma_{eqv}}$$

1.3 Calculo de la sección de la pluma

Para el cálculo de la sección en la pluma se hace de la siguiente manera, se calcula un espesor crítico en el punto 3 de la pluma para el máximo esfuerzo, una vez conocido el espesor se dimensionan las alturas en los siguientes puntos.

La altura es conocida en 3 solo, mientras que la base es constante en toda barra.



Calculo del espesor en la pluma

La sección de la pluma está sometida a los siguientes esfuerzos extraídos de la posición de trabajo Nº4.

Esfuerzos:

$$M_z = 125170 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 102850 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

El punto más desfavorable está situado en y máxima, que tiene un valor de 300 mm, donde se suman el esfuerzo debido al momento flector y el esfuerzo debido al esfuerzo axil.



Ahora se realiza el planteamiento de las ecuaciones para poder dimensionar el espesor de la barra.

Según la Teoría del cortante máximo se tienen dos ecuaciones:

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s}$$

$$2 \cdot \tau_{max,adm} = \frac{N}{A} + \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2}$$

Ecuaciones de Inercia y Área:

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)^3}{12} \text{ mm}^4$$

$$A = (b \cdot h) - ((b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)) \text{ mm}^2$$

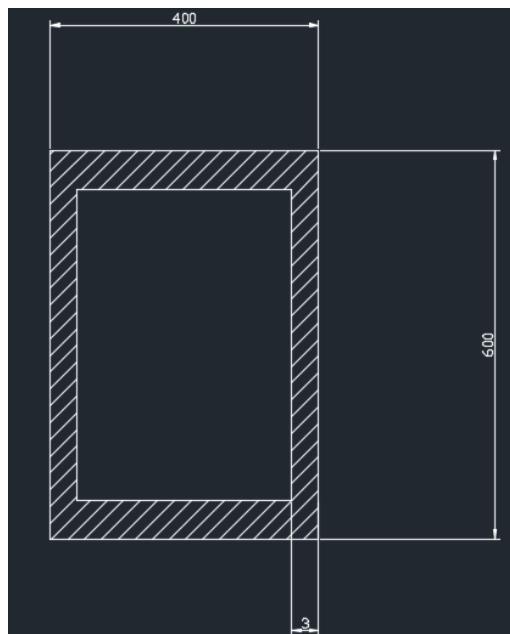
Donde los datos conocidos son los siguientes:

- $b = 400 \text{ mm}$
- $h = 600 \text{ mm}$
- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$
- $M_z = 125170 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$
- $N = 102850 \text{ N}$

Donde la única variable sin conocer será el espesor, e .

Con ayuda del Microsoft Excel nos permite plantear el sistema de ecuaciones y realizar un solver, de tal manera que para los esfuerzos obtenidos y datos conocidos se resuelve el sistema.

Donde nos da un espesor de **2.697 mm** que se redondeara a **3 mm**.



Sección en el punto 3.

El espesor obtenido es a simple vista muy pequeño, posteriormente se simulará con estos datos para ver que no falla por abolladura de chapa o fallos similares.

Una vez obtenido el valor del espesor se calcula el valor de las alturas a lo largo de la pieza.

Dimensionamiento de alturas

Se utiliza la Teoría del cortante máximo, pero ahora la incógnita en vez de ser el espesor es la altura.

El espesor y la base se mantienen constante a lo largo de toda pluma.

Ecuaciones según la Teoría del cortante máximo:

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s}$$

$$2 \cdot \tau_{max,adm} = \frac{N}{A} + \frac{M_Z}{I_Z} \cdot \frac{h}{2}$$



Ecuaciones de Inercia y Área:

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)^3}{12} \text{ mm}^4$$

$$A = (b \cdot h) - ((b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)) \text{ mm}^2$$

Donde los datos conocidos son los siguientes:

- $b = 400 \text{ mm}$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$

Esfuerzos:

- Punto 1, situado a 1/3 de la longitud desde K.

$$M_z = 41723.33 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 102850 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

- Punto 2, situado a 2/3 de la longitud desde K.

$$M_z = 83446,66 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 102850 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

- Punto 4, situado a 1/3 de la longitud desde J.

$$M_z = 33000 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 523060 \text{ N} \quad V = 44669 \text{ N}$$

- Punto 5, situado a 2/3 de la longitud desde J.

$$M_z = 16500 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 523060 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

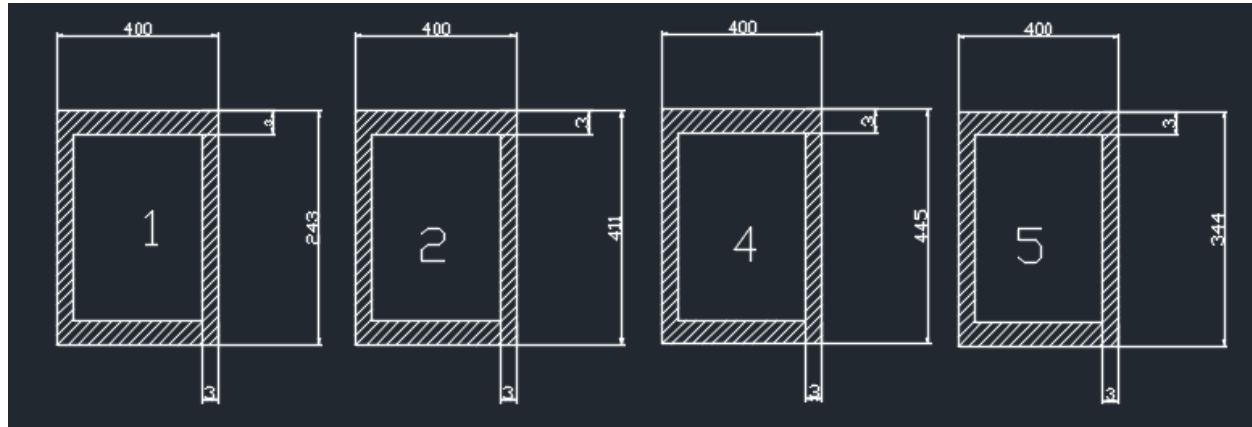
Valores de alturas para cada punto.

| Punto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Altura | 243 | 411 | 600 | 445 | 344 |

Valores de altura en milímetros.



