

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1. EQUILIBRADO Y LA NECESIDAD DEL MISMO | 4 |
| 1.2. TEORIA DEL EQUILIBRADO DE EJES..... | 4 |
| 1.2.1. Equilibrado estático | 4 |
| 1.2.2. Equilibrado dinámico..... | 5 |
| 1.2.3. Análisis del desbalanceo | 7 |
| 1.2.4. Efecto sobre el bastidor del desequilibrio | 9 |
| 1.3. MÁQUINAS DE EQUILIBRAR. | 10 |
| 1.3.1. Introducción a las máquinas de equilibrar. | 10 |
| 1.3.2. Máquinas para equilibrado estático. | 12 |
| 1.3.3. Máquinas para equilibrados dinámicos..... | 14 |
| 1.4. RECOMENDACIONES PARA EL EQUILIBRADO DE ROTORES. | 19 |
| 1.4.1. Tolerancias de equilibrado..... | 19 |
| 2. OBJETIVOS | 22 |
| 3. RECOPIACION DE DATOS | 25 |
| 3.1. EQUILIBRADORA HOFMANN HL 14-1 | 25 |
| 3.2. DESCRIPCIÓN FÍSICA..... | 25 |
| 3.2.1. Máquina equilibradora | 25 |
| Pedestal o montante: | 25 |
| Motor: | 28 |
| Porta-correa:..... | 28 |
| Fotocélula: | 29 |
| 3.2.2. Electrónica | 30 |
| 3.2.3. Armario de eléctrico de maniobra | 31 |
| 3.3. PROCEDIMIENTO DE EQUILIBRADO | 31 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.3.1. | Preparación de la máquina equilibradora..... | 31 |
| 3.3.2. | Datos programables | 33 |
| 3.3.3. | PROCEDIMIENTO OPERACIONAL..... | 34 |
| 3.4. | FUNCIONAMIENTO TEORICO | 35 |
| 3.4.1. | Cálculo del desequilibrio y posición angular..... | 35 |
| 3.5. | ELEMENTOS DAÑADOS Y SUSTICIÓN DE LOS MISMOS..... | 39 |
| 3.5.1. | Electrónica | 39 |
| 3.5.2. | Fotocélula..... | 39 |
| 3.5.3. | Elementos varios | 40 |
| 3.6. | OBTENCIÓN DE DATOS. ELEMENTOS DE MEDIDA..... | 40 |
| 3.6.1. | Transductores de fuerza y efecto piezoeléctrico | 40 |
| 3.6.2. | Pedestales o montantes | 44 |
| 3.6.3. | Fotocélula..... | 47 |
| 4. | CARACTERIZACIÓN DE LA MÁQUINA..... | 49 |
| 4.1. | MEDIDAS DEL UTIL Y CARACTERISTICAS FISICAS | 49 |
| 4.2. | REALIZACIÓN DE ENSAYOS | 53 |
| 4.2.1. | Equipos de medida..... | 53 |
| 4.2.2. | Utilización de la tarjeta de adquisición de datos y MATLAB..... | 54 |
| 4.3. | CAPTADORES DE FUERZA | 55 |
| 4.3.1. | Filtrado de la señal | 57 |
| 4.3.2. | Método de ensayo | 59 |
| 4.4. | FOTOCÉLULA | 62 |
| 5. | ANÁLISIS DE RESULTADOS | 65 |
| 5.1. | CONSTANTES DE LOS TRANDUCTORES DE FUERZA..... | 65 |
| 6. | PROGRAMA EQUILIBRADORA | 69 |
| 6.1. | INTERFAZ DE USUARIO | 69 |
| 6.2. | FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA EQUILIBRADORA | 70 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.2.1. | Lectura y preparación de archivos | 71 |
| 6.2.2. | Cálculo de la frecuencia de giro..... | 72 |
| 6.2.3. | Filtrado..... | 73 |
| 6.2.4. | Desfase entre señal de la fotocélula y máximos de captadores. | 74 |
| 6.2.5. | Voltaje máximo de los captadores de fuerza. | 76 |
| 6.2.6. | Resolución del problema de equilibrado. | 77 |
| 7. | CONCLUSIONES | 81 |
| 7.1. | LINEAS FUTURAS DE TRABAJO..... | 82 |
| 8. | BIBLIOGRAFÍA | 83 |
| 8.1. | LIBROS | 83 |
| 8.2. | ENLACES WEB..... | 83 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EQUILIBRADO Y LA NECESIDAD DEL MISMO

El equilibrado tiene la misión de corregir o eliminar fuerzas o momentos de inercia indeseables en el funcionamiento de los ejes. Estas fuerzas pueden ocasionar vibraciones que en algunos casos pueden alcanzar amplitudes muy peligrosas. Además, aunque esto no ocurra, las vibraciones aumentan los esfuerzos en los componentes y someten a fuerzas variables a los cojinetes pudiendo provocar un fallo prematuro por fatiga.

Aunque se puedan producir piezas con tolerancias muy ajustadas, generalmente resulta más económico realizar piezas menos precisas y realizarles posteriormente un proceso de equilibrado, siendo esta la principal justificación de esta máquina.

1.2. TEORIA DEL EQUILIBRADO DE EJES

Hay dos tipos de equilibrado, estático o dinámico. A continuación se describen ambos.

1.2.1. Equilibrado estático

Su ponemos una combinación de disco y árbol como se ilustra en la figura 1.1, que descansa sobre rieles rígidos y duros, de tal manera que el eje, que se supone perfectamente recto, pueda rodar sin fricción. Con este sistema se puede realizar experimento sencillos para determinar si el eje está correctamente equilibrado. Hacemos rotar el eje suavemente y dejamos que el sistema llegue al equilibrio, hacemos una marca en la parte más inferior de disco y volvemos a repetir la experiencia varias veces. Si las marcas quedan distantes unas de las otras, en diferentes puntos, el eje está equilibrado estáticamente. Si las marcas quedan localizadas en el mismo punto, el eje

esta desbalanceado estáticamente, lo que significa que el centro de gravedad del disco no coincide con el centro geométrico de este, y por tanto el eje de simetría del árbol tampoco coincide con el centro de gravedad. La posición de las marcas indica la ubicación angular del desequilibrio con respecto al sistema xy ilustrado en la figura 1.1. Lo que no podemos saber con este experimento es la magnitud del desequilibrio.

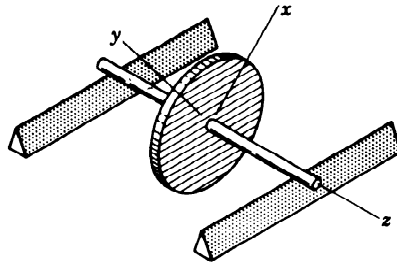


Figura 1.1

En el caso de que existiera desbalanceo estático, este se puede corregir eliminando material en el punto señalado por las marcas, o bien, añadiendo masa a 180° de la marca. Como no se conoce la magnitud del desbalanceo, estas correcciones se realizan por tanteo.

1.2.2. Equilibrado dinámico

En la figura 1.2 se representa un eje que se va a montar sobre dos cojinetes A y B . Se podría suponer que se colocan dos masas iguales m_1 y m_2 en extremos opuestos del rotor, y distancias iguales r_1 y r_2 del eje de rotación. Puesto que las masas son iguales, r_1 y r_2 también lo son y se encuentran en lados opuestos del eje de rotación, se puede colocar el rotor sobre rieles, como se describió con anterioridad, para comprobar que se encuentra estáticamente equilibrado en todas las posiciones angulares.

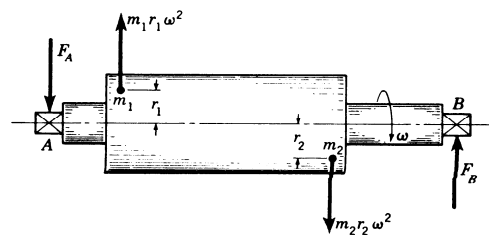


Figura 1.2

Si el rotor se hace girar a una velocidad angular ω (rad/s), aparecerán actuando las fuerzas centrífugas $m_1 r_1 \omega^2$ y $m_2 r_2 \omega^2$, respectivamente, de m_1 y m_2 sobre los extremos del rotor. Estas fuerzas centrífugas producirán unas reacciones desiguales en los cojinetes F_A y F_B y todo el sistema de fuerzas girará con el rotor a la velocidad angular ω . Por consiguiente, un rotor puede estar estáticamente equilibrado y, al mismo tiempo, dinámicamente desequilibrado.

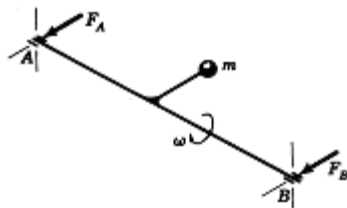


Figura 1.3-a

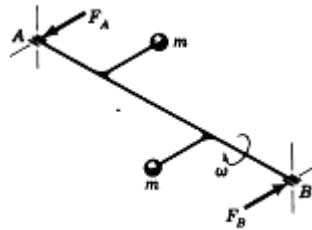


Figura 1.3-b

En la figura 1.3-a se presenta un desbalanceo estático; cuando el árbol gira, las dos reacciones en los cojinetes están en el mismo plano y tienen la misma dirección. Si por el contrario observamos la figura 1.3-b, nos encontramos con que el eje está balanceado estáticamente, pero desequilibrado dinámicamente. Si hacemos girar el eje, el desbalanceo crea un par que tiende a voltear el árbol. El árbol se encuentra en equilibrio debido al par opuesto formado por las reacciones en los cojinetes.

En el caso más general, la distribución de la masa a lo largo del eje de la pieza depende de la configuración de la misma, pero también habrá que tomar en consideración los errores que se hayan podido producir al mecanizar la pieza, así como al fundirla y forjarla. Se pueden provocar otros errores o desequilibrios en un calibrado inapropiado, por la existencia de chavetas y en el propio montaje. Por consiguiente, una pieza estará casi siempre desequilibrada tanto estática como dinámicamente. Este es el tipo de desequilibrio más general, y si la pieza está sostenida por dos cojinetes, es de esperar que las magnitudes, así como las direcciones de estas reacciones giratorias en los cojinetes, sean diferentes.

1.2.3. Análisis del desbalanceo

En este apartado se muestra cómo analizar cualquier sistema giratorio desbalanceado, y la manera de determinar las correcciones apropiadas aplicando métodos gráficos. Probablemente este método no sea el más apropiado para este texto, pero al tener una solución visual, sin duda es el más sencillo de exponer.

Se precisa el uso de dos ecuaciones $\sum F = 0$ y $\sum M = 0$ para determinar la magnitud y ubicación de las correcciones.

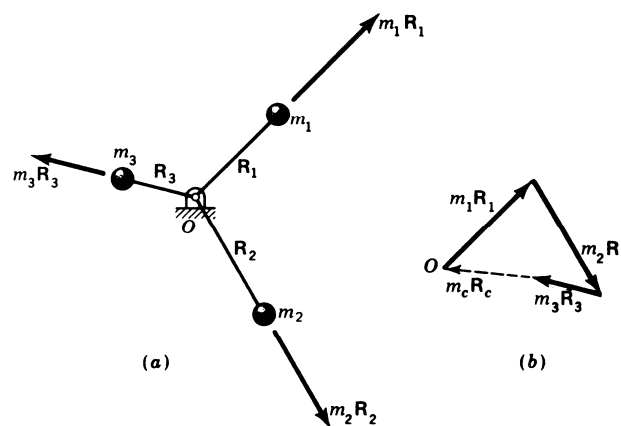


Figura 1.4

Se principia observando que la fuerza centrífuga es proporcional al producto mr de una masa excéntrica giratoria. Por tanto, las cantidades vectoriales, proporcionales a la fuerza centrífuga de cada una de las tres masas m_1R_1 , m_2R_2 y m_3R_3 de la figura 1.4-a, actuarán en direcciones radiales como se indica. Se supone que las tres masas de figura 1.4-a giran en un solo plano y, por tanto, es un caso de desbalanceo estático. Se construye el polígono de la figura 1.4-b con fuerzas proporcionales antes descritas, aplicando la ecuación $\sum F = 0$. Puesto que este polígono requiere de otro vector, m_cR_c , para cerrarse, la magnitud de la corrección es m_cR_c y su dirección es paralela a R_c .

Cuando las masas giratorias se encuentran en planos diferentes, se deben usar las ecuaciones $\sum F = 0$ y $\sum M = 0$. En la figura 1.5-a se puede observar una vista desde un extremo de un eje en se han montado las tres masas m_1 , m_2 y m_3 a las distancias radiales respectivas R_1 , R_2 y R_3 . La figura 1.5-a es una vista lateral del mismo eje mostrando los planos de corrección izquierdo y derecho, así como las distancias a las tres masas. Se desea hallar la magnitud y la ubicación angular de las correcciones para cada plano.

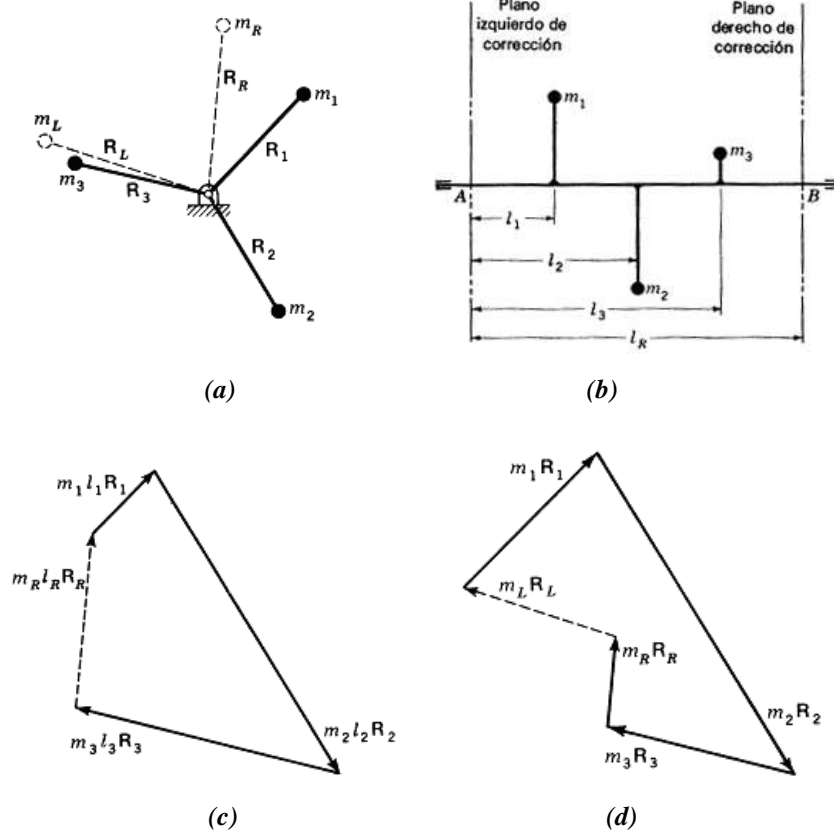


Figura 1.5

El primer paso de la solución es tomar una suma de los momentos de las fuerzas centrífugas en torno a algún punto, incluyendo las correcciones. Se decide tomar esta suma en torno a A en el plano izquierdo de corrección, para eliminar el momento de la masa izquierda de corrección. Si aplicamos sumatorio de momentos igual a cero, témenos

$$\sum \mathbf{M}_A = m_1 l_1 \mathbf{R}_1 + m_2 l_2 \mathbf{R}_2 + m_3 l_3 \mathbf{R}_3 + m_R l_R \mathbf{R}_R = \mathbf{0} \tag{1.1}$$

Esta es una ecuación vectorial en que las direcciones de los vectores son paralelas, respectivamente, a los vectores \mathbf{R}_N de la figura 1.5-a. Como consecuencia de, se puede construir el polígono de momentos de la figura 1.5-c. El vector de cierre $m_R l_R \mathbf{R}_R$ da la magnitud y dirección de la corrección requerida para el plano derecho. Ahora ya es factible hallar las cantidades m_R y \mathbf{R}_R porque generalmente se da en el problema la magnitud de \mathbf{R}_R . Por consiguiente, se puede escribir la ecuación

$$\sum \mathbf{F} = m_1 \mathbf{R}_1 + m_2 \mathbf{R}_2 + m_3 \mathbf{R}_3 + m_R \mathbf{R}_R + m_L \mathbf{R}_L = \mathbf{0} \quad (1.2)$$

Puesto que se da la magnitud de R_L , esta ecuación se resuelve para la corrección izquierda $m_L R_L$, construyendo el polígono de fuerzas de la figura 1.5-d.

1.2.4. Efecto sobre el bastidor del desequilibrio

El efecto sobre el bastidor será una fuerza giratoria en cada apoyo que en general estarán desfasadas angularmente una respecto la otra, como se ve en la Figura 1.6.

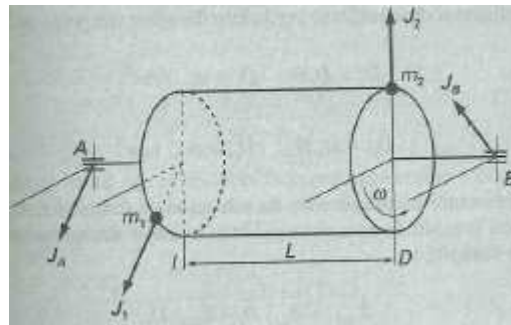


Figura 1.6

Si se supone el desequilibrio total del rotor reducido a las dos masas m_1 y m_2 , la reacción en A, el vector J_A , se deberá al efecto de las dos masas conjuntamente, y lo mismo podrá decirse de la reacción en B, vector J_B . Al efecto de la masa m_1 en el plano derecho, o al de la masa m_2 en el plano izquierdo, se le denomina *efecto cruzado*.

Evidentemente, sobre cada apoyo se originará una vibración cuya amplitud será debido al efecto de la masa próxima más el de la masa lejana.

En la Figura 1.7 puede observarse en forma gráfica el comportamiento de un rotor desequilibrado, tanto estática como dinámicamente. Se ve claro que las vibraciones causadas por el desequilibrio se transmiten a los apoyos, haciendo aparecer los vectores rotatorios anteriormente mencionados.

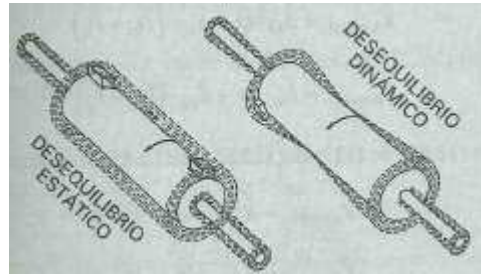


Figura 1.7- Representación de desequilibrio estático y dinámico.

Obsérvese que para que el desequilibrio sea estático las dos masas equivalentes han de ser del mismo valor y estar situadas en el mismo plano que contienen al eje.

1.3. MÁQUINAS DE EQUILIBRAR.

1.3.1. Introducción a las máquinas de equilibrar.

Tal como ya se ha dicho, es imposible lograr una pieza perfectamente equilibrada, por muy bien diseñada que esté sobre el papel, o por mucho cuidado que se ponga en su proceso de fabricación.

Por otro lado, muchas veces la posición requerida por los procesos de conformación de piezas (máquinas herramienta, moldes, etc.) resulta excesivamente costosa, resultando más barato fabricar con menores exigencias y proceder luego a un equilibrado posterior.