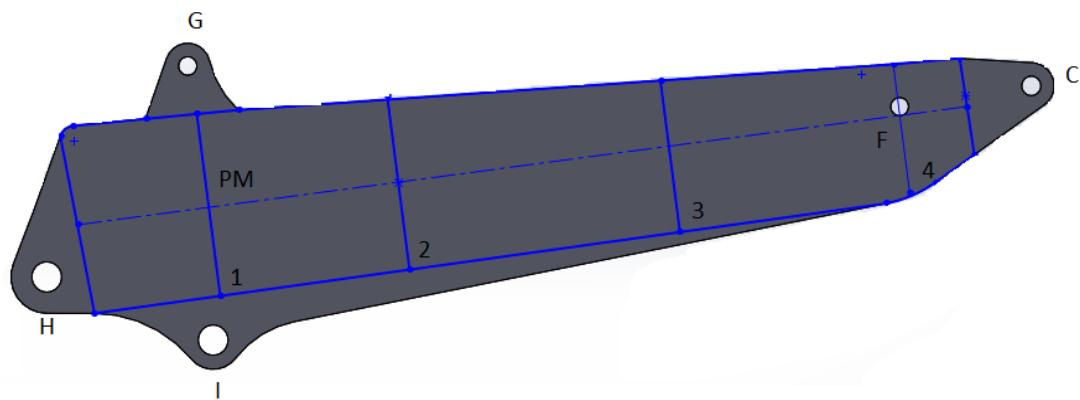
Los valores expresados en la anterior tabla serían las alturas necesarias que tendría que tener la pluma en determinados puntos para soportar los esfuerzos a los que está sometida.



1.4 Calculo de la sección del balancín.

El método de cálculo es análogo al de la pluma, en el balancín el punto más desfavorable es el PM, entonces determinaremos el espesor en la sección del punto 1.

En la sección 1 es conocido los valores de altura y base del perfil, así que la única incógnita será el espesor.





Calculo de espesor en el balancín.

Para el cálculo del espesor se utilizan los datos de esfuerzos extraídos de la posición de trabajo 6.3 combinada ya que es donde está más solicitada la pieza.

Se utiliza la Teoría del cortante máximo, por lo tanto tenemos mismas ecuaciones de tensiones y también mismas ecuaciones de área e inercia.

Ecuaciones según la Teoría del cortante máximo:

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s}$$

$$2 \cdot \tau_{max,adm} = \frac{N}{A} + \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2}$$

Ecuaciones de Inercia y Área:

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)^3}{12} \quad mm^4$$

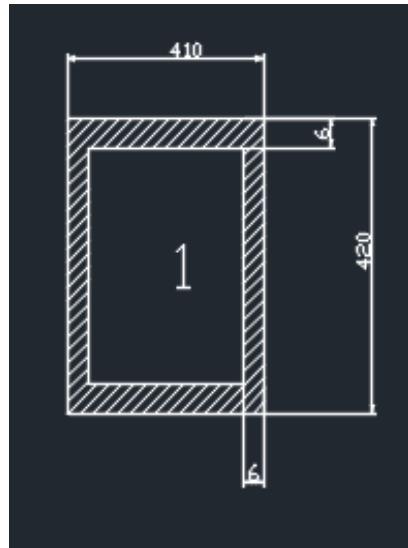
$$A = (b \cdot h) - ((b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)) \quad mm^2$$

Donde los datos conocidos son los siguientes:

- $b = 410 \text{ mm}$
- $h = 420 \text{ mm}$
- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$
- $M_z = 155210 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$
- $N = 153620 \text{ N}$

Una vez tenemos las ecuaciones y todas las variables se obtiene el espesor, que tiene un valor de 5,3 mm, por lo tanto se va redondear a 6 milímetros.

En la imagen siguiente se representa la sección necesaria en el punto PM.



Sección 1 en el punto PM

Una vez obtenido el valor del espesor se procede con el dimensionamiento de alturas a lo largo del balancín ya que solo son constantes los datos de base y espesor.

Dimensionamiento de alturas.

Se dimensiona de forma análoga las alturas, ahora con el valor constante de base y espesor se puede calcular el valor de altura necesario en cada punto determinado del balancín.

Utilizando las mismas ecuaciones anteriores.

Esfuerzos:

- Punto 2, situado a 1/3 de la longitud desde PM:

$$M_z = 74324,57 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 176200 \text{ N} \quad V = 68341 \text{ N}$$

- Punto 3, situado a 2/3 de la longitud desde PM:

$$M_z = 37979,13 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 176200 \text{ N} \quad V = 68341 \text{ N}$$

- Punto 4, situado en el punto F:

$$M_z = 17283 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 201010 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

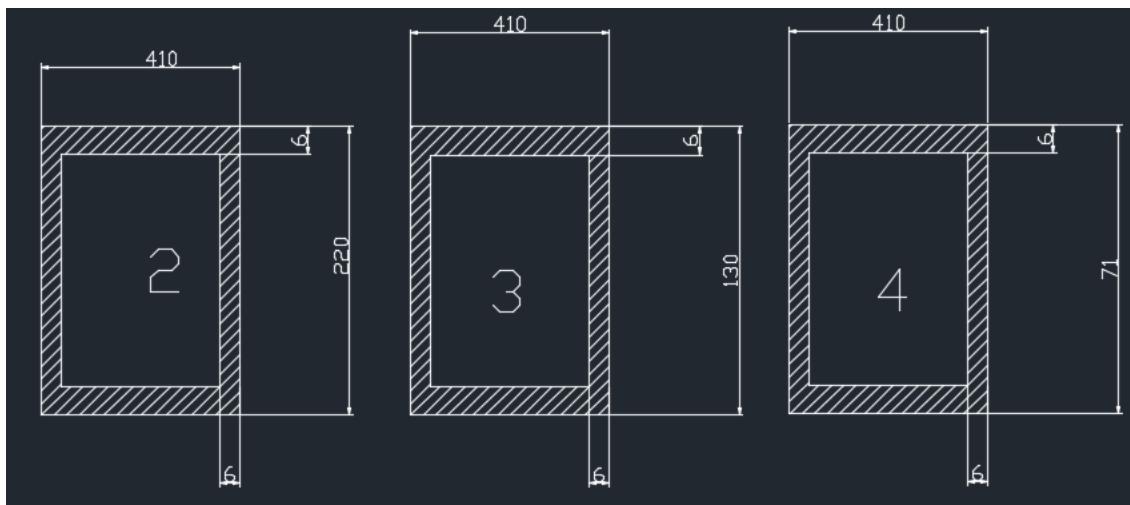


Valores de altura para cada punto

| Punto | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|-----|-----|-----|----|
| Altura | 420 | 220 | 130 | 71 |

Valores de altura en milímetros.

Los valores adjuntados en la tabla serán las alturas necesarias para que el balancín soporte los esfuerzos a los que está sometido.



1.5 Calculo de la sección de la barra F-E-D.

En esta barra el cálculo es algo complejo debido a que la barra tiene esfuerzos flectores y axiles, primero se va calcular como es una barra donde se alojan 3 pasadores, se va calcular por aplastamiento el espesor necesario, la barra trabaja de F a E trabaja a tracción mientras que de E a D trabaja a compresión con esto se calcula el área alrededor de los pasadores y una base de pieza donde se tenga en cuenta el momento flector también, se elegirá el más crítico.

Calculo por aplastamiento

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” que a la vez también es una base de la pieza si fuera más grande que el siguiente.

Solamente se calcula en el punto E ya que es el más crítico.



Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 41 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída del cilindro 1 ya que ancla en ese punto.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{aplastamiento} = 196344,75 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \emptyset \cdot e \ggg e = \frac{A}{\emptyset}$$

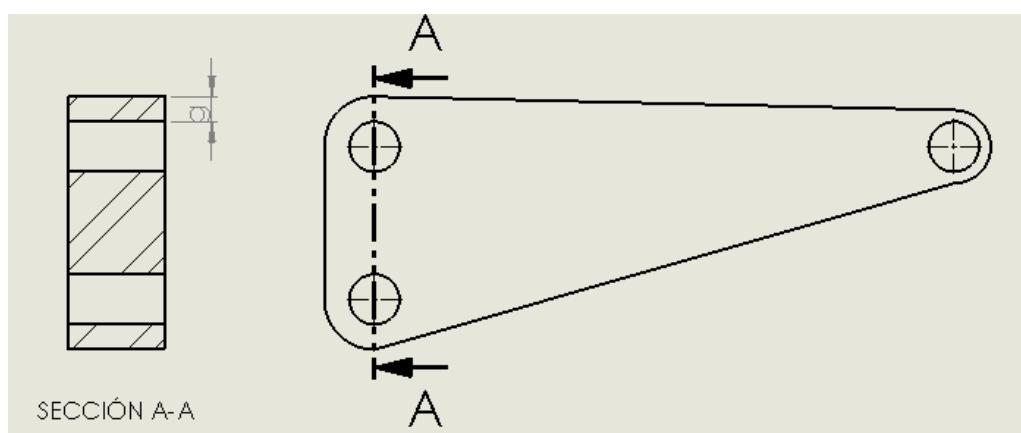
$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

$$\sigma = \frac{F_{aplastamiento}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **15,96 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **20 mm**.

$$e = 20 \text{ mm}$$

Calculo de la sección en los pasadores.





ANEXO IV

Se va calcular el valor de g en la pieza para que no rompa por esfuerzos de tracción/compresión será válido para los tres pasadores ya que se elige el esfuerzo mayor y así que sea constante en los tres pasadores.

Ecuaciones utilizadas:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_f}{C_s} \quad \sigma = \frac{N}{A}$$

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

Datos conocidos:

- $N = 98172,375 N$
- $\emptyset = 41 mm$
- $e = 20 mm$
- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 Mpa$

Con ayuda del Programa EES se despeja el valor de g teniendo un resultado de 16,36 que se redondea a 20 mm.

Ahora se calcula la base según la teoría de cortante máximo, los esfuerzos elegidos han sido obtenidos de la posición de trabajo combinada 4.3.

$$\sigma = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{N}{A} \quad Mpa \quad \sigma = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa \quad I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad mm^4$$

Datos conocidos:

- $M_z = 7639,5 \cdot 10^3 N \cdot mm$
- $N = 63765 N$
- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 Mpa$
- $h = 200 mm$

Se obtiene un valor de base de 78,5 mm por motivos de comodidad se redondea a 80 mm.

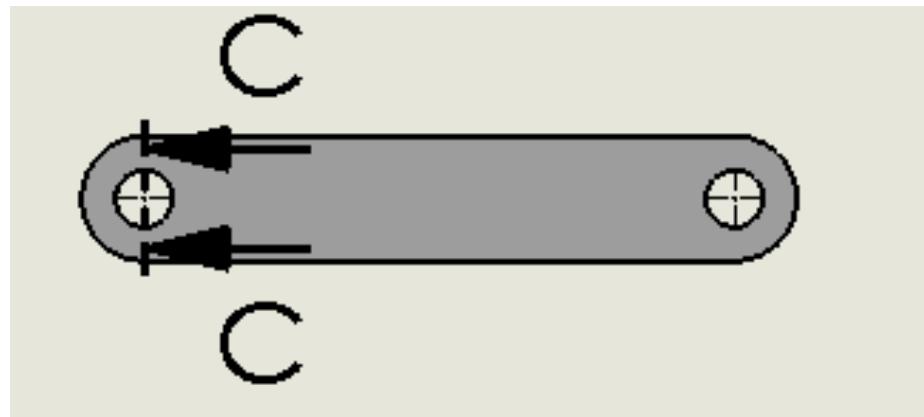


1.6 Calculo de la sección de la barra B-D

Ahora se tiene la barra B-D es una barra sometida a esfuerzos de compresión, la forma de calcular la sección es utilizando el método simple de una barra sometida a tracción, también se comprobara a pandeo. En toda barra solo tendremos esfuerzo N, ya que al ser una barra biarticulada no tiene momento flector a lo largo de la barra.