En este contexto, y cuando se trate principalmente de piezas fabricadas en serie, se hace imprescindible el empleo de dispositivos que ayuden a efectuar tal equilibrado, en forma rápida, precisa y económica. Tales dispositivos son los que se conocen como *máquinas de equilibrar*.

Del estudio efectuado de equilibrado de miembros en rotación se deduce claramente cuál es la función de cualquier máquina de equilibrado: detectar la posición y valor del desequilibrio, que permita la adición o sustracción posterior de masa al rotor para conseguir su equilibrado.

Las máquinas de equilibrar (al igual que el equilibrado) pueden dividirse en dos grandes grupos:

- *Máquinas para equilibrado estático*, o en un solo plano (hélices, ruedas de turbinas hidráulicas, volantes, etc.)
- *Máquinas para el equilibrado dinámico*, o en dos planos (rotores de turbinas, rotores de generadores eléctricos, cigüeñales, etc.)

A su vez las máquinas para equilibrado estático pueden clasificarse en dos grupos:

- *Máquinas de equilibrado por gravedad*, donde el rotor desequilibrado se coloca con su eje sobre unos raíles y se le deja balancear suavemente hasta que el centro de gravedad se coloque en la posición anterior. Otra versión de este mismo sistema son las máquinas en las que el rotor se coloca en una balanza cuya inclinación mide el grado de desequilibrio.
- *Máquinas de equilibrio inercial*, a las que el rotor se le hace girar midiendo la amplitud de vibración, y el ángulo de fase (por cualquiera de los procedimientos estudiados, aunque en la forma más automática posible).

En cuanto a las máquinas para equilibrado dinámico pueden clasificarse en tres grupos:

- *Máquinas de cuna pivotada.*
- *Máquinas de punto nodal.*
- *Máquinas de compensación mecánica.*

Toda ellas serán analizadas con detalle en los siguientes puntos y basan su funcionamiento en la medida de la amplitud y fase de la vibración en dos planos

(generalmente los apoyos del rotor) que permitan luego la agregación de masas en dos planos seleccionados.

Las máquinas de equilibrar han sufrido una fuerte evolución, desde las primeras, que requerían múltiples operaciones de tanteo y gran habilidad del operador, hasta las más modernas que automatizan no solo las lecturas de amplitud y fase, sino que indican el valor y la posición exacta de las masas equilibradoras, e incluso que gobiernan la maquinaria encargada de realizar la colocación de tales masas (o restar las masas excedentarias).

Desde un punto de vista operativo, las máquinas de equilibrar se clasifican en dos grupos:

- *Máquinas para mantenimiento*, caracterizadas por una gran versatilidad (rotores de diferentes tamaños y pesos, diferentes tipos de apoyos, etc.), facilidad de manejo, amplio rango de velocidades, etc.
- *Máquinas de producción*, caracterizadas por su propósito definido, automatismo en la colocación de pesos de pruebas, lectura automática de los desequilibrios, corrección automática de los mismos, etc.

A continuación se va a realizar un estudio de las máquinas a equilibrar, pero solo desde el punto de vista conceptual, sin entrar en tipos o modelos determinados, ni en sus detalles constructivos.

1.3.2. Máquinas para equilibrado estático.

Tal como ya se ha dicho, estas máquinas se emplean para el equilibrado de rotores estrechos, en los que el momento de la fuerza de inercia respecto a los apoyos puede ser despreciado, frente al gran valor de esa fuerza de inercia.

Como el desequilibrado estático es fundamentalmente un desplazamiento del centro de gravedad del rotor respecto a su eje de giro, las máquinas de equilibrado estático más simples ubican la disposición del desequilibrio dejando girar la pieza libremente sobre sus apoyos, de manera que el centro de gravedad se coloque en la posición inferior. En este caso, la posición inferior del centro de gravedad se consigue en la medida en que los rozamientos en el giro del rotor sobre el soporte sean pequeños. Para ello, existen máquinas de equilibrar cuchillas, como se ve en la Figura 1.8.

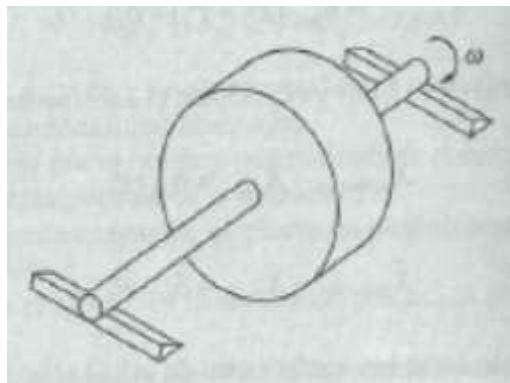


Figura 1.8

El rotor se va colocando en diferentes posiciones, y se le deja rodar libremente. Marcando los sucesivos puntos inferiores, se tiene una estimación de la situación del punto pesado. Luego se van añadiendo masas compensatorias, hasta lograr un equilibrio indiferente. Existen otras máquinas de equilibrado estático en las que no es necesario girar la pieza.

Consisten esencialmente en una balanza, como se ve en la Figura 1.9 sobre la cual se sujeta, perfectamente centrada, la pieza a equilibrar.

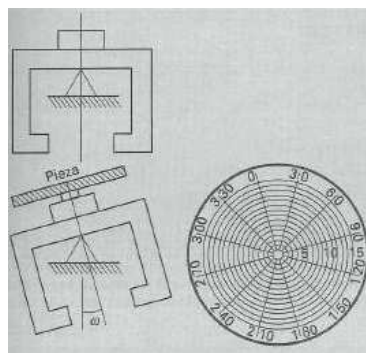


Figura 1.9.- Máquina de equilibrado estático.

La dirección de la inclinación mide la ubicación angular del desbalanceo, y el ángulo de inclinación es proporcional a la magnitud del mismo. Una escala convenientemente graduada puede dar, con una sola lectura, el valor y posición del desequilibrio. Estas máquinas se emplean para el equilibrado de hélices, rotores de helicópteros, etc.

Finalmente, existen máquinas de equilibrado estático que se basan en la medida de la amplitud y el ángulo de fase. En estas máquinas, con solo dos carreras del rotor se puede lograr un equilibrado preciso.

1.3.3. Máquinas para equilibrados dinámicos.

a) Máquina de cuna pivotada

La máquina consta esencialmente de un bastidor o cuna sobre la que se coloca el rotor, accionado por un motor. Este bastidor se une al suelo por medio de un resorte y un amortiguador en cada extremo.

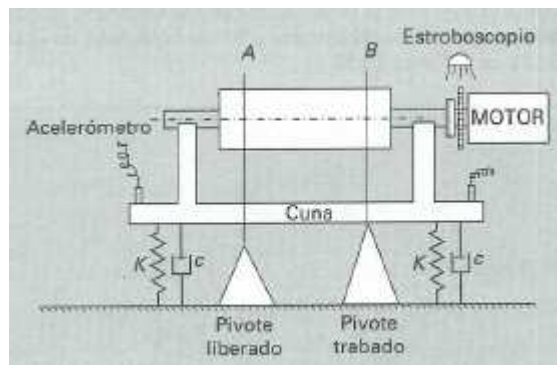


Figura 1.10- Máquina de cuna pivota.

A su vez, la cuna puede inmovilizarse (en sentido vertical y horizontal) por medio de unos pivotes unidos al suelo (desplazables longitudinalmente, de manera que tanto el apoyo A como el B puedan ser colocados en los planos donde se desee efectuar el equilibrado del rotor). De esta forma, sujeta la cuna por el pivote B, ésta se moverá, junto con el rotor, como un sistema de un GDL, pivotando alrededor de B, con el

amortiguamiento c y la rigidez k , accionada por la fuerza desequilibrada (equivalente a la del rotor) supuesta en el plano A . Lo mismo sucederá cuando se traba el pivote A .

Unos acelerómetros o medidores de desplazamiento situados en los dos extremos de la cuna miden los máximos desplazamientos (verticales).

Finalmente una luz estroboscópica que centellee con la velocidad del rotor permite ver su posición durante el movimiento, iluminando un disco graduado de en grados que gira con él. (En realidad el estroboscopio es *disparado* por el acelerómetro, cuando la amplitud de la vibración sea máxima.)

El funcionamiento de la máquina se basa en que en un sistema vibrante de un GDL la amplitud es máxima cuando la frecuencia de excitación (velocidad de giro, ω_e) es igual a la frecuencia propia ω_n (resonancia) y que en ese momento el ángulo de desfase entre la fuerza (que en ese caso es la producida por la masa desequilibradora del rotor) y el desplazamiento (medido por el captador) es $\pi/2$.

En consecuencia, se en las condiciones de la figura (pivote B trabado) se acelera el rotor con el motor de accionamiento a una velocidad ω_e superior a la crítica, y luego se va descendiendo lentamente ω_e , el acelerómetro A detectará la máxima amplitud de vibración cuando $\omega_e = \omega_n$. En ese momento (como en otros) la amplitud es proporcional a la magnitud de desequilibrio en el plano A , y el ángulo de desfase es $\pi/2$. En consecuencia, en el disco graduado podrá leerse, a partir de una señal de referencia previamente establecida, la posición del *punto pesado*.

b) Máquina de punto nodal

El método anterior de cuna pivotada resulta lento y costoso, cuando se trate de equilibrar piezas en gran número, ya que cada equilibrado completo requiere dos carreras del rotor, con los siguientes cambios en los pivotes fijos de la cuna.

La máquina consta de un balancín libre, sobre el cual se coloca el rotor, y que vibra solamente en el plano horizontal (la rigidez en los apoyos en el plano vertical es mucho más alta).

En la Figura 1.11 también se han representado los dos planos A y B donde se van a introducir las masas equilibradoras. En esos dos planos las masas desequilibradoras equivalentes se denominan m_A y m_B de magnitud y posición angular desconocidas.

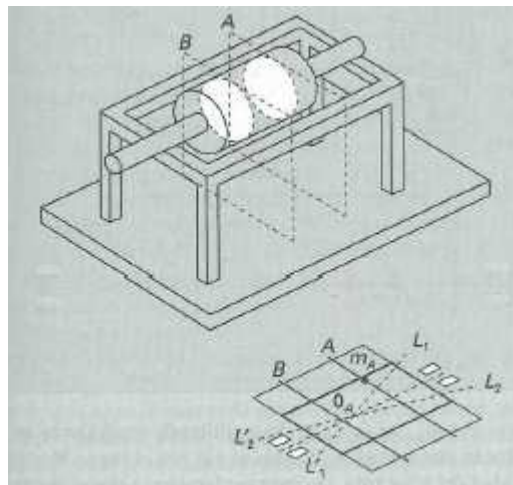


Figura 1.11

Si la única masa desequilibrada fuera la m_A , esta introduciría una excitación sobre el balancín, que produciría la vibración de éste sobre el plano horizontal. El rotor se movería entre dos posiciones extremas, pasando su eje alternativamente de la posición $L_1 L_1'$ a la $L_2 L_2'$. El punto O_A sería el único punto que no vibra, es decir, será el nodo de la vibración.

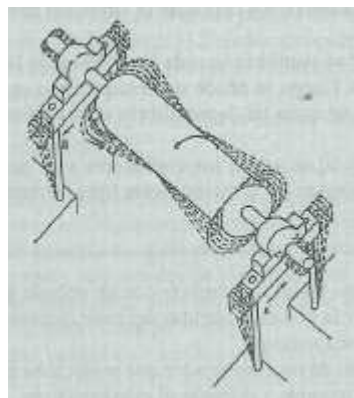


Figura 1.12

De la misma forma, podría localizarse el nodo O_B , debido a la vibración producida por la por la sola masa desequilibrada m_B .

Si con la sola masa desequilibrada m_A se coloca un captador de vibraciones en O_A , éste dará una señal nula, o en otras palabras, no responde al desequilibrio en el plano A (ignora que éste existe).

En consecuencia si se supone la existencia simultánea de dos masas m_A y m_B , el captador O_A solo responderá a la excitación producida por m_B , pero no a la m_A . En la misma forma, un captador situado en O_B solo responderá a la excitación producida por el desequilibrio m_A , pero no por el m_B .

Este fenómeno es el que emplean las máquinas de punto nodal para lograr equilibrar una pieza en una sola carrera. Ello requiere, evidentemente, la previa identificación de los nodos O_A y O_B , que es donde hay que colocar los acelerómetros (o captadores de desplazamiento) para conocer la magnitud de los desequilibrios en los planos elegidos A y B , de manera que ambas lecturas sean representativas de los correspondientes desequilibrios en cada plano.

Evidentemente, si las posiciones de los planos correctores A y B no estuvieran prefijadas podrían prefijarse los puntos nodales (ubicación de los acelerómetros, por ejemplo en los apoyos) y determinar los correspondientes planos de corrección. Este sistema es el empleado en las máquinas modernas, pues no requiere cambios en el sistema de detección de vibraciones de la máquina. (Naturalmente, siempre que las masas correctoras puedan situarse en cualquier parte del rotor.)

c) Máquinas de compensación mecánica.

La Figura 1.12 muestra los fundamentos de las máquinas de compensación mecánica. En la Figura 1.12-a se observa un plano del rotor (A) donde se va a efectuar al equilibrado.

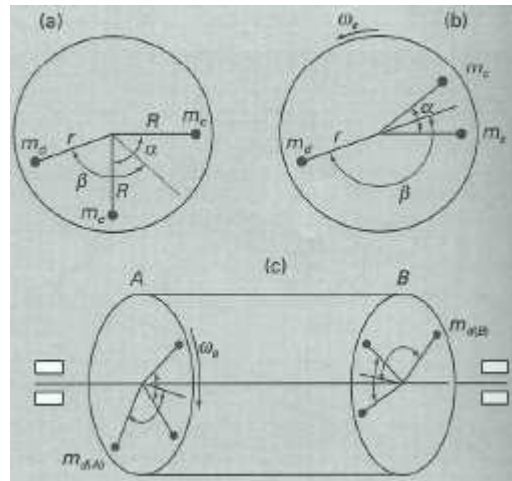


Figura 1.12

Se supone que $m_{d(A)}$, es la masa desequilibrada equivalente en ese plano. Si se colocan dos masas m_c , unidas al eje por el brazo R , y girando a la misma velocidad del rotor (ω_e), se observa claramente que el desequilibrio del conjunto aumenta.

Sin embargo, como se observa en la Figura 1.12-*b*, si se varía la posición del eje de las dos masas m_c , es decir, si se modifica el ángulo β hasta hacer que sea 180° respecto a la posición $m_{d(A)}$, y si además se varía el ángulo α entre las dos masas m_c de modo que la fuerza de inercia conjunta sea igual y opuesta la producida por $m_{d(A)}$, el conjunto estará equilibrado.

Evidentemente, si se introduce un mecanismo similar en el plano de equilibrado *B*, y se procede de igual forma, se habrá equilibrado totalmente el rotor.

Una máquina de equilibrado por compensación mecánica dispone de dos conjuntos de pares de masas m_c , cada una de las cuales se coloca en el correspondiente plano de corrección.

A su vez, disponen de un mecanismo que permite ir modificando el ángulo β , respecto de una posición de referencia (el mando que modifica el ángulo β se conoce como *control de ubicación*) así como de otro mecanismo que permite ir variando el ángulo entre las dos masas compensadoras α (el mando que modifica este ángulo se conoce como *control de magnitud*).

El conjunto de las dos masas compensadoras ha de girar a la misma velocidad del rotor, aunque es evidente que el rotor puede hacerse girar a cualquier velocidad, para proceder a su equilibrado.

1.4. RECOMENDACIONES PARA EL EQUILIBRADO DE ROTORES.

1.4.1. Tolerancias de equilibrado.

Hasta ahora se ha hablado de equilibrado y de los métodos para conseguirlo. Parece que implícitamente se ha aceptado el hecho de que el equilibrado conducía a la eliminación de desequilibrio. Sin embargo, la pregunta que puede hacerse es: ¿Hasta qué punto equilibrarse totalmente un rotor (o mecanismo cualquiera)? ¿Hasta qué punto es técnicamente posible y económicamente factible?

Evidentemente, dado que la perfección nunca puede alcanzarse, es preciso definir unos *límites aceptables* para definir un *equilibrado correcto*.

Para un rotor equilibrado *in situ* el nivel de aceptación del equilibrado viene dado por el nivel de aceptación de la vibración que éste causa sobre los cojinetes en que se apoya (en general, en el nivel de vibración sobre el bastidor, para un mecanismo cualquiera). Tales vibraciones vienen limitadas normalmente por los fabricantes y usuarios de máquinas.

En caso de que no se disponga de estos datos pueden usarse las normativas existentes sobre tolerancia de las vibraciones entre las que destacan las curvas RATHBONE, y los ábacos de la Asociación de Ingenieros Alemanes VDI (Verim deutscher Ingenieure), las curvas ISO, etc.

A continuación se muestran unas tablas donde se exponen las tolerancias de vibración.

| V _{eff} d B (ref. 10 ⁻⁵ mm/s) | V _{eff} (mm/s) | Tolerancia | | | |
|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Grupo K | Grupo M | Grupo G | Grupo T |
| 133 | 45 | INADMISIBLE | INADMISIBLE | INADMISIBLE | INADMISIBLE |
| 129 | 28 | INADMISIBLE | INADMISIBLE | INADMISIBLE | EXCESIVO |
| 125 | 18 | INADMISIBLE | EXCESIVO | EXCESIVO | ACEPTABLE |
| 121 | 11,2 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |
| 117 | 7,1 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |
| 113 | 4,5 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |
| 109 | 2,8 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |
| 105 | 1,8 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |
| 101 | 1,12 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |
| 97 | 0,71 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |
| 93 | 0,45 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |
| 89 | 0,28 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |
| 85 | 0,18 | EXCESIVO | EXCESIVO | EXCESIVO | BUENO |

EXCESIVO 8 dB

Tabla 1.1- Tolerancias de equilibrado según el tipo de máquina.