Se calcula la sección en el punto B de la pieza, es donde va estar la sección más solicitada debido al hueco del pasador.



Calculo de la sección C-C

En este caso tenemos la barra sometida a compresión, el valor es extraído de la posición de trabajo Nº3.

Donde la barra está sometida a un esfuerzo de 179510 N y sin momento flector.



Ecuaciones utilizadas:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_f}{C_s} \quad \sigma = \frac{N}{A}$$

Ecuaciones de Área:

$$A = (h - \emptyset) \cdot b$$

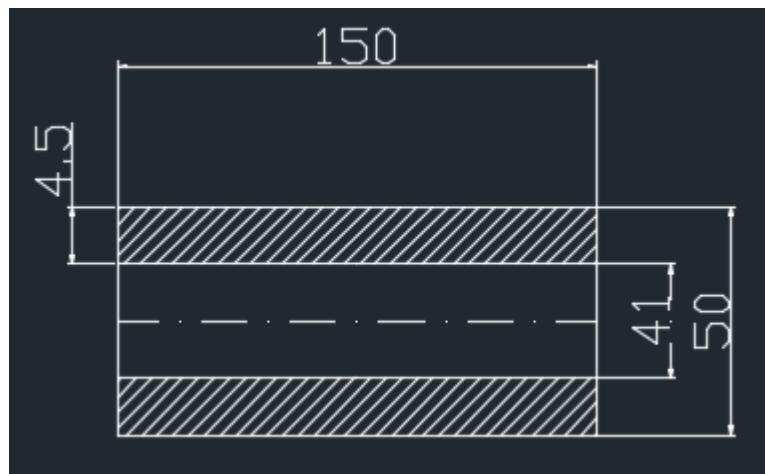
Datos conocidos:

- $N = 179510 \text{ N}$
- $\emptyset = 41 \text{ mm}$
- $b = 150 \text{ mm}$
- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Se sabe que $\sigma \leq \sigma_{adm}$, para poder obtener el valor de h y conocer el área de la zona rayada que está trabajando a compresión.

Resultado:

Se necesita un área de $1196,8 \text{ mm}^2$ para soportar el esfuerzo, sabiendo el área que se necesita se calcula h que tendrá un valor de $48,98 \text{ mm}$ se redondea al valor de 50 mm .



En la imagen anterior se muestra cómo quedaría la **sección C-C**

Comprobación de la barra BD sometida a pandeo.

El valor de la carga a pandeo es el mismo que para compresión, tiene un valor de 179510 N.

La carga crítica de pandeo para una viga biarticulada viene dada por la siguiente expresión:

$$P_{CR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

La carga crítica de pandeo para una viga biempotrada viene dada por la siguiente expresión:

$$P_{CR} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Donde los datos son todos conocidos:

- $E = 210 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$
- $I_Z = 1.562.500 \text{ mm}^4$
- $I_y = 14.062.500 \text{ mm}^4$
- $L = 425 \text{ m}$

Se obtiene carga crítica para pandeo en el eje Z y en el eje Y de la barra.



En el eje y la barra actúa como una barra biempotrada mientras que en el eje z la barra actúa como una barra biarticulada.

- $P_{CRy} = 645451637,3 \text{ N}$
- $P_{CRz} = 17.929.212,15 \text{ N}$

Se observa que $P_{CRy} \geq 179510 \text{ N}$, $P_{CRz} \geq 179510 \text{ N}$, por lo tanto la barra BD no fallara a pandeo.

2. Dimensionamiento de pasadores.

Se va determinar el diámetro de los pasadores en cada nudo, para que aguanten el esfuerzo a cortante.

Cada pasador se va diseñar para su fuerza máxima correspondiente.

El método de cálculo del diámetro del pasador se establece según el cálculo de doble cortadura.

Pasadores en puntos G y E

Los pasadores en este punto van determinados por la fuerza del cilindro, así que el cálculo será para ambos igual.

Se utiliza el cálculo de doble cortadura para determinar el diámetro del pasador, lo que por consiguiente tendremos las siguientes ecuaciones.

$$A_{pasador} = \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4} \ggg \emptyset = \sqrt[2]{\frac{A_{pasador} \cdot 4}{\pi}}$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s}$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{F_{Pasador}}{2 \cdot A_{pasador}}$$



Datos:

- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$
- $F_{\text{Pasador}} = 196344,75 \text{ N}$

Una vez se tiene los datos, solo quedara como incógnita el Área del pasador. Se calcula el Área y con ello se obtiene el diámetro.

Tras realizar el cálculo el diámetro obtenido es de 40.82 mm que se redondea a **41 mm**

$$\emptyset_{\text{pas},G} = \emptyset_{\text{pas},E} = 41 \text{ mm}$$

Pasadores en puntos H, J y M.

Los pasadores en estos puntos van determinados por la fuerza de los cilindros 2 y 3, se calcularan con la máxima fuerza que puedan hacer.

Se calculan de forma análoga a los pasadores G y E, es decir utilizando las mismas ecuaciones.

Datos:

- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$
- $F_{\text{Pasador}} = 502642,56 \text{ N}$

Tras realizar el cálculo el diámetro obtenido para los tres pasadores es de 65,318 mm, se realiza un redondeo a 67 mm.

$$\emptyset_{\text{pas},H} = \emptyset_{\text{pas},J} = \emptyset_{\text{pas},M} = 67 \text{ mm}$$

Pasadores en puntos B, C, D, F, I y K.

Para los siguientes pasadores se calculan de forma análoga a los anteriores, tras realizar los cálculos con sus determinadas fuerzas el resultado es el siguiente.

Los datos de σ_f y C_s se mantienen igual para todos los pasadores.

Resultado:

| Pasador | B | C | D | F | I | K |
|----------|----|-------|----|-------|-------|-------|
| Diámetro | 39 | 42.13 | 39 | 31.74 | 66.75 | 66.81 |

Resultados en mm.



Tras realizar el cálculo redondeamos los valores para crear grupos de pasadores o valores exactos, con los que los valores finales serán los siguientes.

| Pasador | B | C | D | F | I | K |
|----------|----|----|----|----|----|----|
| Diámetro | 41 | 43 | 40 | 40 | 67 | 67 |

Resultados en mm.

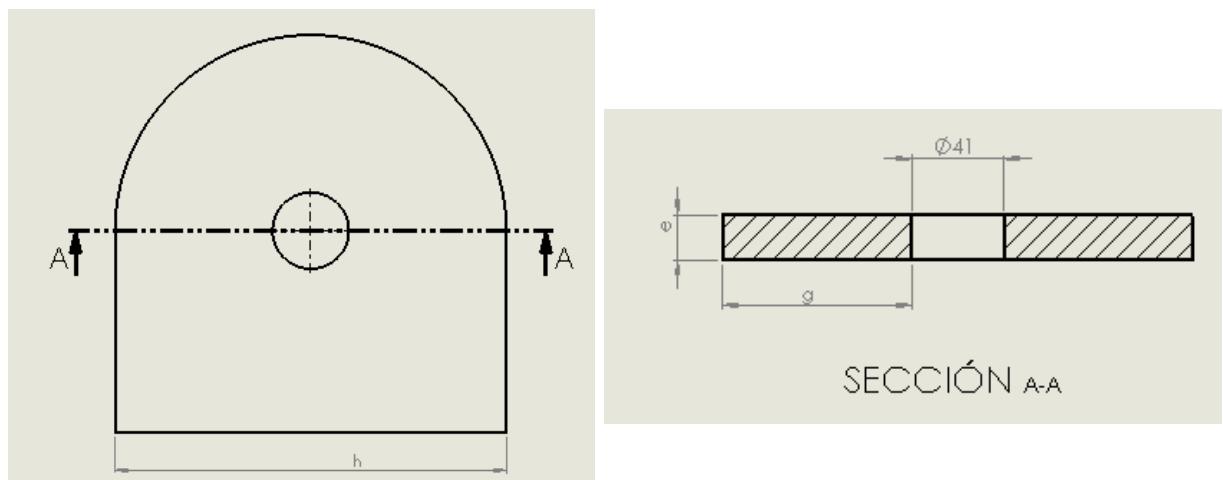
3. Dimensionamiento de orejetas

Una vez se obtiene los diámetros de los pasadores se sigue con determinar el alojamiento de cada pasador en sus apoyos o articulaciones. Se resolverá gracias a la ayuda del Microsoft Excel y el programa EES.

3.1 Orejeta en el nudo G.

Orejeta situada en el chasis del balancín se debe calcular las dimensiones siguientes en la orejeta.

Las dimensiones a calcular son el espesor de la orejeta, la altura de la base y la sección en el pasador.





Calculo por aplastamiento

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 41 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº3**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{aplastamiento} = 196344,75 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \emptyset \cdot e \ggg e = \frac{A}{\emptyset}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

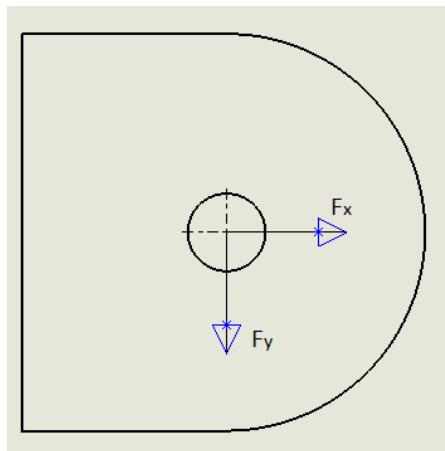
$$\sigma = \frac{F_{aplastamiento}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **15,96 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **20 mm**.

$$e = 20 \text{ mm}$$

Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensionara el parámetro llamado “g”, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante.



La F_x genera una tensión de tracción mientras que F_y genera un esfuerzo a cortadura, se tendrá que realizar una tensión equivalente teniendo en cuenta los dos esfuerzos.

Según Teoría de distorsión de Von Mises.

Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A}$$

$$\tau_{xy} = \frac{F_y}{A}$$

Una vez se tiene σ_x y τ_{xy} se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{c_s}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 27190,16 \text{ N}$
- $F_y = 194452,96 \text{ N}$
- $C_s = 3$
- $e = 20 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$

Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utilizada será la mitad de cada una.

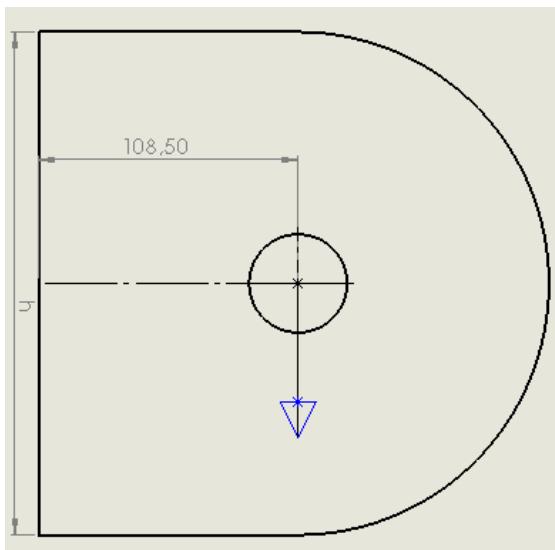
Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 28,15 mm se redondea al valor exacto de 30 mm.



Calculo a flexión.

Se dimensiona la base de la orejeta con un cálculo de flexión, la base de la orejeta vendrá determinada por los parámetros “e” y “h”, el parámetro “e” ya está calculado anteriormente, así que solo faltara por calcular el parámetro “h”.

Para esta orejeta se ha despreciado la σ_x , pero se ha realizado cuando el eje del cilindro concuerda con el eje y de la orejeta, lo que implica que toda la fuerza está en el eje “Y” generando esfuerzo de flexión.