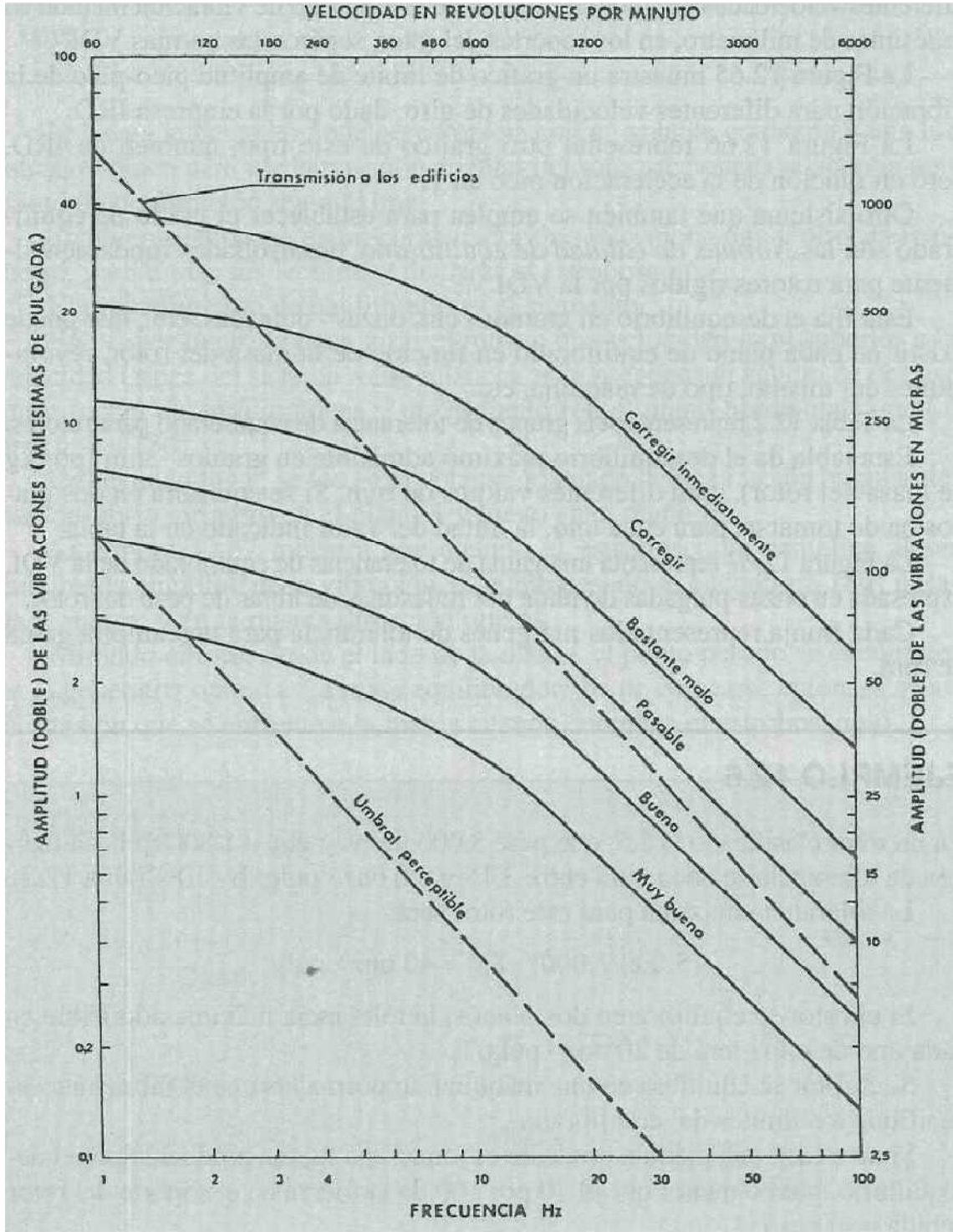


Tabla 1.2- Tolerancia de equilibrado según la amplitud de vibración y velocidad de giro.

2. OBJETIVOS

El presente proyecto trata del estudio de una maquina equilibradora de ejes HOFMANN modelo HL 14-1 perteneciente al Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales de la Universidad pública de Navarra. La idea surge del profesor Don Isidro Zabalza Villava, profesor titular del Área de ingeniería mecánica.

Una máquina equilibradora, como bien dice su nombre, sirve para equilibrar, en este caso rotores. La operación de balancear un rotor consiste en conseguir que éste gire sin ocasionar esfuerzos no deseados en sus apoyos, debido principalmente a distribuciones de masa irregular o imperfecciones de fabricación. La manera de equilibrar un eje es cuantificar el desequilibrio, localizarlo y eliminarlo.

Debido a un problema una placa electrónica encargada de convertir la señal analógica en digital, esta máquina balanceadora no puede realizar ningún tipo de operación para la cual estaba concebida.



Figura 2.1-Máquina en estado inicial semi-desmontada

Como se puede observar en la Figura 2.1 hay un gran cuadro de mando con una pantalla. Dentro de este armazón se encuentra la electrónica original que esta

estropeada. Se podría haber reparado haciendo uso del servicio técnico del fabricante, pero se desestima por ser muy presupuesto muy elevado.

Esta máquina consta de dos partes muy diferenciadas, una parte mecánica con los elementos de medida, dos captadores de vibraciones y una fotocélula, donde se coloca la pieza equilibrar. Otra parte electrónica, la cual se utiliza para recoger las señales de los elementos de medida, tratar estas señales con el fin cuantificar las operaciones a realizar y un interfaz de usuario donde introducir los datos necesarios y presentar los resultados.

Aunque la electrónica no puede ser utilizada, si que puede ser aprovechada toda la parte mecánica así como los componentes de medidas.

El objetivo fundamental de este Proyecto Fin de Carrera es el estudio del funcionamiento del la máquina original para utilizar los elementos aprovechables y conseguir el funcionamiento para el cual se fabrico la equilibradora, equilibrar ejes satisfactoriamente.

La primera parte de este objetivo es comprender cuales son las opciones y características fundamentales con las que funciona la máquina. En resumidas cuentas, saber cómo se utilizaba la maquina original.

El siguiente punto es averiguar cómo funcionan los elementos electrónicos de medida y el utillaje. Se realizarán diferentes ensayos con la finalidad de investigar como el impulso mecánico es transformado en señal eléctrica gracias a los captadores de vibraciones. Se estudiara la utilización de la fotocélula y su presencia en el problema.

La tercera y última parte será adquirir los datos de los componentes de medida en un ordenador, y con ello poder realizar un programa con el cual se pueda introducir todos los parámetros y configuraciones para realizar un equilibrado con éxito. Gracias al software MATLAB se realizará un programa para procesar la información y cuantificar las deferentes señales. También con este programa se realizará una interfaz grafica para conseguir una utilización más amable de la equilibradora.

Aunque no está dentro de los objetivos principales se realizarán las mejoras que sean oportunas para una mejora en la maquinaria.

3. RECOPIACION DE DATOS

3.1. EQUILIBRADORA HOFMANN HL 14-1

Se trata una equilibradora de ejes HOFMANN HL 14-1 diseñada para medir la cantidad de desequilibrio electrónicamente y determinar la posición angular del mismo. Con esta máquina se pueden realizar dos tipos de equilibrado: estático y dinámico.

Está equipada con varios dispositivos que ayudan al operador a realizar el equilibrado. Uno de ellos es el almacenaje automático de los valores cuantitativos y angulares. Cuando el ciclo se para los valores son memorizados, permitiendo así al operario volver a los mismos durante la corrección.

Esta máquina se compone de tres elementos principales:

- Máquina equilibradora.
- Electrónica.
- Armario eléctrico de maniobra

3.2. DESCRIPCIÓN FÍSICA

Se va a realizar una descripción de la maquina en su origen para luego poder comparar con el estado actual de la equilibradora.

3.2.1. Máquina equilibradora

La máquina equilibradora es la parte física donde se aloja el eje a balancear. Esta zona incorpora dos pedestales para el apoyo del eje, un motor que se encargará de hacer girar el rotor, a través de una correa alojada en un porta correas, a diferentes velocidades con una polea dentada. También se encuentran los elementos de medida, dos dinamómetros piezoeléctricos y una fotocélula.

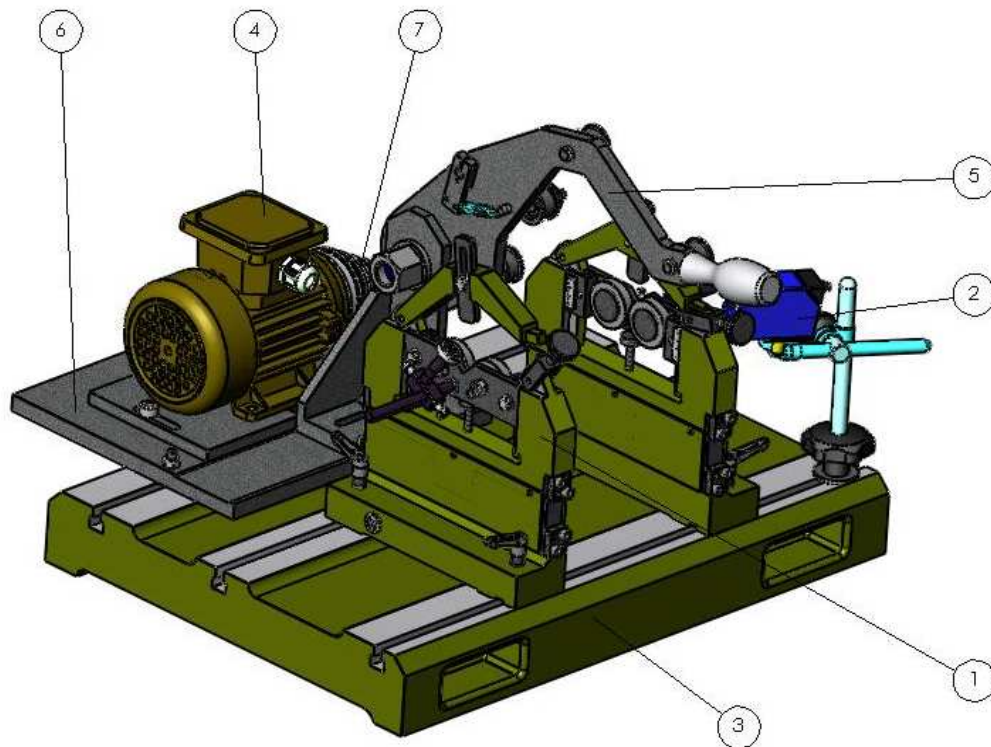


Figura- 3.1 Representación grafica de la Máquina equilibradora: 1- Pedestal. 2- Fococélula. 3- Base guía. 4-Motor. 5- Porta-correa. 6- Base Motor. 7- Polea escalonada.

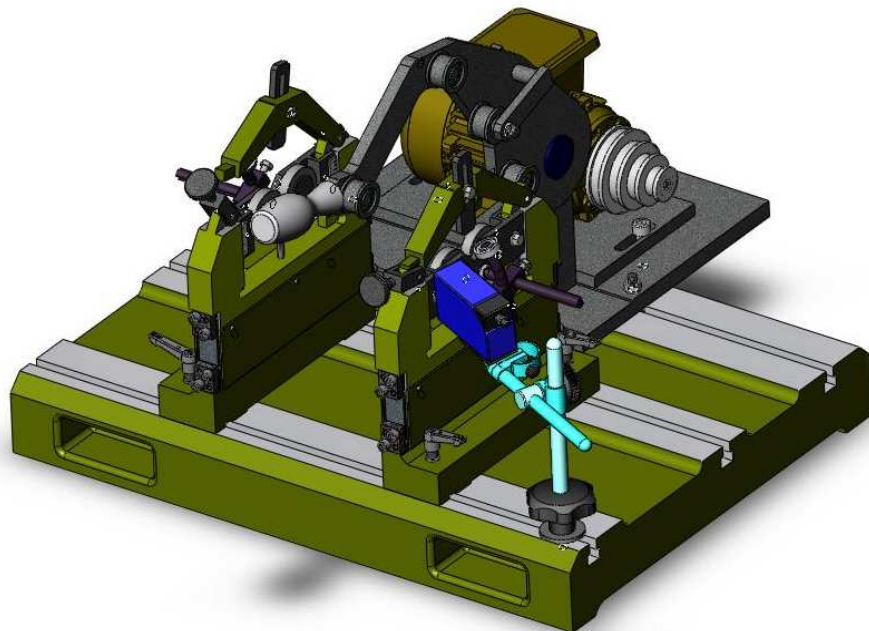


Figura 3.2- Vista general equilibradora

Pedestal o montante:

El pedestal es la parte donde se aloja el apoyo del eje a balancear. En esta parte se aloja el elemento de medida de la cantidad de desequilibrio, un dinamómetro piezoeléctrico o transductor de fuerza piezoeléctrico.

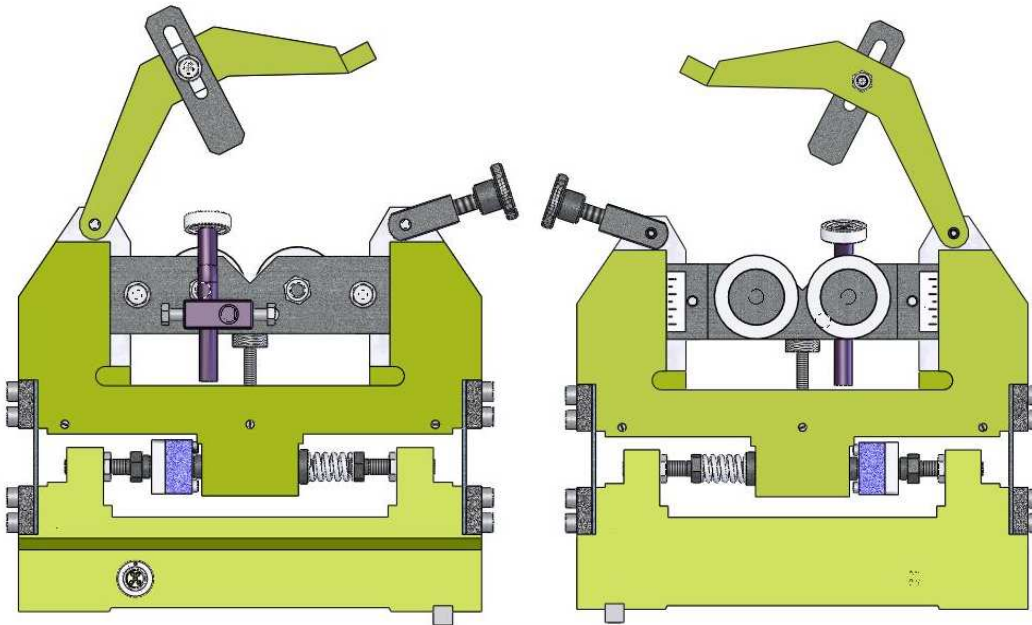


Figura- 3.3 Frontal y trasera del pedestal

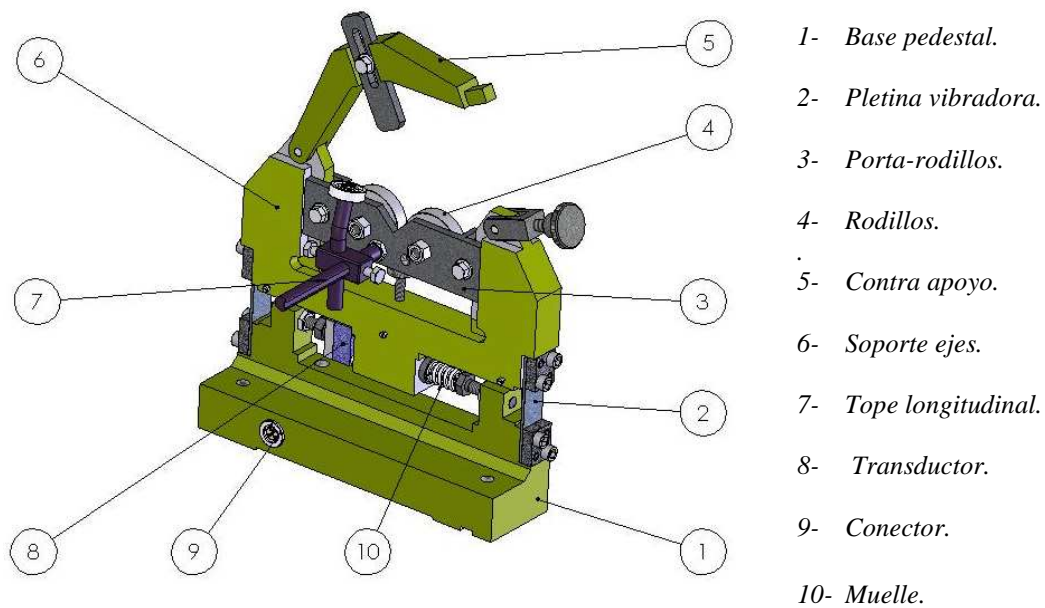


Figura-3.4. Elementos principales del pedestal.

Motor:

El motor que acciona la correa es un motor trifásico con funcionamiento monofásico gracias un condensador, sus características son:

- Marca: ABB Motors.
- Potencia: 0.3 Kw.
- Amperaje: 1.5 A.
- $\text{Cos}(\psi)$: 0.68.
- R.P.M: 1360 r/min.

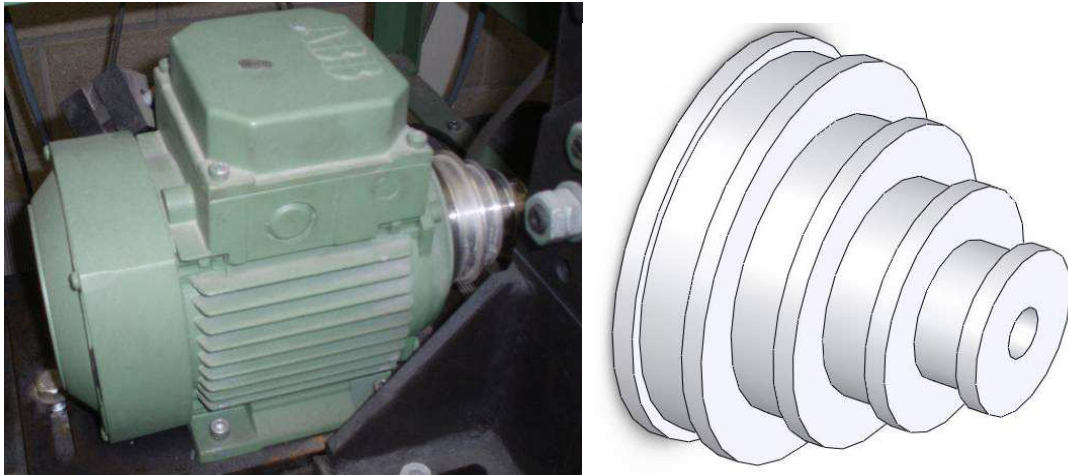


Figura-3.5 Motor y eje escalonado.

El eje de salida este motor tiene forma escalonada para conseguir diferentes velocidades, gracias a los diferentes acoples con la correa.

Porta-correa:

Este conjunto es el encargado de transmitir el giro del motor al eje o rotor a procesar. Esto se consigue mediante un entramado de rodillos consiguiendo que la correa presente tensión al contacto con el eje, haciéndolo rotar.



Figura-3.6 Porta correa.

Fotocélula:

Es fotocélula de contraste. Esto quiere decir que detecta los cambios de emisión de luz en los colores de un elemento.



Figura-3.7 Fotocélula de contraste.

El funcionamiento es relativamente sencillo. Esta emite un rayo de luz y según la reflexión la superficie, vuelve una cantidad de luz. Se utiliza para detectar un marca clara en una superficie oscura del rotor, también puede ser al contrario, y calcular la velocidad angular del mismo. Con esto también se consigue calcular posiciones angulares.

3.2.2. Electrónica

Dentro del armario eléctrico se encuentran una serie de tarjetas electrónicas, encargadas de la toma de datos de los elementos de medida y del cálculo, además de los elementos necesarios para la pantalla y teclado.