En este caso F_y genera un esfuerzo de flexión, la orejeta al ser simétrica el punto de máxima flexión será en $\frac{h}{2}$.

Se utiliza la teoría del cortante máximo, para resolver el cálculo por flexión.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_y \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\sigma = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 20 \text{ mm}$
- $F_y = 196344,75 \text{ N}$
- $Y = 108,5 \text{ mm}$



- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$

Debido a que tenemos dos apoyos la fuerza será la mitad para el cálculo.

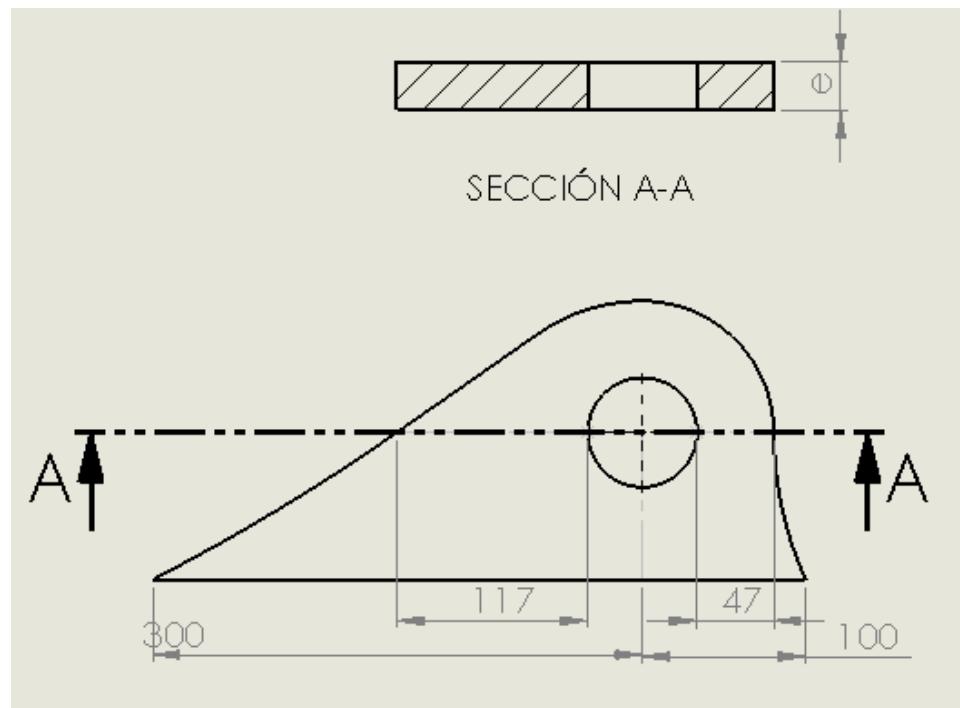
Con ayuda del programa EES, se resuelve el sistema obteniendo un h de valor **207,83 mm**, se redondea el valor a 210 mm.

$$h = 210 \text{ mm}$$

3.2 Calculo de la orejeta en el punto H

Orejeta situada en la parte superior del balancín, en esta orejeta en vez de determinar todos los parámetros solamente se calcula el espesor por aplastamiento.

Debido a que en la orejeta las dimensiones las proporciona la geometría de la maquina lo que se hace es comprobar que la orejeta con esa geometría cumple el factor de seguridad de 3.





Calculo por aplastamiento.

En este apartado se obtendrá el valor de “e” de la orejeta por aplastamiento.

En esta orejeta ancla un cilindro así que se utilizaran las fuerzas.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 67 \text{ mm}$

La fuerza es extraída de la máxima fuerza que puede realizar el cilindro 2, tiene un valor de $F_{aplastamiento} = 502642,56 \text{ N}$. **Para el cálculo se usa la mitad de la fuerza ya que tiene dos apoyos.**

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \emptyset \cdot e \ggg e = \frac{A}{\emptyset}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

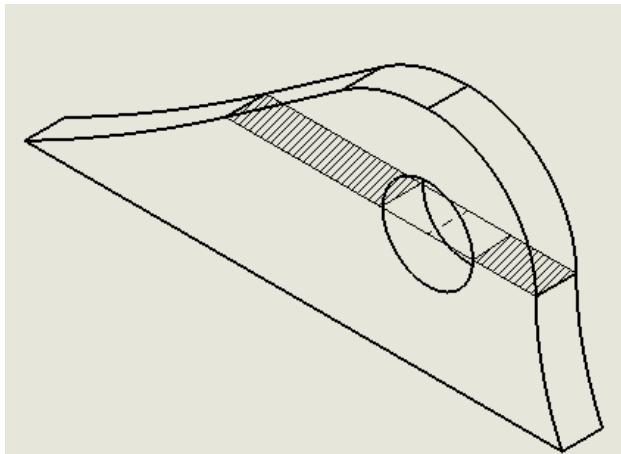
$$\sigma = \frac{F_{aplastamiento}}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **25 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **30 mm**.

$$e = 30 \text{ mm}$$

Comprobación del Cs a tracción/compresión y tensión cortante.

Se comprueba que el coeficiente de seguridad de la pieza en la sección sometida a cortante y tracción es superior a 3.



Como en esta orejeta la geometría nos la da el diseño, se va comprobar que la zona rayada de la pieza es la zona de trabajo cumple el coeficiente de seguridad.

Se utiliza la Teoría de la distorsión de Von Mises para la comprobación.

Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = (g + x) \cdot e$$

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A}$$

$$\tau_{xy} = \frac{F_y}{A}$$

Una vez se tiene σ_x y τ_{xy} se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{C_s} \gg C_s = \frac{\sigma_f}{\sigma}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 168882,657 \text{ N}$
- $F_y = 186121,02 \text{ N}$
- $C_s = 3$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$
- $g = 117 \text{ mm}$
- $x = 47 \text{ mm}$

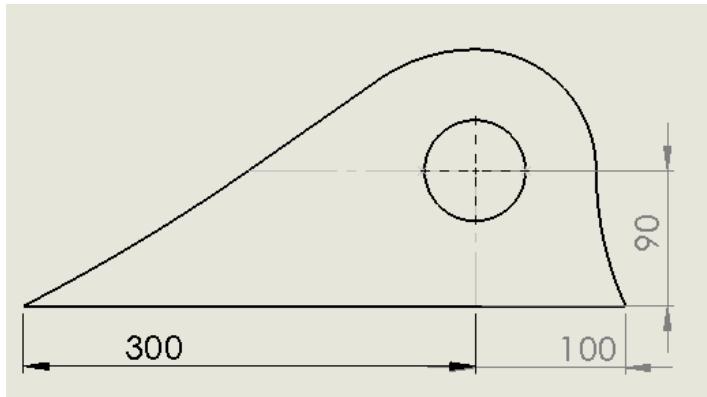
Con ayuda del programa EES nos calculamos el coeficiente de seguridad para su comprobación, se obtiene un $C_s = 6.38 > 3$ la geometría de la pieza nos cumple.



Comprobación de coeficiente de seguridad a flexión.

Se comprueba que la base de la orejeta que está situada en el chasis del balancín tiene un coeficiente de seguridad igual o mayor a 3.

Para la comprobación se utiliza la teoría de cortante máximo.



Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_x \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot 300 + \frac{F_y}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 30 \text{ mm}$
- $F_x = 168882,657 \text{ N}$
- $Y = 90 \text{ mm}$
- $h = 400$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $F_y = 186121,02 \text{ N}$



En este caso la fuerza no se divide entre dos ya que se ha dividido previamente, tras realizar el cálculo se obtiene $C_s = 5.11 > 3$, la base de la orejeta aguanta a flexión.

3.3 Calculo de orejeta en el punto C.

Orejeta situada en el chasis del balancín se va calcular de forma análoga a la orejeta en G, las siguientes dimensiones espesor por aplastamiento, área debido a tracción y cortadura y la base sometida a flexión.

Calculo del espesor por aplastamiento.

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 43 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº4**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{aplastamiento} = 209096,372 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \emptyset \cdot e \ggg e = \frac{A}{\emptyset}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

$$\sigma = \frac{F_{aplastamiento}/2}{A}$$

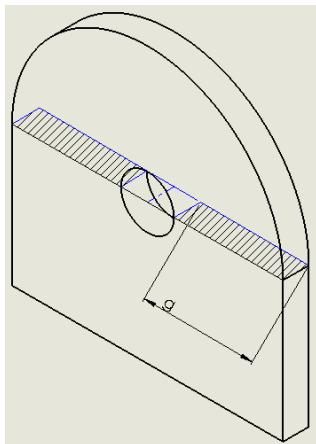
Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **16,20 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **20 mm**.

$$e = 20 \text{ mm}$$



Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensionara el área rayada, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante.



Para este cálculo se utiliza la Teoría de la distorsión de Von Mises.

Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma = \frac{F_y}{A}$$

$$\tau = \frac{F_x}{A}$$

Una vez se tiene σ y τ se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{c_s}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 57629,81 N$
- $F_y = 200997,75 N$
- $C_s = 3$
- $e = 20 mm$
- $\sigma_f = 450 Mpa$

Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utilizada será la mitad de cada una.



Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 18,7 mm se redondea al valor exacto de 20 mm.

Calculo de h por flexión

Se calcula la base de la orejeta por flexión.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_x \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{F_y}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 20 \text{ mm}$
- $F_x = 28814,9 \text{ N}$
- $F_y = 100498,87 \text{ N}$
- $Y = 150 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$

Una vez realizado el cálculo mediante el programa EES obtenemos:

$$h = 170 \text{ mm}$$



3.4 Orejeta en el punto K

Orejeta situada en el chasis de la pluma se va calcular de forma análoga a la orejeta en C, las siguientes dimensiones espesor por aplastamiento, área debido a tracción y cortadura y la base sometida a flexión.

Calculo del espesor por aplastamiento.

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 67 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº11**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{aplastamiento} = 525981,957 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \emptyset \cdot e \ggg e = \frac{A}{\emptyset}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

$$\sigma = \frac{F_{aplastamiento}/2}{A}$$

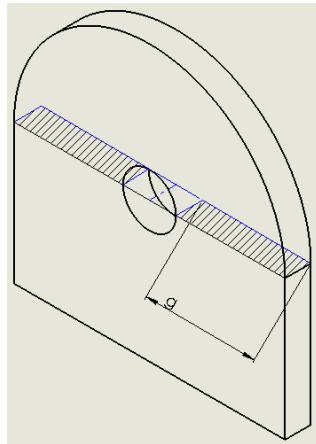
Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **26,16 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **30 mm**.

$$e = 30 \text{ mm}$$



Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensionara el área rayada, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante.



Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma = \frac{F_y}{A}$$

$$\tau = \frac{F_x}{A}$$

Una vez se tiene σ y τ se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{c_s}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 457,14 \text{ N}$
- $F_y = 525981,7586 \text{ N}$
- $c_s = 3$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utilizada será la mitad de cada una.

Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 29,22 mm se redondea al valor exacto de 30 mm.



Calculo de h por flexión

Se calcula la base de la orejeta por flexión. Para el cálculo por flexión se utiliza la fuerza extraída de la posición Nº10 ya que es la que trabajo a flexión le hace a la orejeta.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_x \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{F_y}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 30 \text{ mm}$
- $F_x = 5064,65 \text{ N}$
- $F_y = 245544,96 \text{ N}$
- $Y = 190 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$

Una vez realizado el cálculo mediante el programa EES obtenemos:

$$h = 130 \text{ mm}$$



3.5 Calculo de orejeta situada en J

Orejeta situada en el chasis de la pluma se va calcular de forma análoga a la orejeta en C, las siguientes dimensiones espesor por aplastamiento, área debido a tracción y cortadura y la base sometida a flexión. En este punto se unen dos cilindros.

Calculo del espesor por aplastamiento.