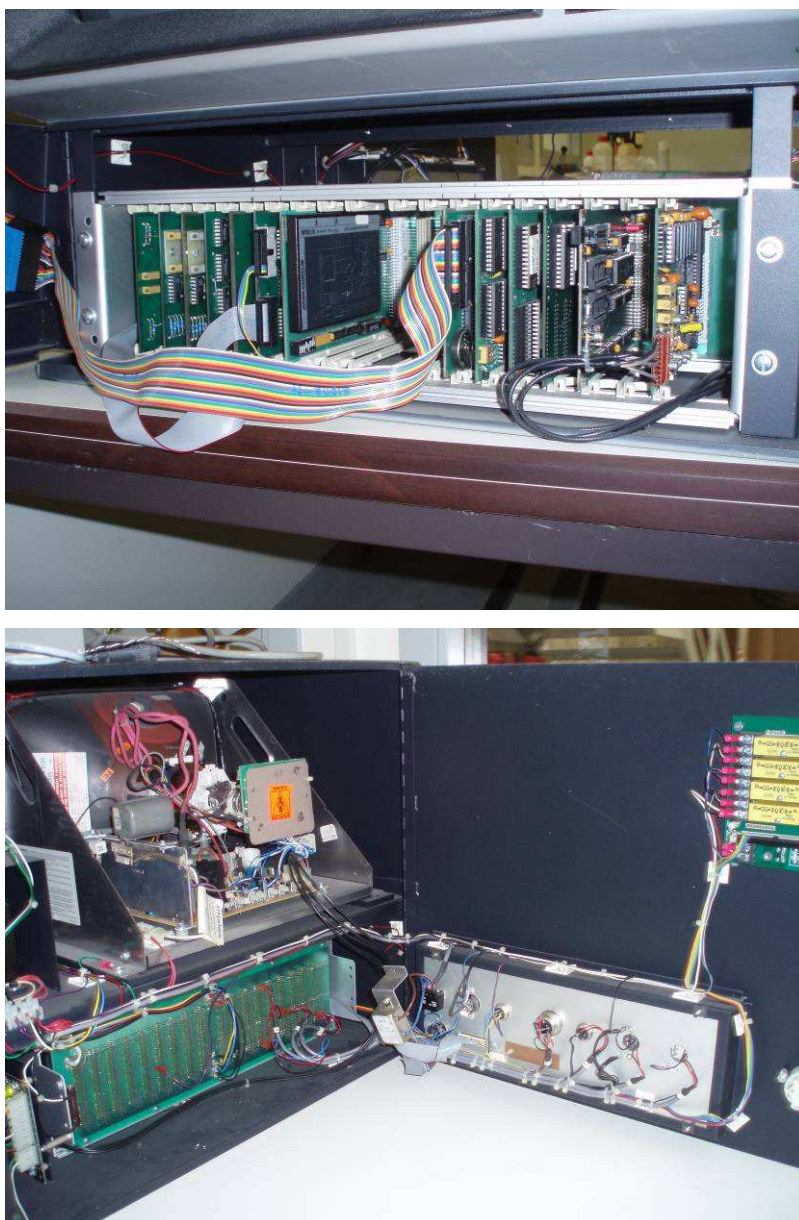


Figura-3.8 Electrónica de la equilibradora.

3.2.3. Armario de eléctrico de maniobra

En este armario se encuentra un teclado, pantalla y botones de mando. Con el teclado se inducen los datos y opciones con las se quiere analizar el eje. Gracias a una pantalla se visualiza la entrada de datos y se presentan los resultados del equilibrado.



Figura 3.7- Armario eléctrico de maniobra.

3.3. PROCEDIMIENTO DE EQUILIBRADO

3.3.1. Preparación de la máquina equilibradora.

Para el correcto funcionamiento de la maquina lo primero que hay que realizar es la adecuación de útil para alojar el eje.

Se ajusta la distancia entre pedestales para un correcto alojamiento del longitudinal del rotor. Estos poseen unos tornillos de fijación que permiten un amarre muy rígido sobre la bancada.

El siguiente paso es el ajuste en altura entre los apoyos de los rodillos al diámetro de los muñones. Es muy importante que estos apoyos estén a la misma cota para un correcto equilibrado, ya una altura desigual puede producir movimientos longitudinales del rotor al hacerlo girar. Hay unas escalas que facilitan este ajuste.

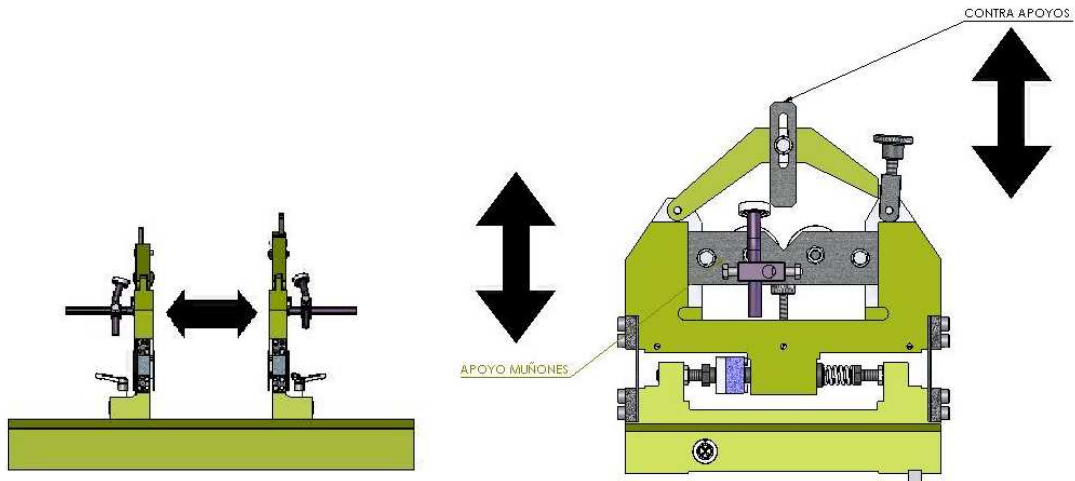


Figura 3.8- Movimiento de pedestales, apoyo muñones y contra apoyos.

Se realiza una marca sobre el perímetro de la pieza para detección de posición angular con la fotocélula. Esta marca debe realizarse paralela al eje de rotación en una parte que sea lisa (no debe haber ranuras, cavidades, estrías). Si la superficie es oscura se coloca una marca blanca, si es brillante o clara se coloca una marca negra. Una correcta colocación de la fotocélula es importante. El rayo de luz de la fotocélula debe estar correctamente enfocado sobre la pieza a equilibrar con el objetivo de que la fotocélula y su circuitería midan la velocidad angular. La localización angular sobre la pieza a equilibrar de la luz de la fotocélula tiene relación directa con el ángulo de desequilibrio que aparecerá indicado sobre la indicación de desequilibrio de la electrónica. La fotocélula es activada por el borde delantero de una mancha de color sobre la pieza de trabajo cuando corta el rayo de luz de la fotocélula. La misma señal de contraste sobre la pieza se utiliza como índice para contar la posición angular del desequilibrio.

Los captadores de vibraciones de la máquina de equilibrar, sin embargo, detectan el desequilibrio cuando este ejerce la máxima fuerza sobre los captadores (para las máquinas de apoyos rígidos).

Para ser más efectivo, debe establecerse la posición relativa entre la máxima fuerza de los captadores de vibraciones y la etiqueta de color sobre la pieza de trabajo. Esto se consigue colocando un peso muestra en un ángulo conocido de una pieza bien

equilibrada, y ajustando el medidor de ángulo hasta que el ángulo indica la posición actual donde se ha insertado la pesa muestra sobre la pieza de trabajo.

3.3.2. Datos programables

En este apartado se va exponer las opciones y parámetros programables en esta máquina balanceadora.

Para la configuración de opciones se disponen de las siguientes alternativas:

- Unidades de longitud: pulgadas o mm.
- Unidades de masa: gramos o onzas.
- Método de detección de revoluciones: fotocélula o captador inductivo.
- Forma de marcado: Punto oscuro o punto claro.
- Tiempo de ciclo: Entre 1 y 99 segundos (Según el tamaño de eje).
- Eje normal o por componentes.

El último punto de esta lista se hace referencia a la posibilidad de equilibrar por componentes. Con este tipo de balanceo se pueden procesar turbinas y eje con zonas en el que el eje esta dividido en partes uniformes angularmente. Así se consigue que se muestre la posición angular del desequilibrio en una zona donde halla material.

Para definir la pieza de trabajo y las opciones de compensación se disponen de diferentes configuraciones.

Se puede realizar un equilibrado dinámico o estático. El equilibrado dinámico con dos planos de compensación y estático con un plano de compensación.

El modo de realizar la compensación, añadir o quitar material. Esta sirve para poder realizar la mejor operación sin dañar la función del eje.

Forma de eje. Se tienen diferentes configuraciones de ejes según nuestras necesidades.

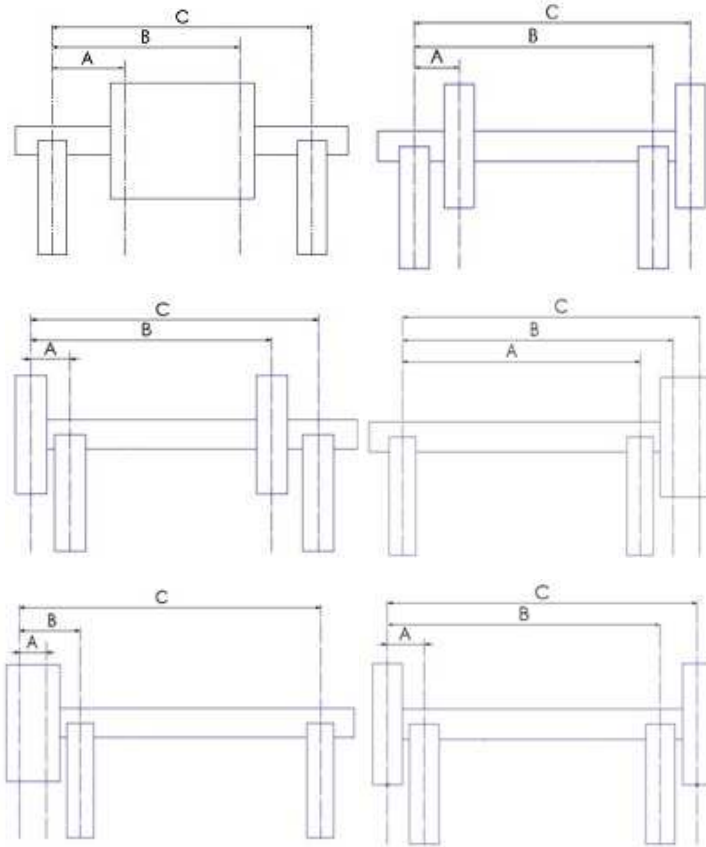


Figura 3.9- Tipos de eje.

Escoger los planos de corrección según los tipos de rotor expuestos anteriormente y se escriben las medidas entre los pedestales y en diámetro del rotor en ambos planos de corrección.

Se pueden seleccionar diferentes gamas de sensibilidad. La gama que se selecciona depende de las especificaciones para el valor del desequilibrio que se prevea. Según de la velocidad de giro, baja (60-600 r.p.m.) o alta (600-6000 r.p.m.) se pueden programar diferentes apreciaciones del desequilibrio: 999mg, 9,99g, 999g, 9,99Kg.

3.3.3. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL

Después de realizar los pasos iniciales de configuración el último paso es equilibrar la pieza deseada.

Se selecciona la forma de visualización de las correcciones. Esta máquina tiene la opción de ver la posición angular del desequilibrio con una grafica polar en ambos planos de corrección.

Se acciona el motor y se baja la correa hasta que haga contacto tangencialmente con el rotor y este empiece a girar uniformemente.

Pulsar comenzar el equilibrado y esperar a que la lectura sea estable. Una vez estabilizados los resultados se para el motor y entonces se memorizaran los últimos datos presentados pantalla para poder realizar la operación de compensación desea.

Una vez realizados todos los pasos se vuelve a procesar el rotor para verificar la operación de compensación.

3.4. FUNCIONAMIENTO TEORICO

Se dispone de una equilibradora con pedestales o rígidos, que es el más utilizado actualmente debido a su sencillez de manejo y a su elevada precisión de medida. En las máquinas de montantes rígidos, el rotor gira sobre su eje geométrico aunque esté desequilibrado ya que los montantes rígidos no permiten desplazamiento y por tanto se producen fuerzas centrífugas proporcionales al cuadrado de la velocidad angular. Es decir, el problema se transforma en un sistema estático de fuerzas.

La medición de la fuerza en los apoyos de ejes se realiza con captadores de fuerza piezoeléctricos alojados en los pedestales. Con la fotocélula se localiza la posición angular de los máximos de las de la fuerzas.

3.4.1. Cálculo del desequilibrio y posición angular

Suponemos que tenemos un eje desbalanceado, girando, en el que se localizan dos masas con magnitud de masa y posición angular desconocidas.

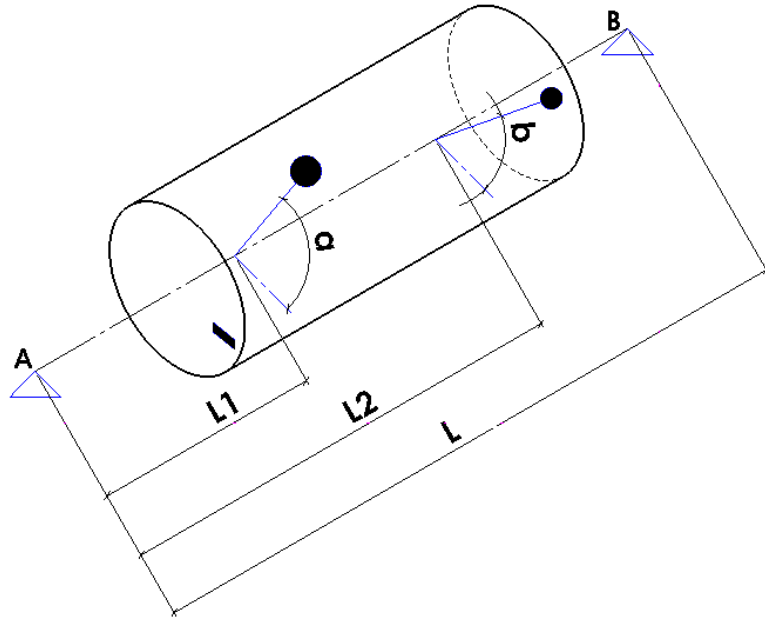


Figura 3.10- Eje desequilibrado.

Estas masas crearan en los apoyos del eje reacciones proporcionales al producto de su masa, por el radio y por la velocidad angular al cuadrado, fuerza centrífuga, creada por la rotación.

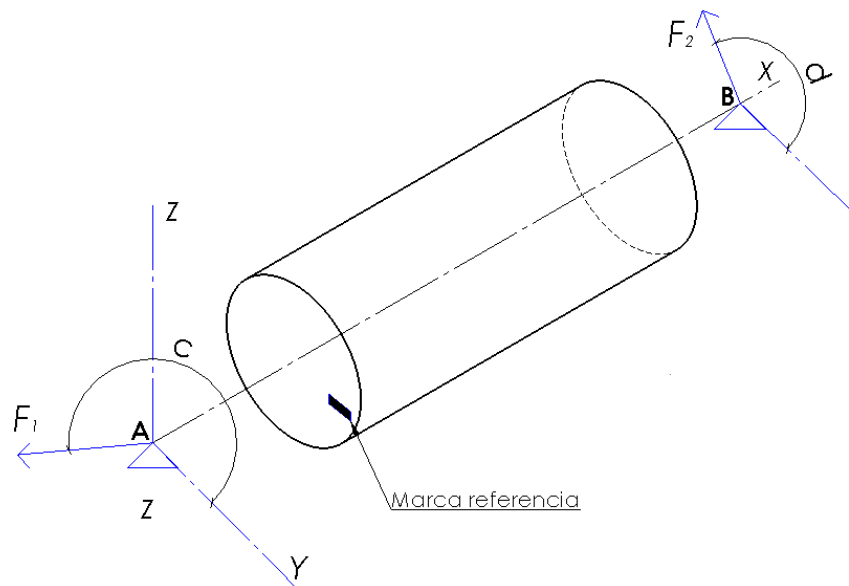


Figura 3.11- Representación de fuerzas en los apoyos de un eje desequilibrado.

El problema a resolver, es localizar angularmente y cuantificar los desequilibrios que crean reacciones indeseadas. Para hallar el valor de la cantidad de desequilibrio y su posición angular, se poseen el valor de las fuerzas en los apoyos debidas al desbalanceo, y la posición angular, con respecto de un punto.

Situamos el centro del eje de coordenadas en el apoyo izquierdo del eje, punto A. La marca de referencia está alineada con el eje Y, en la posición angular 0° . La forma de descomponer el problema es realizar sumatorios de momentos con respecto a un punto, de las componentes de las fuerzas que actúan en un determinado plano:

m_1 : Masa desequilibradora a una distancia L_1 .

m_2 : Masa desequilibradora a una distancia L_2 .

L : Distancia entre apoyos.

F_1 : Fuerza reacción en el apoyo izquierdo.

F_2 : Fuerza reacción en el apoyo derecho.

r : Radio eje.

ω : Velocidad angular.

Las fuerzas centrífugas creadas por las masas m_1 y m_2 serán:

$$F_{m1} = m_1 \cdot r \cdot \omega^2 \quad (3.1)$$

$$F_{m2} = m_2 \cdot r \cdot \omega^2 \quad (3.2)$$

Haciendo sumatorio de momentos de las componentes de las fuerzas, que tienen proyección en el plano XY, con respecto B:

$$\sum M_B = F_1 \cdot \cos(c) \cdot (-L) - F_{m1} \cdot \cos(a) \cdot (L - L_1) - F_{m2} \cdot \cos(b) \cdot (L - L_2) = 0 \quad (3.3)$$

Despejando $F_1 \cos(c)$:

$$F_1 \cdot \cos(c) = F_{m1} \cdot \cos(a) \cdot \left(\frac{L - L_1}{-L} \right) + F_{m2} \cdot \cos(b) \cdot \left(\frac{L - L_2}{-L} \right) \quad (3.4)$$

Realizando la misma operación con respecto del punto B, pero esta vez en la con las proyecciones en el plano XZ:

$$\sum M_B = F_1 \cdot \sin(c) \cdot (-L) - F_{m1} \cdot \sin(a) \cdot (L - L_1) - F_{m2} \cdot \sin(b) \cdot (L - L_2) = 0 \quad (3.5)$$

Despejando $F_1 \operatorname{sen}(c)$:

$$F_1 \cdot \operatorname{sen}(c) = F_{m1} \cdot \operatorname{sen}(a) \cdot \left(\frac{L-L_1}{-L} \right) + F_{m2} \cdot \operatorname{sen}(b) \cdot \left(\frac{L-L_2}{-L} \right) \quad (3.6)$$

Aplicando esto mismos pasos, esta vez con respecto al punto A, se deducen las siguientes ecuaciones:

$$F_2 \cdot \cos(d) = F_{m1} \cdot \cos(a) \cdot \left(\frac{L_1}{-L} \right) + F_{m2} \cdot \cos(b) \cdot \left(\frac{L_2}{-L} \right) \quad (3.7)$$

$$F_2 \cdot \operatorname{sen}(d) = F_{m1} \cdot \operatorname{sen}(a) \cdot \left(\frac{L_1}{-L} \right) + F_{m2} \cdot \operatorname{sen}(b) \cdot \left(\frac{L_2}{-L} \right) \quad (3.8)$$

Con las ecuaciones 3.3, 3.5, 3.7 y 3.8 se crea un sistema de cuatro ecuaciones y cuatro incógnitas, ya que, las fuerzas de reacción y su posición son conocidas, las longitudes son datos, las únicas incógnitas que se quedan son las componentes de las fuerzas centrífugas. Resolviendo el sistema lo siguiente es hallar el valor de las masas y su posición:

$$(m_1 \cdot r \cdot \omega^2)^2 = (F_{m1} \cdot \operatorname{sen}(a))^2 + (F_{m1} \cdot \cos(a))^2 \quad (3.9)$$

Despejando m_1 :

$$m_1 = \frac{\sqrt{(F_{m1} \cdot \operatorname{sen}(a))^2 + (F_{m1} \cdot \cos(a))^2}}{r \cdot \omega^2} \quad (3.10)$$

La masa m_2 sera:

$$m_2 = \frac{\sqrt{(F_{m2} \cdot \operatorname{sen}(b))^2 + (F_{m2} \cdot \cos(b))^2}}{r \cdot \omega^2} \quad (3.11)$$

Para hallar el ángulo se utiliza la inversa de la tangente con las componentes de la fuerza centrífuga:

$$a = \tan\left(\frac{F_{m1} \cdot \sin(a)}{F_{m1} \cdot \cos(a)}\right)^{-1} \quad (3.12)$$

$$b = \tan\left(\frac{F_{m2} \cdot \sin(b)}{F_{m2} \cdot \cos(b)}\right)^{-1} \quad (3.15)$$

Estos ángulos habría que extrapolarles al sistema de coordenadas que se ha seleccionado en el problema.

Con estos cálculos, ya estaría resuelto el problema, encontrar la posición de las masas de desequilibrio y su valor.

3.5. ELEMENTOS DAÑADOS Y SUSTICIÓN DE LOS MISMOS

3.5.1. Electrónica

La causa que origino la realización de este proyecto, es que, al intentar realizar un equilibrado, se presentaba un error en pantalla diciendo que una tarjeta electrónica no conseguía realizar la conversión analógica-digital de los elementos de medida. Para realizar los ensayos y suplantar toma de datos, se instalo un PC con una tarjeta de adquisición de datos. Este montaje se describirá más adelante en el capítulo de ensayos.

3.5.2. Fotocélula

Aunque, el anterior, era el principal problema que presentaba la máquina, pronto se comprobó que la fotocélula no tenía un funcionamiento correcto ya que encendía y apaga a su antojo sin causa apreciable. Por ello se decidió sustituir esta por una nueva. El producto seleccionado fue una fotocélula de la marca SICK, modelo SENSICK KT 5-2.

3.5.3. Elementos varios

En la realización de unas pruebas se rompió la correa que hacía girar el rotor. Se ha sustituido por una correa algo más rígida que la original, pero que realiza las mismas funciones.

Otros elementos que se han sustituido son los conectores de los captadores de fuerza debido a que se estropearon en la realización de los ensayos.

3.6. OBTENCIÓN DE DATOS. ELEMENTOS DE MEDIDA

Para la recopilación de las fuerzas y su posición angular, así como la velocidad angular, como ya se ha nombrado antes, se utilizan dos captadores de fuerza y una fotocélula.

Aunque los elementos de medida nos transforman las magnitudes físicas en tensión eléctrica para su posterior análisis, estos no son útiles sin una correcta utilización y posición de trabajo. Por ello, es muy importante, el análisis del utillaje para hacer una buena lectura de los datos obtenidos.

3.6.1. Transductores de fuerza y efecto piezoeléctrico

Las fuerzas de reacción de que utilizan para hallar el desequilibrio, se obtienen de los transductores de fuerza piezoeléctricos ubicados en los montantes.

Los transductores piezoeléctricos se basan en el efecto piezoeléctrico directo. Las superficies de algunos cristales se cargan eléctricamente bajo la acción de sollicitaciones mecánicas. De los numerosos materiales piezoeléctricos, el cuarzo (SiO_2) es el que más conviene a la medida de fuerzas, dada su estabilidad.

Según el plano de corte, se obtienen de este cristal elementos que solo son sensibles a las presiones (efecto longitudinal) o bien a las fuerzas de cizalladura de una dirección determinada.

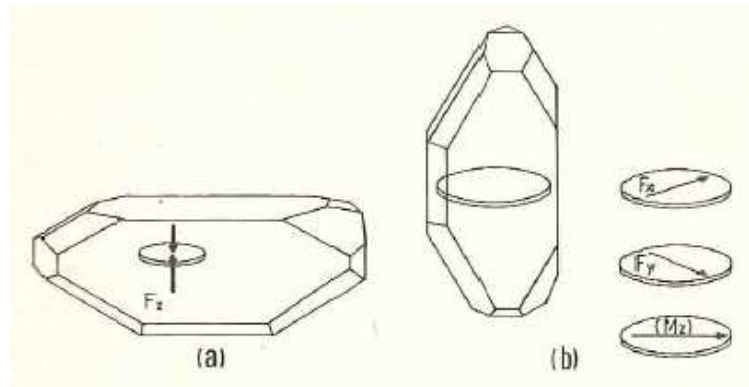


Figura 3.12- (a) Plano de corte para obtener elementos sensibles a fuerzas de compresión. (b) Plano de corte para obtener elementos sensibles a fuerzas de cizalladura.

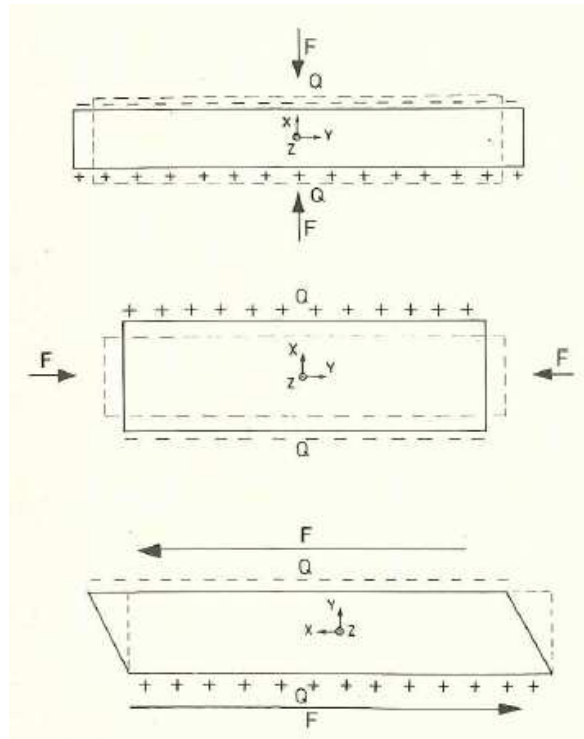


Figura 3.13- (1) Efecto longitudinal; la carga Q es proporcional a la fuerza F e independiente de las dimensiones del cristal; (2) Efecto transversal: La carga Q es proporcional a la fuerza F y a la relación dimensional $Y - X$ del cristal; (3) Efecto de cizalladura: la carga es proporcional a F e independiente de las dimensiones del cristal.

Aprovechando tales propiedades, se construyen dinamómetros capaces de medir fuerzas de empuje, esfuerzos de corte, momentos, etc. Para medir fuerzas de tracción, se procede a la pre-compresión de un cristal de efecto longitudinal, de modo que la tracción actúa como descompresión.

Los transductores de fuerza piezoeléctricos suelen presentarse en forma de arandelas, pues así resultan bastante fáciles de montar. La *Figura 3.14* muestra una *arandela de carga* para la medida de fuerzas de compresión y empuje. Los cristales de cuarzo (Xc) acusan la fuerza a medir a través de los tornillos A y B, y la transforman en carga eléctrica por efecto longitudinal. Otros transductores más complejos utilizan también cristales sensibles a fuerzas de cizalladura.

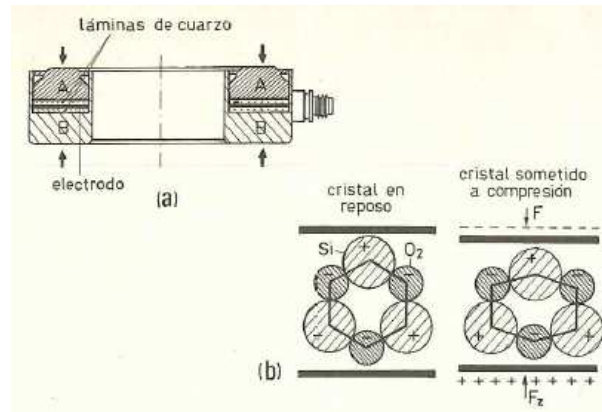


Figura 3.14- (a) Vista en sección de una arandela de carga. (b) Principio del efecto piezoeléctrico longitudinal, simplificado.

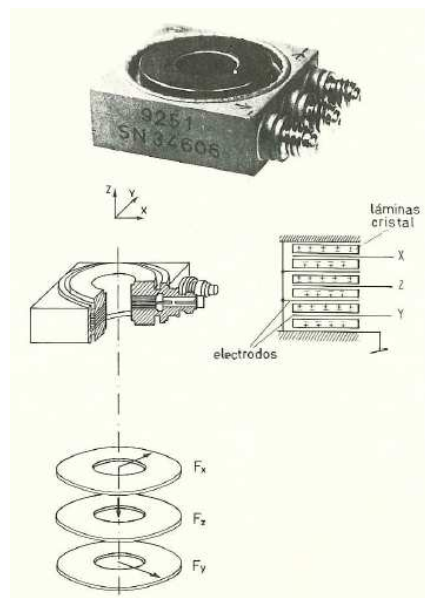


Figura 13.15- Constitución práctica de un dinamómetro para la medida de tres componentes, desarrollado por la firma Kistler para la medida de esfuerzos en máquinas – herramienta.

La calibración de un transductor piezoeléctrico se efectúa aplicando una tensión bien conocida sobre un condensador de precisión, con el transductor desconectado. La puesta a cero se consigue cortocircuitando el condensador C_r (*Figura 42*).

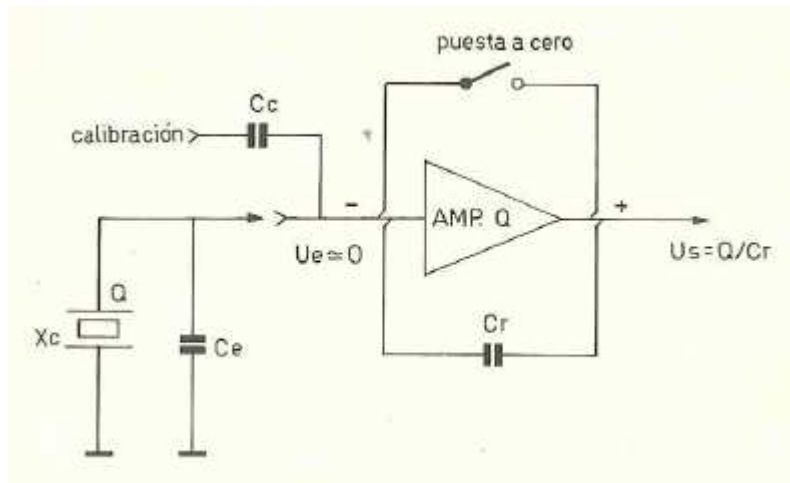


Figura 3.16- Circuito clásico de un amplificador de carga. X_c = cristal de cuarzo, Q = carga electrostática, U_e = tensión de entrada, U_s = tensión de salida, C_r = capacidad de realimentación, C_e = capacidad total de entrada.

Los transductores de fuerza piezoeléctricos son activos, esto quiere decir que no necesitan alimentación externa para funcionar. Si aplica una fuerza en la superficie del cristal cuarzo aparece una carga eléctrica proporcional a esta. Por ello los dinamómetros piezoeléctricos constituyen sistemas muy rígidos, de frecuencia propia muy elevada, y con deformaciones a plena carga de algunas milésimas de milímetro. Gracias a estas propiedades estos transductores son ideales para la medida de procesos transitorios, ya que para medida de procesos estáticos nos son muy utilizados debido a que acusan pérdidas derivadas a los pocos minutos.

En resumen, se poseen dos transductores piezoeléctricos que al aplicarles una fuerza, inducen una carga eléctrica proporcional a esta. Analizando esta tensión se puede hallar la magnitud de la fuerza en los apoyos del eje, para así resolver el problema del equilibrado.

Los captadores instalados en la máquina, están montados en una carcasa para conseguir que estos midan en una única dirección y no se induzcan ningún esfuerzo que no sea el de tracción o compresión. Dentro de esta carcasa se encuentra el cristal piezoeléctrico.

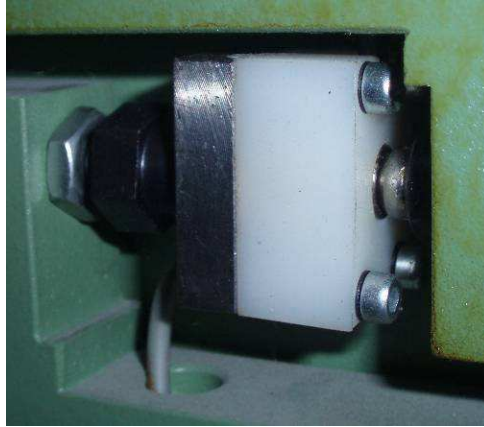


Figura 3.17- Transductor de fuerza es su posición de montaje

Al girar el eje, el captador presentara un voltaje proporcional a la componente horizontal de la fuerza de reacción. Se representamos este voltaje frente al tiempo se crea una grafica senoidal como se muestra en la siguiente figura.

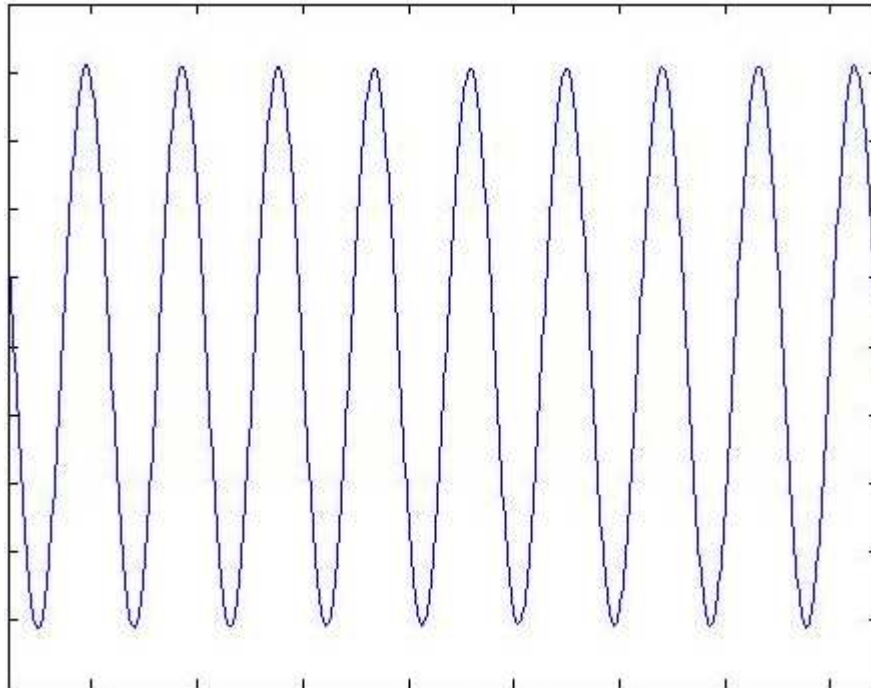


Figura 3.18- Representación gráfica de señal de un captador.

3.6.2. Pedestales o montantes

Estos son los útiles donde se localizan los captadores. Tienen una gran rigidez, solo unas pocas milésimas de milímetro, ya que para el correcto uso de los dinamómetros se

precisa que estos estén sujetos, muy rígidamente con contacto directo con el útil y que no haya grandes desplazamientos.

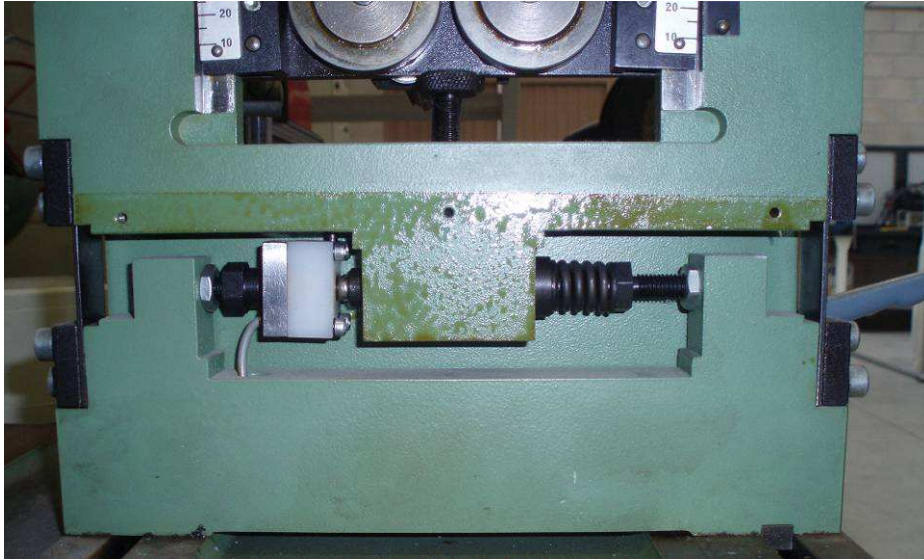


Figura 3.19- Pedestal o montante. Zona captador.

La dirección de medida es horizontal. Es decir los captadores de fuerza solo detectan el esfuerzo en la dirección horizontal de eje. Para que esto ocurra el contacto del transductor se realiza mediante dos bolas, consiguiendo así que no se transmitan esfuerzos de flexión.

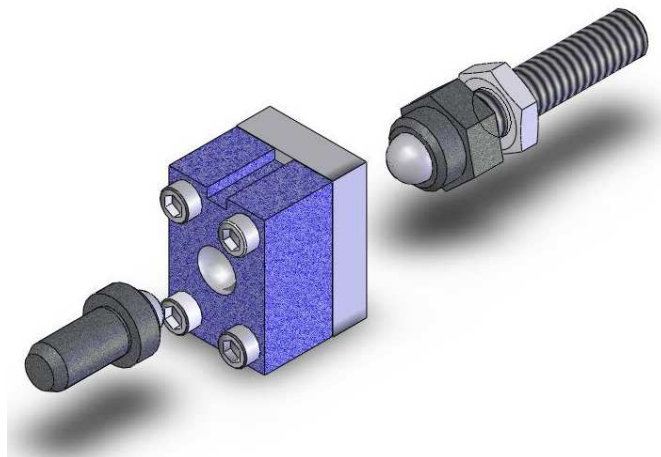


Figura 3.20- Captador y elementos de transmisión de esfuerzos

El sistema que presenta el pedestal, consta de una masa suspendida unida lateralmente a la base mediante unas pletinas. En esta masa suspendida se aloja el apoyo de eje a equilibrar.