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 67 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº11**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{aplastamiento} = 502642,56 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \emptyset \cdot e \ggg e = \frac{A}{\emptyset}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{c_s}$$

$$\sigma = \frac{F_{aplastamiento}/2}{A}$$

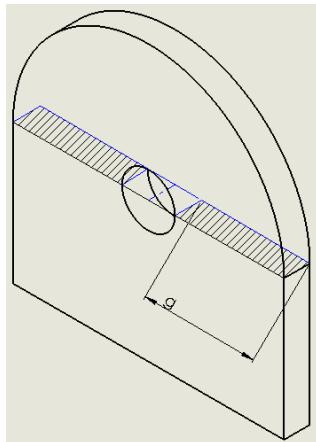
Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **25 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **30 mm**.

$$e = 30 \text{ mm}$$



Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensionara el área rayada, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante.



Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma = \frac{F_y}{A}$$

$$\tau = \frac{F_x}{A}$$

Una vez se tiene σ y τ se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{c_s}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 120315,4 \text{ N}$
- $F_y = 384397,1 \text{ N}$
- $C_s = 3$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utilizada será la mitad de cada una.

Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 24,3 mm se redondea al valor exacto de 25 mm.



Calculo de h por flexión

Se calcula la base de la orejeta por flexión. Para el cálculo por flexión se utiliza la fuerza extraída de la posición Nº11 ya que es la que trabaja a flexión le hace a la orejeta.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_x \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{F_y}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 30 \text{ mm}$
- $F_x = 249832,28 \text{ N}$
- $F_y = 27316,96 \text{ N}$
- $Y = 270 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$

Una vez realizado el cálculo mediante el programa EES obtenemos una h de 430,3 mm y se redondea a 450 mm.

$$h = 450 \text{ mm}$$



3.6 Calculo de orejeta situada en I

3.6.1 Orejeta en la pluma.

Orejeta situada en el chasis de la pluma y del balancín se va calcular de forma análoga a las orejetas anteriores, las siguientes dimensiones espesor por aplastamiento, área debido a tracción y cortadura y la base sometida a flexión. Es el punto donde balancín y pluma se unen.

Calculo del espesor por aplastamiento.

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 67 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº11**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{aplastamiento} = 524962,42 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \emptyset \cdot e \ggg e = \frac{A}{\emptyset}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

$$\sigma = \frac{F_{aplastamiento}/2}{A}$$

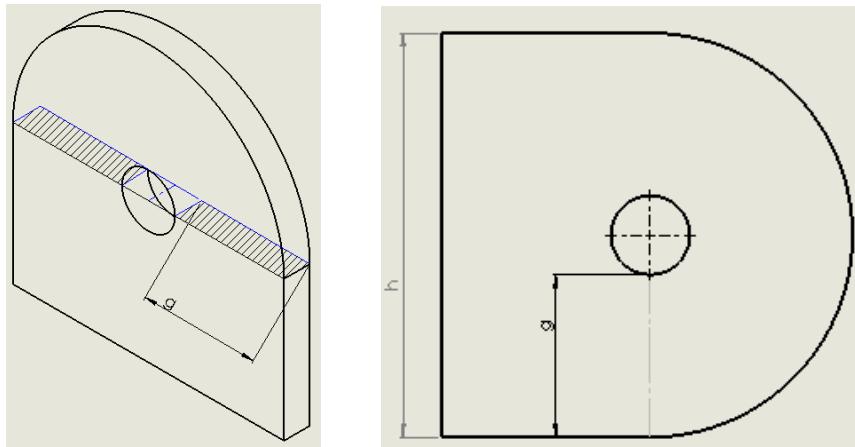
Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **26,11 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **30 mm**.

$$e = 30 \text{ mm}$$



Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensiona el área rayada, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante. Fuerza extraída de la posición de trabajo 6.2 Combinada.



Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma = \frac{F_x}{A}$$

$$\tau = \frac{F_y}{A}$$

Una vez se tiene σ y τ se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 407217 \text{ N}$
- $F_y = 264715 \text{ N}$
- $C_s = 3$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$

Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utilizada será la mitad de cada una.

Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 34,07 mm se redondea al valor exacto de 35 mm.



Calculo de h por flexión

Se calcula la base de la orejeta por flexión. Para el cálculo por flexión se utiliza la fuerza extraída de la posición de trabajo 6.2 combinada ya que es la que trabaja a flexión le hace a la orejeta.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_y \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{F_x}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 30 \text{ mm}$
- $F_x = 101804,25 \text{ N}$
- $F_y = 132357,5 \text{ N}$
- $Y = 150 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$

Una vez realizado el cálculo mediante el programa EES obtenemos una h de 280 mm y se redondea a 300 mm.

$$h = 300 \text{ mm}$$

Por motivos de geometría para la pluma entera se eleva el espesor de la orejeta a 50 mm para poder reducir la altura de la orejeta en la pieza, se obtiene con el nuevo espesor una **$h = 260 \text{ mm}$** .



3.6.2 Orejeta en el balancín

En el cálculo de la orejeta situada en el punto I en el balancín se mantienen los mismos esfuerzos y por ello obtenemos el mismo espesor y misma área trabajando a cortante.

Para el cálculo de la altura de la base a flexión sí que cambia debido a que el brazo de la fuerza para ejercer el momento (Y) cambia de valor.

- $e = 30 \text{ mm}$
- $g = 35 \text{ mm}$
- $h = 230 \text{ mm}$
- $Y = 81.5 \text{ mm}$

3.7 Cálculo del alojamiento del pasador en el punto F

Se va calcular el espesor en el punto F, donde se aloja un pasador con una determinada fuerza.

Se calculará por aplastamiento para que las paredes no fallen por aplastamiento, el pasador está situado en el chasis del balancín.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$
- $\emptyset = 40 \text{ mm}$

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{aplastamiento} = 118690,35 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \emptyset \cdot e \ggg e = \frac{A}{\emptyset}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

$$\sigma = \frac{F_{aplastamiento}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **9,9 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **10 mm**.

$$e = 10 \text{ mm}$$