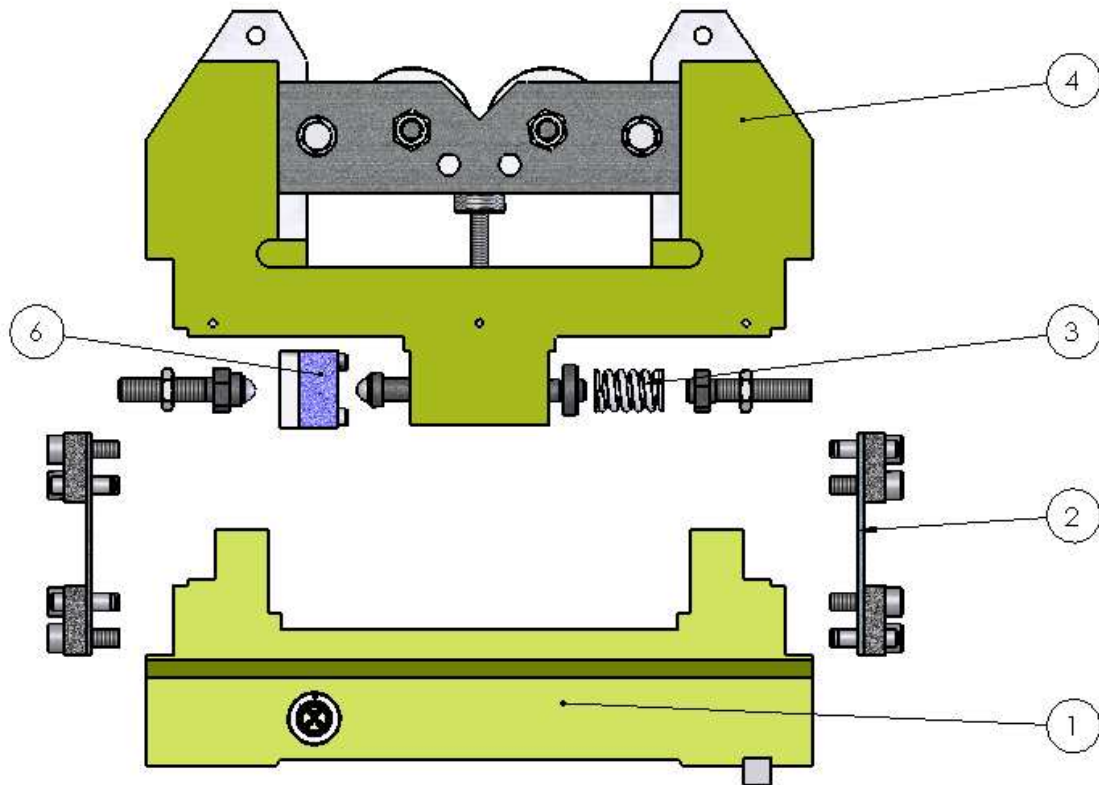


Figura 3.21- Sistema del pedestal: 1. Base 2. Masa suspendida. 3. Pletina. 4. Muelle. 5. Captador.

Para conseguir un sistema muy rígido en la zona del captador, este se une con la base y la masa suspendida mediante unos tornillos que se pueden regular para asegurar esta rigidez, además, de conseguir un contacto perfecto. En el lado opuesto se aloja un muelle, también con tornillos regulables.

Con este montaje se consigue una rigidez muy alta, consiguiendo que el voltaje que presente el captador en un determinado momento sea proporcional a la fuerza y no haya que considerar fenómenos de desplazamiento, en el útil, para realizar una interpretación de los datos adquiridos.

Al girar el eje desequilibrado, este induce una fuerza proporcional a las componentes horizontales de las fuerzas centrifugas, en los rodillos del pedestal.

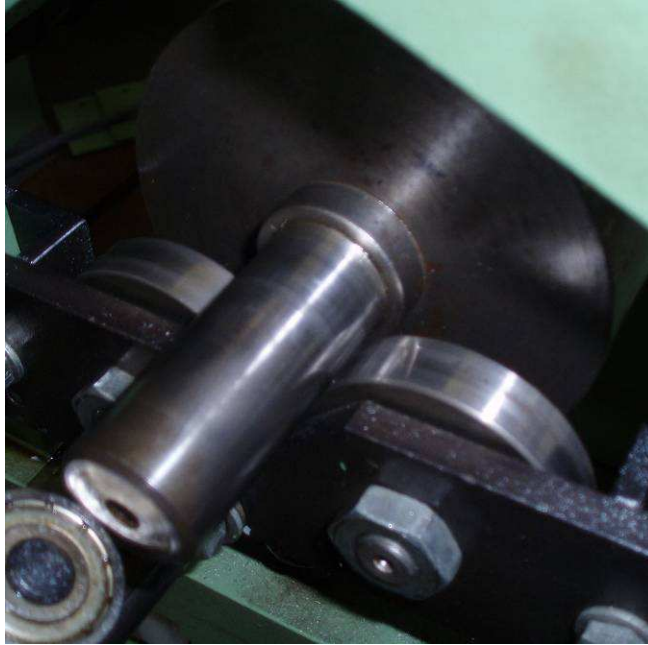


Figura 3.22- Montaje del eje en los rodillos del pedestal.

Este esfuerzo se transmite al captador, a través del sistema, que gracias a su disposición solo detecta esfuerzos horizontales, suficientes para un correcto análisis del problema. Aunque se varié la altura de los rodillos de apoyo la fuerza será la misma, ya no se trasladan solicitaciones de momentos al captador, debido a la unión de este con el útil, descritos anteriormente.

3.6.3. Fotocélula

La fotocélula se utiliza para determinar la velocidad angular y la posición angular de las reacciones en los apoyos. Como se ha comentado antes se trata de una fotocélula de contraste. SICK, modelo SENSICK KT 5-2.

El procedimiento de utilización es detectar el paso de una marca en el rotor y contar el tiempo hasta la siguiente detección. Con esto ya se puede hallar la velocidad de giro.

Para hallar el la posición angular de la fuerzas de reacción se detecta el paso de la marca y se mide hasta los picos de las fuerzas de reacción. Como se tiene la duración de un ciclo, ya se puede obtener la posición angular de estos picos.

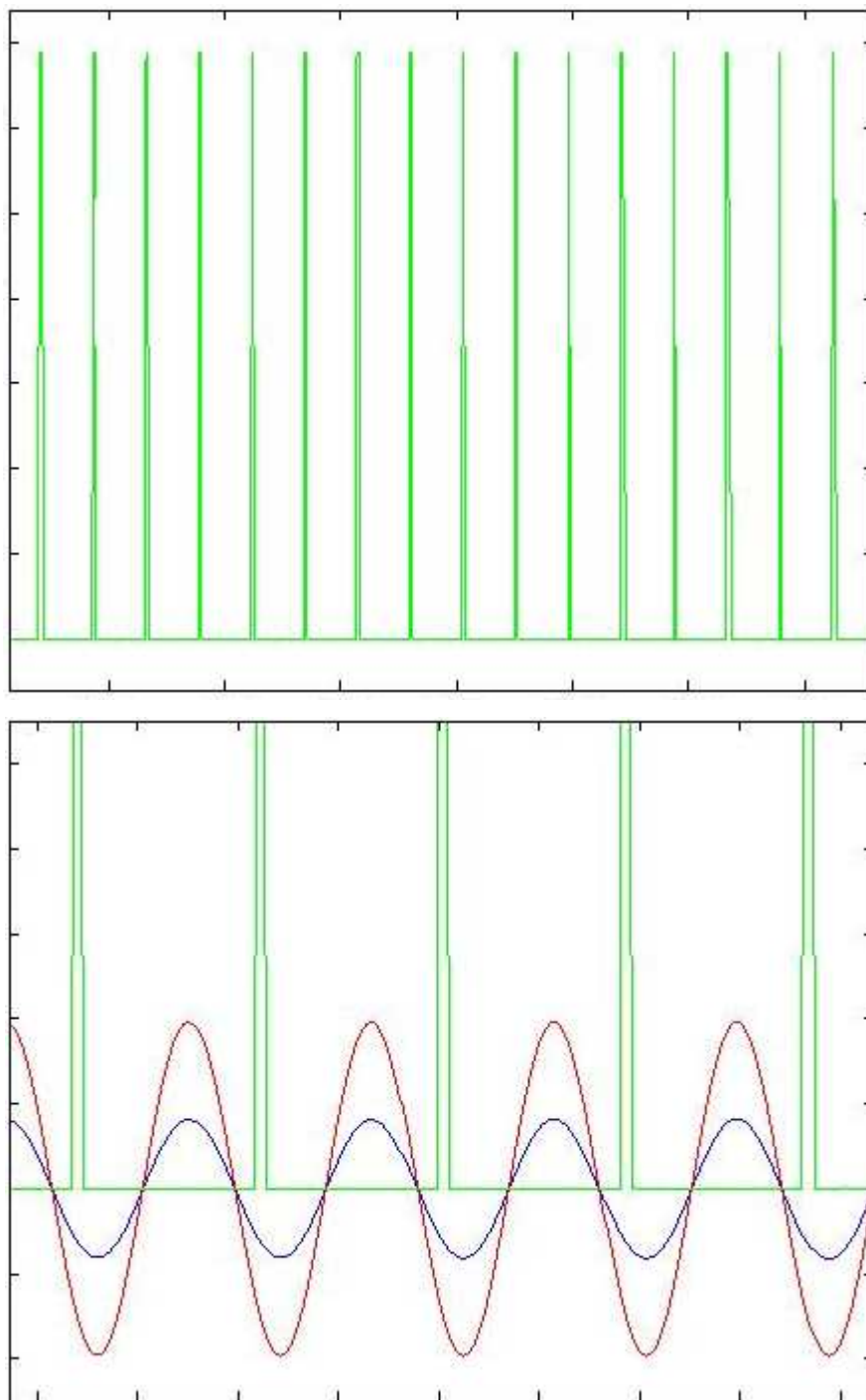


Figura 3.23- Gráficas de señal de fotocélula y captadores con señal de la fotocélula.

4. CARACTERIZACIÓN DE LA MÁQUINA

En este apartado se va describir la metodología para la comprensión del funcionamiento de los elementos de medida, es decir, ver qué respuesta tienen a las acciones físicas. Como no había definido un método claro para la obtención de los datos, los ensayos han transcurrido por varias fases. El mayor obstáculo que se presentaba, era la carencia de información de componentes de medida.

4.1. MEDIDAS DEL UTIL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Para una mejor comprensión de los pedestales se procedió a desmontarlos. Con esto se obtuvo el valor de la masa de los componentes, la constante de rigidez de los muelles y de las pletinas vibratoras. Aunque estos datos no se han utilizado para la realización de ensayos, ni para la comprensión de los datos, se exponen para un posible uso futuro.

El valor de la masa de suspendida del pedestal es de 4,836 Kg. En la imagen 4.1 se puede observar los elementos que la componen, más dos chapas protectoras.

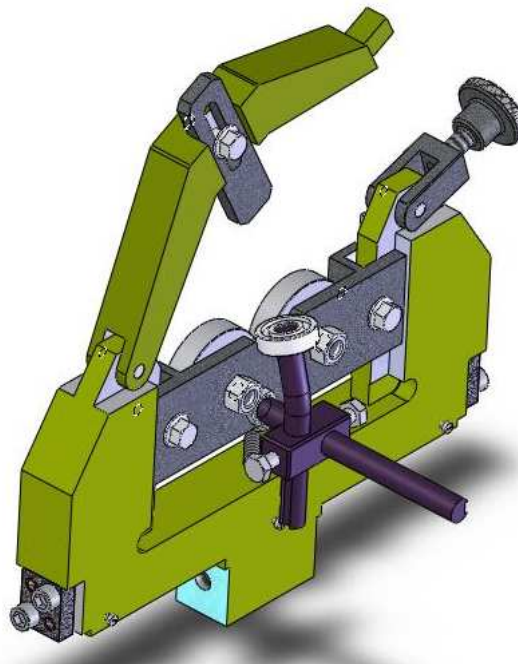


Figura 4.1- Masa suspendida.

La constante del muelle se halló con una prensa. Se le aplicó una presión de 30N/mm^2 en una superficie de 19.63mm^2 . En reposo el muelle tenía una cota de $24,4\text{mm}$ y comprimido su medida era de $19,7\text{mm}$, por tanto se tiene,

$$F = k \cdot \Delta l = P \cdot A \quad (4.1)$$

$$k = \frac{F}{\Delta l} \quad (4.2)$$

La presión y el área tienen un valor de,

$$P = 30\text{N/mm}^2 ; \quad A = 19,63\text{mm}^2 ;$$

Por tanto,

$$F = P \cdot A = 30 \cdot 19,63 = 589\text{N}; \quad \Delta l = 24,4 - 19,7 = 4,7\text{mm};$$

Dando un valor de k ,

$$k = \frac{589}{4,7} = 125,32\text{N/mm}$$

Este es el desarrollo para la obtención de la constante del muelle.



Figura 4.2- Muelle.

También se ha obtenido la constante de rigidez de las pletinas que unen la masa suspendida con la base de los pedestales o montantes. Se supone un elemento biempotrado, con un único grado de libertad en dirección horizontal.

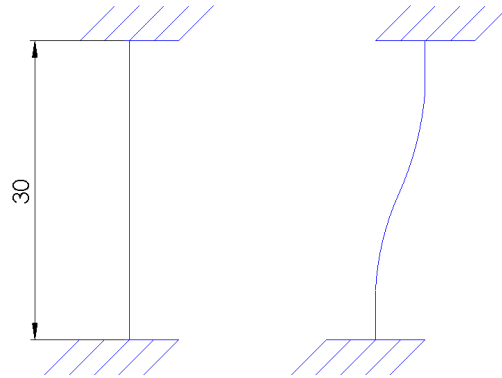


Figura 4.3- Viga biempotrada y su deformada si se aplica un desplazamiento unitario en dirección horizontal manteniendo todos sus demás grados libertad inmóviles.



Figura 4.4- Pletina vibradora.

La longitud libre de pletina es 30mm, y tiene una sección de 20x2mm. Si se aplica un desplazamiento unitario en la dirección del captador de vibraciones, se tiene que la rigidez es,

$$k = \frac{12 \cdot E \cdot I_x}{L^3} \quad (4.3)$$

Donde,

$$I_x = \frac{a \cdot b^3}{12} \quad (4.4)$$

$$a = 20\text{mm}; b = 2\text{mm};$$

$$I_x = \frac{20 \cdot 2^3}{12} = 13,3\text{mm}^4$$

Resolviendo la ecuación 4.3,

$$E = 210000 \text{ N} / \text{mm}^2; L = 30\text{mm};$$

$$k = \frac{12 \cdot 210000 \cdot 13.3}{30^3} = 1244,1 \text{ N} / \text{mm}$$

Esta es la rigidez de la pletina con esa disposición de trabajo, 1244,1N/mm.

También se realizó unos ensayos para ver el desplazamiento que presentaban los pedestales, en la dirección del captador de fuerza. Aplicando una fuerza de 20N el desplazamiento fue alrededor de 2μm. Con este resultado se comprobó la gran rigidez de los pedestales.

Todos estos ensayos se realizaron pensando que los desplazamientos, al realizar un equilibrado, sería un dato importante a tener en cuenta en los cálculos. Esta suposición cayó por su propio peso, ya que precisamente la base del funcionamiento de los pedestales rígidos es que los desplazamientos sean del orden de la milésima de milímetro, suficiente para que los transductores de fuerza realicen su función correctamente.

4.2. REALIZACIÓN DE ENSAYOS

4.2.1. Equipos de medida

Los equipos de medida utilizados en la realización de ensayos son un osciloscopio marca PROTEK modelo 6502.

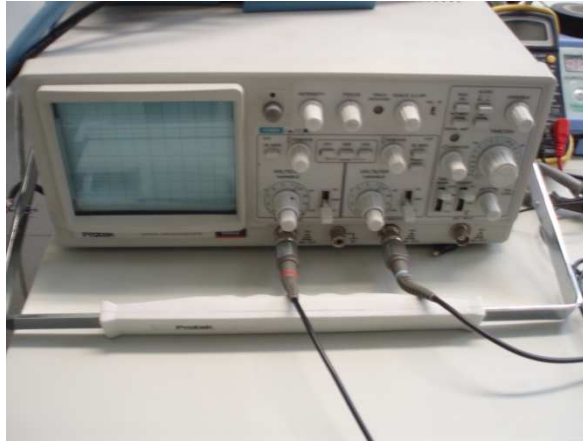


Figura 4.5- Osciloscopio PROTEK 6502.

Para la obtención de la velocidad angular se ha utilizado un tacómetro marca LUTRON modelo DT-2238,



Figura 4.6- Tacómetro LUTRON DT-2238.

Para la recopilación de datos se ha utilizado un PC y una tarjeta de adquisición de datos ADLINK PCI-9111 HR.



Figura 4.7- Tarjeta de adquisición de datos ADLINK PCI-9111 HR.

Esta tarjeta tiene la posibilidad de adquirir hasta 16 canales con una velocidad máxima 100.000 datos por segundo.

4.2.2. Utilización de la tarjeta de adquisición de datos y MATLAB

Para utilización de la tarjeta de adquisición de datos se ha contado con un PC, que tiene instalado el sistema operativo Ubuntu.

La tarjeta instalada en este ordenador se ejecuta de la siguiente manera,

```
cd /home/cnc/pci-dask_426/drivers/  
sudo ./dask_inst.pl  
cd /home/cnc/ADLINK-PCI-9111-HR/pci-dask_419/samples/9111/9111file/  
9111file 2 10240 1024 /home/cnc/Escritorio/data.txt
```

Las tres primeras líneas de comandos son para inicializar la tarjeta. Lo más importante es el último comando. En esta última línea de comando se programa el número de canales que se desea adquirir. Hay que tener en cuenta que los canales se empiezan a numerar en 0, y por tanto en el ejemplo, serán tres canales los analizados.

También hay que indicar el número de datos que se quiere recoger y la frecuencia de muestreo. Para seleccionar el número de datos hay que tener en cuenta que debe ser múltiplo de 1024 y del número de canales. Por último hay que indicar la ubicación y nombre del archivo de datos a memorizar.

La manera de actuar de la tarjeta es ir recogiendo datos de forma cíclica. Empieza recogiendo un dato del primer canal y el siguiente dato será del siguiente a canal así hasta el último canal. Cuando termina de coger un dato de todos los canales vuelve a recoger un dato del primer canal y se repite el ciclo hasta que se recogen tantos datos como se han programado. Estos datos se van introduciendo en un archivo de texto, formando una matriz con filas igual al número de canales, donde cada fila será un canal determinado y las columnas serán el número de datos por canal.

Para el análisis de estos datos se ha utilizado el software MATLAB. Se irá mostrando su utilización a lo largo del proyecto.

4.3. CAPTADORES DE FUERZA

La teoría dice que un captador de fuerza piezoeléctrico responde a una sollicitación induciendo un potencial eléctrico (voltaje) proporcional a la fuerza aplicada. Por tanto la misión de estos ensayos fue aplicar una fuerza de valor conocida y hallar el valor de la señal. Así se puede encontrar la constante de proporcionalidad.

Lo primero que se hizo fue conectar el osciloscopio a uno de los captadores y ver qué respuesta tenía. Se puso en el eje patrón unas masas, para que hubiera sollicitaciones en los pedestales, y se le hizo girar a una velocidad constante. Después de varios ajustes en osciloscopio se consiguió ver en pantalla una onda senoidal muy distorsionada, como se puede observar en la figura 4.8.

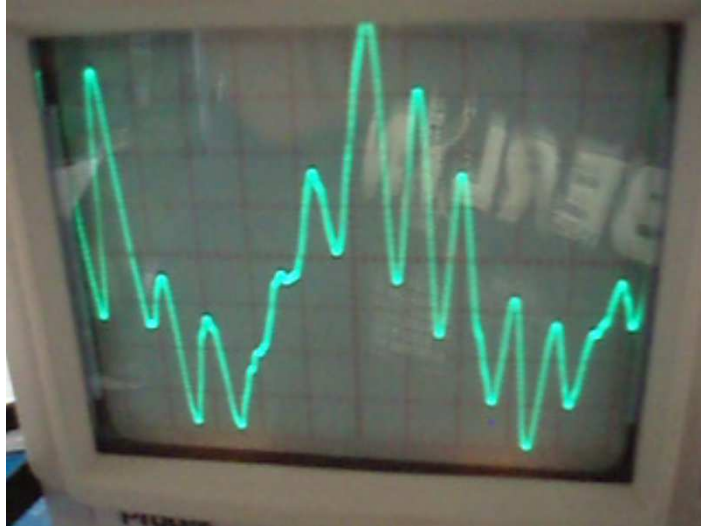


Figura 4.8- Respuesta de los transductores en el osciloscopio.

Es el comportamiento esperado. Siendo esto útil para saber que los transductores funcionaban y respondían a una solicitud, no es relevante a la hora de determinar las constantes de estos. Además, por la forma de la onda, es necesario filtrar la señal con el fin de recoger únicamente los datos con una frecuencia igual a la frecuencia de giro del eje, que será la frecuencia que presente la onda generada por las solicitudes debidas a las masas desequilibradas.

Para realizar un estudio más exhaustivo se decidió conectar los transductores de fuerza a la tarjeta de adquisición de datos. Al graficar estos datos, se obtenían graficas como en la figura 4.9.

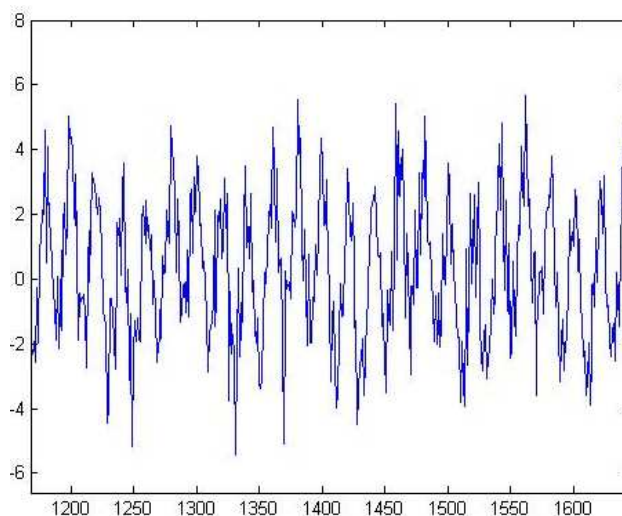


Figura 4.9- Señal de captador de fuerza.

Como se puede apreciar, en esta grafica no se puede sacar ningún dato de valor para la obtención de las constantes de los captadores. Es necesario realizar un filtrado de la señal.

4.3.1. Filtrado de la señal

El filtrado de la señal sea realizado con el software MATLAB. Con la herramienta FDATool (Filter Desing & Analysis Tool) se diseño un filtro pasa-banda, tipo Butterworth. Este filtro era de orden 10 y la frecuencias de corte eran la frecuencia de giro del rotor dividida y multiplica por 1,1 respectivamente. El filtro diseñado tiene el siguiente código fuente.

```
function Hd = Filtro
%FILTRO Returns a discrete-time filter object.

%
% M-File generated by MATLAB(R) 7.6 and the Signal Processing Toolbox
6.9.
%
% Generated on: 25-Nov-2009 12:57:26
%

% Butterworth Bandpass filter designed using the BUTTER function.

% All frequency values are in Hz.
Fs = 2000; % Sampling Frequency

N = 10; % Order
Fc1 = 11; % First Cutoff Frequency
Fc2 = 13.5; % Second Cutoff Frequency

% Calculate the zpk values using the BUTTER function.
[z,p,k] = butter(N/2, [Fc1 Fc2]/(Fs/2));

% To avoid round-off errors, do not use the transfer function.
Instead
% get the zpk representation and convert it to second-order sections.
[sos_var,g] = zp2sos(z, p, k);
Hd = dfilt.df2sos(sos_var, g);

% [EOF]
```

Con este tratamiento de señal se consiguió eliminar las frecuencias que no interesaban y se consiguió graficar los datos necesarios para su posterior procesamiento. Como se puede observar en la siguiente figura los cambios son evidentes.

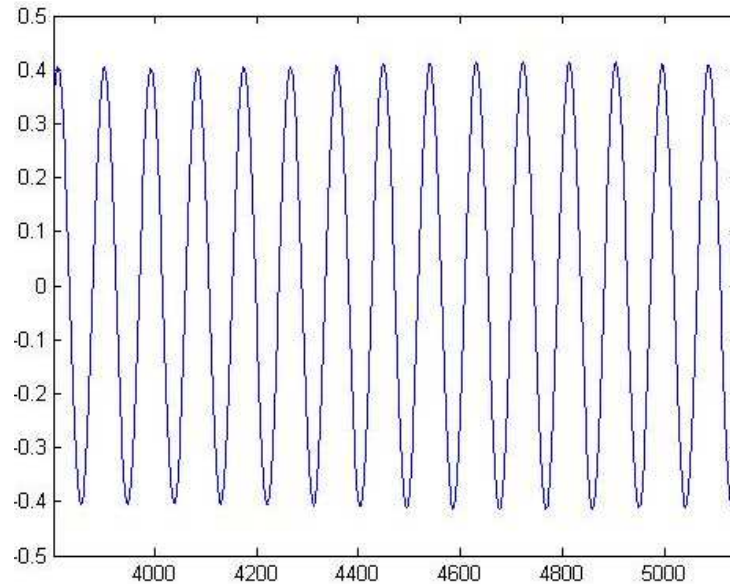


Figura 4.10- Señal del transductor filtrada.

Aunque con este filtro se consigue ver la onda con una definición muy buena, se comprobó que se podía mejorar el filtrado, ya que al superar un orden determinado se desvirtuaban los resultados. Por ello, después de muchas pruebas con el generador de filtros de MATLAB, se creó un filtro Chebyshev Tipo II, con el que se consigue un filtrado más fino.

```
function Hd = Chevi2
%CHEVI2 Returns a discrete-time filter object.

%
% M-File generated by MATLAB(R) 7.5 and the Signal Processing Toolbox
6.8.
%
% Generated on: 24-Nov-2009 17:42:07
%

% Chebyshev Type II Bandpass filter designed using the CHEBY2
function.

% All frequency values are in Hz.
Fs = 1000; % Sampling Frequency

N      = 20; % Order
Fstop1 = 9; % First Stopband Frequency
Fstop2 = 15.5; % Second Stopband Frequency
```

```
Astop = 80;      % Stopband Attenuation (dB)

% Calculate the zpk values using the CHEBY2 function.
[z,p,k] = cheby2(N/2, Astop, [Fstop1 Fstop2]/(Fs/2));

% To avoid round-off errors, do not use the transfer function.
Instead
% get the zpk representation and convert it to second-order sections.
[sos_var,g] = zp2sos(z, p, k);
Hd          = dfilt.df2sos(sos_var, g);

% [EOF]
```

Estos filtros se han seleccionado mediante la observación y por tanto no se va entrar en el análisis de su funcionamiento.

4.3.2. Método de ensayo

Para la obtención de la respuesta de los transductores de fuerza se han realizado una serie de ensayos con diferentes masas en una posición conocida. De este modo se puede calcular de forma teórica la fuerza en los apoyos y relacionarla con el voltaje que presentan los captadores piezoeléctricos.



Figura 4.11- Disposición de los tornillos para los ensayos.

Con un eje patrón, debidamente equilibrado, se posicionaron cuatro tornillos de igual masas y tamaño, colocados dos a dos, consiguiendo que con esta disposición que el eje patrón no presente desequilibrio.

En un tornillo de cada plano se han dispuesto masas de valor conocido (tuercas) y se ha ido realizando ensayos con diferente posición de las masas, es decir, se ha variado el radio. Al varia el radio se consigue que la fuerza centrífuga varíe aplicando diferentes esfuerzos a los transductores, que presentarán diferentes voltajes, y con ello, realizar una tabla voltaje frente a fuerza.

Para facilitar el cálculo, se han posicionado las masas en la misma posición angular, consiguiendo así, un problema estático de fuerzas plano.

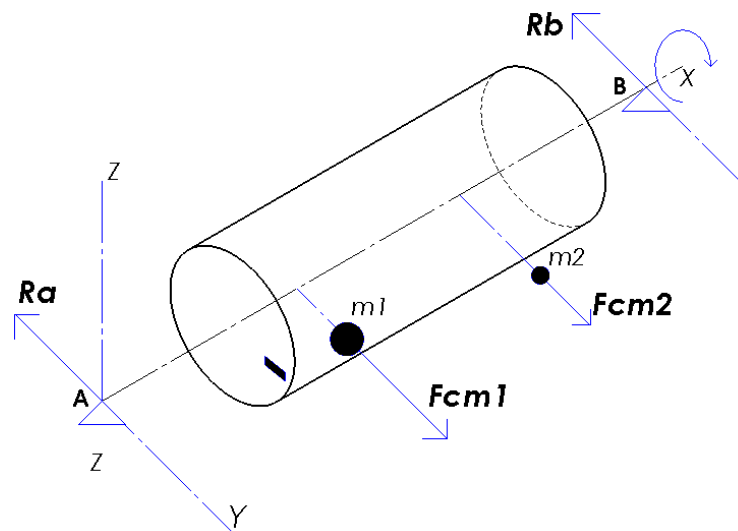


Figura 4-12. Problema estático de fuerzas.

Midiendo la velocidad angular, se calcula la fuerza centrífuga que ejercen las masas. Con estas fuerzas se calcula la fuerza presente en los apoyos. Como las fuerzas centrífugas están en la mismo plano, al pasas por la por la dirección horizontal de los captadores, estos presentaran el máximo voltaje. Así este voltaje máximo será proporcional a la reacción en los apoyos.

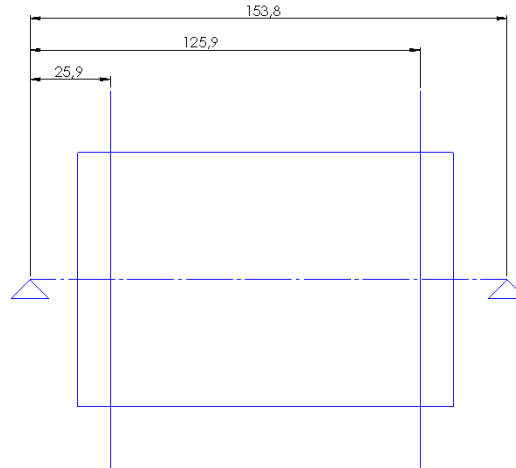


Figura 4.13- Disposición de eje para la realización de ensayos.

Los tornillos se han instalado en un rotor de 41mm de radio, y la posición con respecto del pedestal izquierdo, son 25,9 y 125,9mm respectivamente. La distancia entre los apoyos (Pedestales) es de 158,8mm.

La obtención del valor del voltaje de cada transductor se ha realizado con MATLAB. Se ha hecho girar al eje con una velocidad determinada. Con la velocidad angular, se conoce la frecuencia giro, siendo este un dato necesario para el filtrado de la señal. Una vez procesada la señal, se hallando el valor de pico de la onda resultante.

El programa desarrollado busca los máximos de la onda y cada vez que encuentra un máximo lo almacena en una tabla. Una vez terminado el análisis se realiza la media de la tabla para hallar una aproximación del voltaje.

Las siguientes líneas muestran el código utilizado para halla el valor de pico de la onda,

```

tabla1=0;
tabla2=0;
cont1=1;
cont2=1;
capizq1=capizq; %Señal filtrada de pedestal izquierdo.
capdrch1=capdrch; %Señal filtrada de pedestal derecho.
for i=2:fmatrix-1
    if (capizq1(i)> capizq1(i-1)) & (capizq1(i)> capizq1(i+1))
        tabla1(cont1)=capizq1(i);
        cont1=cont1+1;
    end
end
for i=2:fmatrix-1

```

```

    if (capdrch1(i) > capdrch1(i-1)) & (capdrch1(i) > capdrch1(i+1))
        tabla2(cont2)=capdrch1(i);
        cont2=cont2+1;
    end
end
mediacapizq=mean(tabla1); %Media del voltaje en izquierda.
mediacapdrch=mean(tabla2); %Media del voltaje en izquierda.

```

4.4. FOTOCÉLULA

Como ya se ha comentado antes, la fotocélula original se sustituyó por una nueva. Esto facilitó mucho la comprensión de su funcionamiento ya que se tenía las especificaciones del fabricante. Como necesitaba una alimentación para su funcionamiento, se instaló una fuente de alimentación de 24V.



Figura 4.13- Fotocélula SICK, modelo SENSICK KT 5-2.

Una vez realizado todo el montaje, se reguló para que detectara una marca de color claro. Gracias a su display, que hace iluminar una luz cuando está detectando el contraste deseado, se configuró muy rápidamente. Y empezó a ensayar para averiguar su utilización.

Pronto se comprobó el correcto funcionamiento de esta. Al paso de la marca se presentaba un pulso y cuando no pasaba por la marca no presentaba voltaje. Pero había un problema. Cuando se analizaban los datos recogidos mediante la tarjeta de adquisición de datos, se observaba perfectamente el pulso de la fotocélula pero se estaba desvirtuando la señal de los captadores. El problema era que la señal de salida de la fotocélula era igual a la tensión de alimentación. La tarjeta de adquisición de datos admite $\pm 10V$, como se estaba introduciendo 24V el funcionamiento no era correcto.

Por ello se decidió poner en la salida de la fotocélula de un divisor de tensión con la función de reducir la tensión a unos 5V. Una vez realizado se comprobó que el funcionamiento era correcto en todos los elementos, fotocélula, captadores de fuerza y tarjeta de adquisición.

Para utilización de la fotocélula se ha realizado un programa que calcula la velocidad angular del eje.

```

contador=1;
ndatos=0;
w=0;    %Esta variable se usa para despreciar los datos hasta el
primer pico
y=0;
    for i=2:filasmatriz
        if (fotoceula(i)>3) & (fotoceula(i-1)<1)
            y=i;
            if w==1
                ndatos=y-n;
                frec(contador)=ndatos;
                contador=contador+1;
            end
            n=y;
            w=1;
        end
    end
p=mean(frec);%Numero de datos por ciclo
rpm=60/(p/numerodatos);
frecuencia=rpm/60;

```

El programa utiliza la frecuencia de muestro para calcular la frecuencia de giro del rotor. Se analiza el canal de la fotocélula. Si se localiza un pulso de la fotocélula, el programa empieza a contar el número de datos que hay hasta el siguiente pulso. Estos números de datos por ciclo se van introduciendo en una tabla. Una vez terminado el análisis, se hace una media de la tabla para saber el promedio de datos recogidos por ciclo del eje. Como se sabe la frecuencia de toma de datos, se conoce también cuanto tiempo transcurre entre la adquisición de un dato y el siguiente. Por tanto si se conoce el número de datos por cada vuelta del rotor, se puede calcular directamente la frecuencia, revoluciones por minuto y velocidad angular.

Después de realizar unos ensayos se verifico que el programa funcionaba a la perfección y que la velocidad angular que calculaba era idéntica a la medida con el tacómetro.

5. ANALISIS DE RESULTADOS

Se va a exponer los resultados de los ensayos realizados con en los transductores de fuerza. Para la fotocélula no se va a realizar ningún análisis ya que en la realización de ensayos se utilizo para medir la velocidad angular, con un funcionamiento muy satisfactorio.

5.1. CONSTANTES DE LOS TRANDUCTORES DE FUERZA

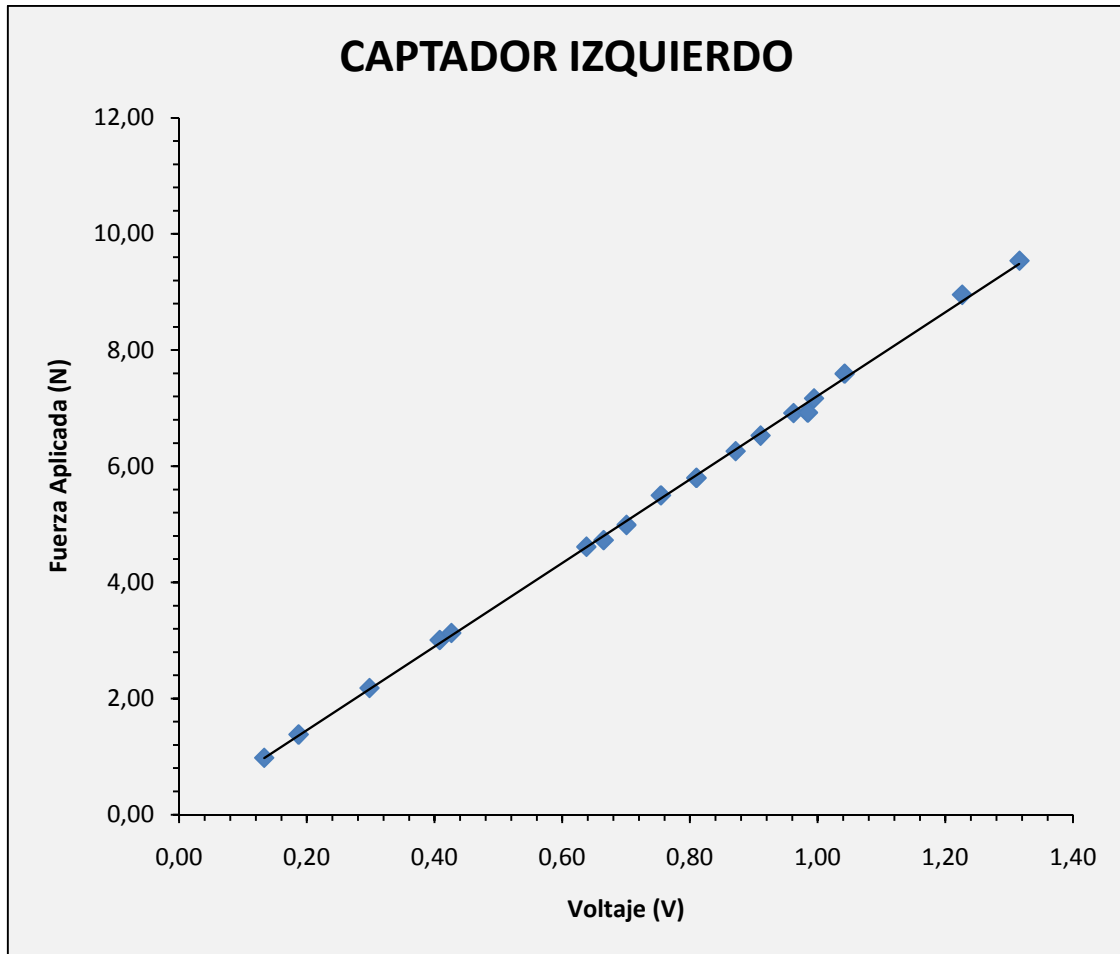
Como se ha explicado en la realización de ensayos, se ha ido aplicando diferentes esfuerzos a los captadores piezoeléctricos y se ha recogido el voltaje que presentaban.

El rango de fuerza ha sido entre 1 y 10N, con lo que se han construido las siguientes tablas,

| CAPTADOR IZQUIERDO | |
|--------------------|------------|
| Voltaje (V) | Fuerza (N) |
| 0,13 | 0,98 |
| 0,19 | 1,38 |
| 0,30 | 2,18 |
| 0,41 | 3,01 |
| 0,43 | 3,13 |
| 0,64 | 4,61 |
| 0,66 | 4,73 |
| 0,70 | 4,99 |
| 0,75 | 5,50 |
| 0,81 | 5,80 |
| 0,87 | 6,26 |
| 0,91 | 6,53 |
| 0,96 | 6,92 |
| 0,98 | 6,92 |
| 0,99 | 7,17 |
| 1,04 | 7,60 |
| 1,23 | 8,95 |
| 1,32 | 9,54 |

Tabla 5.1- Voltaje frente fuerza en el captador izquierdo.

Graficando los resultados, se forma la siguiente figura,



Grafica 5.1- Voltaje frente a fuerza en captador izquierdo.

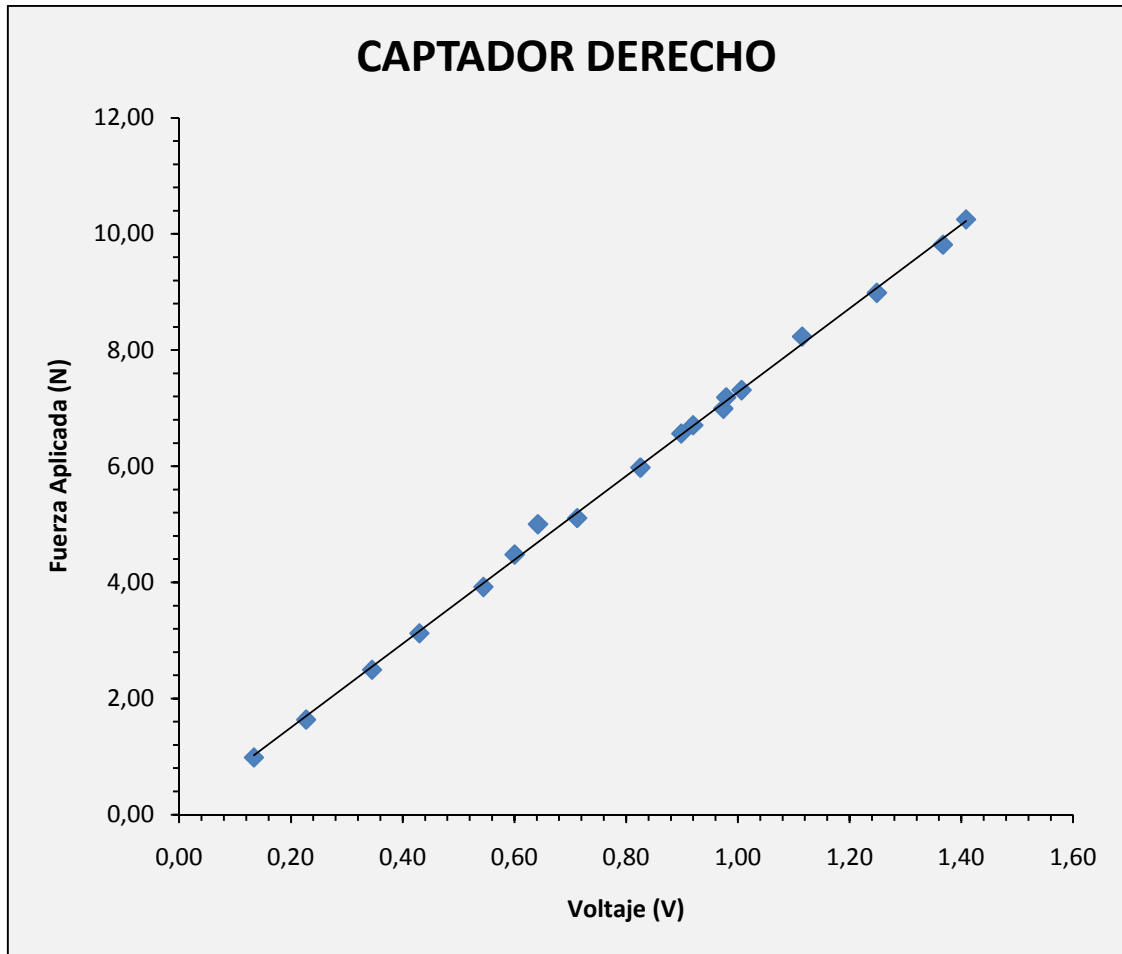
Salvando la distancia de precisión en la realización de los ensayos, observando los resultados, se puede decir que el voltaje que genera el captador es proporcional a la fuerza aplicada. Si se divide fuerza entre voltaje se obtiene la constante de proporcionalidad. Para el captador izquierdo resulta aproximadamente una constante de **7,25**.

Ahora se expone los resultados para el captador derecho,

| CAPTADOR DERECHO | |
|------------------|-----------|
| Voltaje (V) | Fuerza(N) |
| 0,13 | 0,99 |
| 0,23 | 1,64 |
| 0,35 | 2,50 |
| 0,43 | 3,13 |
| 0,54 | 3,92 |
| 0,60 | 4,48 |
| 0,64 | 5,00 |
| 0,71 | 5,11 |
| 0,83 | 5,98 |
| 0,90 | 6,56 |
| 0,92 | 6,71 |
| 0,97 | 6,99 |
| 0,98 | 7,19 |
| 1,01 | 7,31 |
| 1,12 | 8,23 |
| 1,25 | 8,99 |
| 1,37 | 9,81 |
| 1,41 | 10,25 |

Tabla 5.2- Voltaje frente fuerza en el captador derecho.

La grafica resultante es,



Gráfica 5.2- Voltaje frente a fuerza en captador derecho.

Como en el captador izquierdo, en el derecho, también es apreciable la proporcionalidad entre la fuerza y el voltaje. En este caso la constante de proporcionalidad queda **7,31** aproximadamente.

Para hallar las constante se ha dividido la fuerza entre el voltaje de cada par de datos. Estos resultados se han promediado dando las constantes expuestas. Para el captador izquierdo se obtiene una constate de proporcionalidad de 7,25, y para el transductor derecho el resultado es 7,31.

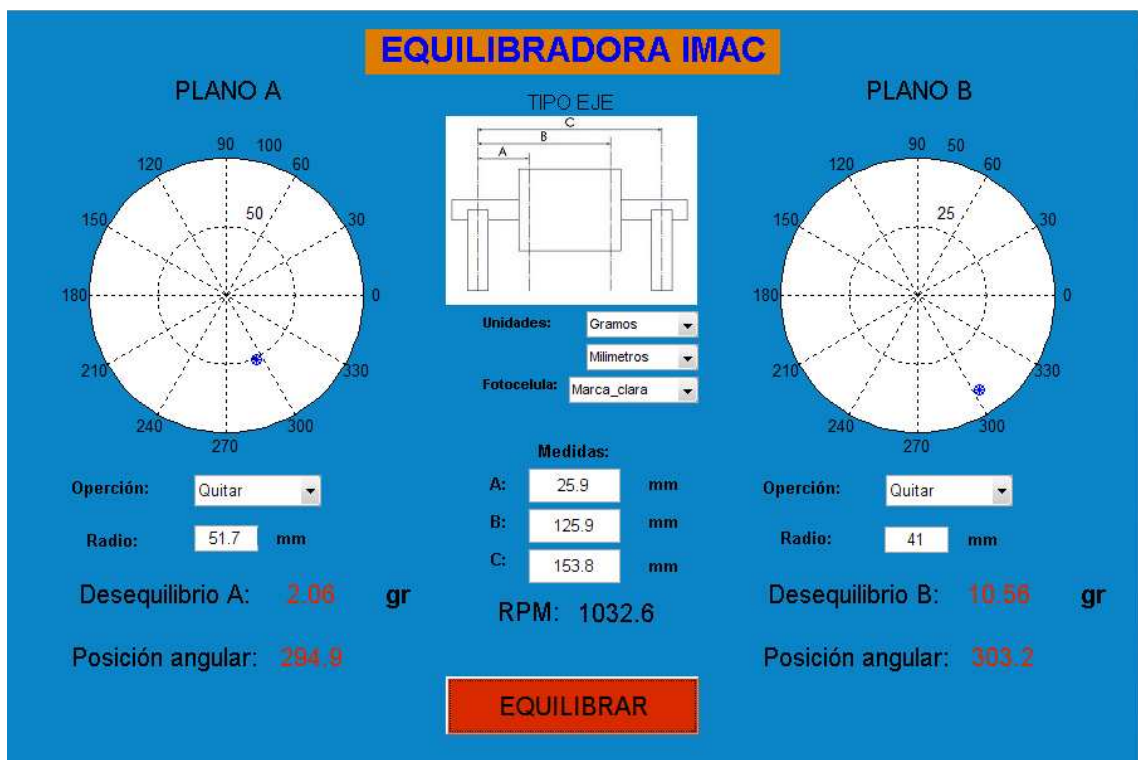
Estas constantes serán utilizadas para saber que reacciones hay en los captadores a la hora de realizar el cálculo de las masas desequilibradoras.

6. PROGRAMA EQUILBRADORA

Para la utilización la equilibradora y realizar operaciones de balanceo se creado un programa con MATLAB. Este programa tiene implementadas prácticamente todas las opciones que tenía la máquina original.

6.1. INTERFAZ DE USUARIO

Además del cálculo, se ha programado una interfaz grafica que hace un uso más sencillo de la equilibradora.



Este programa presenta en pantalla los resultados del equilibrado de un rotor. Además, se puede observar la posición de este en dos graficas polares, una para cada plano.

Las características y opciones que presenta el programa son:

- Se pueden equilibrar seis tipos de eje. Pinchando encima de la representación del eje, ira alternando la imagen hasta llegar al deseado.
- Las medidas de longitud se pueden introducir en milímetros o en pulgadas. Así mismo el valor del desequilibrio se puede presentar en gramos u onzas.
- Según el tipo de marca para la detección de la fotocélula que se presente hay que indicar si es una marca clara u oscura.
- La operación que se desea realizar en cada plano también es programable. Si se quiere eliminar material la posición angular del desequilibrio se presentara con el valor real del ángulo respecto de la marca, sino se mostrará el complementario de este.
- Además de presentar el valor de desequilibrio y su masa en cada plano, también se muestra la velocidad angular, en revoluciones por minuto, con la que se ha realizado el balanceado.

6.2. FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA EQUILBRADORA

Debajo del interfaz grafico creado hay un código fuente que se va explicar a continuación. Se va prescindir de exponer la programación de los elementos de la interfaz ya que se expondrán en los anexos.

Un dato importante para la comprensión del programa es la frecuencia de toma de datos. Para la realización el correcto funcionamiento la frecuencia de toma de datos debe ser 2000 datos por segundo y por canal. Además, el número de canales que se memorizan en el archivo de datos es tres. El canal 1 es el captador derecho, el canal 2 el captador izquierdo y la fotocélula es el canal 3. Estos corresponden a las columnas 2,3 y 4 del archivo de datos, ya que primera columna es una numeración de las filas.

6.2.1. Lectura y preparación de archivos

Para la lectura de los datos recogidos mediante la tarjeta de adquisición de datos se presenta le siguiente código,

```
clear datos
clear a
clear err
err=0;
clear opc
opc=questdlg({'Para continuar pulse: SI', 'Para elegir el archivo
pulse: NO'}, 'SALIR', 'SI', 'NO', 'SI');
if strcmp(opc, 'SI')
    [arch,error]=fopen('datos.txt', 'r');
    if (arch > -1)
        %se lee toda la infomación y se almacena en un vector
        %Los datos son interpretados como numero enteros (%d)
        a= fscanf(arch, '%lf');
        %disp('Los nueros leidos:');
        %disp(a);
        fclose('all');
    else
        err=1;
    end
end
if strcmp(opc, 'NO')
    [nombrefichero,nombreruta,indice]=uigetfile('*.txt;', '*');
    [arch,error]=fopen(nombrefichero, 'r');
    if (arch > -1)
        %se lee toda la infomación y se almacena en un vector
        %Los datos son interpretados como numero enteros (%d)
        a= fscanf(arch, '%lf');
        %disp('Los nueros leidos:');
        %disp(a);
        fclose('all');
    else
        err=1;
    end
end
```

En esta parte del programa se lee el archivo *datos.txt* o también está la opción de elegir el archivo que se desea analizar.

Como la forma de leer el archivo es poner todos los datos en un vector, hay que transformar este vector a la matriz original.

```
if err==0
long=size(a);
long=long(1);
```



```

columna=1;
fila=1;
for i=1:long
    datos(fila,columna)=a(i);
    columna=columna+1;
    if columna>4
        fila=fila+1;
        columna=1;
    end
end
end
end

```

6.2.2. Cálculo de la frecuencia de giro

El siguiente paso es el cálculo de la frecuencia de giro. Se introduce en una variable la frecuencia de muestreo y se asigna a una variable la columna del archivo de datos correspondiente a la fotocélula.

```

numerodatos=2000;
if err==0
global Fs
Fs=numerodatos;
filasmatriz=size(datos);
filasmatriz=filasmatriz(1);
fotocelula=datos(1:filasmatriz,4);

```

Para calcular la frecuencia de giro se va analizando los datos de la fotocélula. Cuando se encuentra un pulso se empieza a contar cuantos datos hay hasta el siguiente pulso de la fotocélula. Se memoriza en una tabla. Con la frecuencia de muestreo y el promedio de la tabla se calcula la velocidad angular, es decir la frecuencia de giro. Si el tipo de marca es clara se busca donde hay un cambio creciente, si no se busca cuando hay cambio decreciente.

```

global marca
if marca==1
contador=1;
ndatos=0;
w=0;
y=0;
for i=2:filasmatriz
    if (fotocelula(i)>3) & (fotocelula(i-1)<1)
        y=i;
        if w==1
            ndatos=y-n;
            frec(contador)=ndatos;
            contador=contador+1;
        end
    end
end

```

```

        n=y;
        w=1;
        end
    end
elseif marca==2
    for i=2:filasmatriz
        if (fotoelula(i)<3) & (fotoelula(i-1)>1)
            y=i;
            if w==1
                ndatos=y-n;
                frec(contador)=ndatos;
                contador=contador+1;
            end
            n=y;
            w=1;
        end
    end
end
end
p=mean(frec);
rpm=60/(p/numerodatos);
frecuencia=rpm/60;
vangular=frecuencia*2*pi;

```

6.2.3. Filtrado

Para el filtrado de los canales de los captadores, gracias a la frecuencia de giro, se calculan las frecuencias de corte a utilizar por el filtro. Estas variables se hacen globales, además de la frecuencia de muestreo, para que el programa las utilice en el programa de filtrado. Con esta configuración da igual que velocidad tenga el rotor, ya los datos necesarios para el filtrado se adaptan automáticamente.

El programa de filtrado tiene el siguiente código,

```

function Hd = filtro
%CHEBY2 Returns a discrete-time filter object.

%
% M-File generated by MATLAB(R) 7.5 and the Signal Processing Toolbox
6.8.
%
% Generated on: 24-Nov-2009 17:42:07
%

% Chebyshev Type II Bandpass filter designed using the CHEBY2
function.

% All frequency values are in Hz.
global Fs Fstop1 Fstop2
N      = 30;    % Order
Astop  = 80;    % Stopband Attenuation (dB)

```

```

% Calculate the zpk values using the CHEBY2 function.
[z,p,k] = cheby2(N/2, Astop, [Fstop1 Fstop2]/(Fs/2));

% To avoid round-off errors, do not use the transfer function.
Instead
% get the zpk representation and convert it to second-order sections.
[sos_var,g] = zp2sos(z, p, k);
Hd          = dfilt.df2sos(sos_var, g);

% [EOF]

```

Este es un programa independiente (filtro.m) al que se le llama cuando se desea realizar un filtrado. El comando utilizado es *filter*.

```

global Fstop1 Fstop2
Fstop1=frecuencia/1.1;
Fstop2=frecuencia*1.1;
canal2= datos(1:filasmatrix,2);
canal3= datos(1:filasmatrix,3);
canal2=(-1)*canal2;
canal3=(-1)*canal3;
captadordrch=filter(filtro,canal2);
captadorizq=filter(filtro,canal3);

```

Una vez filtrados los canales de los captadores se desprecia la primera mitad de los datos. Esto se realiza por que a partir de la mitad el filtrado de la señal se estabiliza.

```

ndu=filasmatrix/2;ndu=round(ndu);
capizq=captadorizq(ndu:filasmatrix,1);
capdrch=captadordrch(ndu-1:filasmatrix-1,1);
fotocelula=fotocelula(ndu-2:filasmatrix-2,1);

```

6.2.4. Desfase entre señal de la fotocélula y máximos de captadores.

El siguiente cálculo es el desfase que hay entre los máximos de la señal de los captadores y el pulso de la fotocélula. Se analizan los datos de la fotocélula y cuando se encuentra un pulso se memoriza el número de fila. A partir de este número de fila, en los datos de los captadores, se cuenta cuantos datos hay hasta el máximo de la onda. La cantidad de datos que hay entre pulsos de la fotocélula será 360° . Haciendo una regla de tres, el los datos contados de los captadores de vibración serán tantos grados. Este proceso se repite para todos los ciclos de la fotocélula y luego se hace un promedio.

```

if marca==1
fmatriz=size(capizq);
fmatriz=fmatriz(1);
y=0;
n=2;
boleano=0;
contizq=1;
contdrch=1;
ndatosizq=0;
ndatosdrch=0;
desfizq=0;
desfdrch=0;
tfilasmaxdrch=0;
tfilasmaxizq=0;
for i=2:fmatriz
    if (fotoelula(i-1)<3) & (fotoelula(i)>3)
        y=i;
        if boleano==1
            for i=n:y
                if (capizq(i)>capizq(i-1)) & (capizq(i)>capizq(i+1))
                    d=i;
                    ndatosizq=d-n;
                    desfizq(contizq)=ndatosizq;
                    tfilasmaxizq(contizq)=i;
                    contizq=contizq+1;
                end
            end
            for i=n:y
                if (capdrch(i)>capdrch(i-1)) & (capdrch(i)>capdrch(i+1))
                    d=i;
                    ndatosdrch=d-n;
                    desfdrch(contdrch)=ndatosdrch;
                    tfilasmaxdrch(contdrch)=i;
                    contdrch=contdrch+1;
                end
            end
        end
        n=y;
        boleano=1;
    end
end
elseif marca==2
fmatriz=size(capizq);
fmatriz=fmatriz(1);
y=0;
n=2;
boleano=0;
contizq=1;
contdrch=1;
ndatosizq=0;
ndatosdrch=0;
desfizq=0;
desfdrch=0;
tfilasmaxdrch=0;
tfilasmaxizq=0;
for i=2:fmatriz
    if (fotoelula(i-1)>3) & (fotoelula(i)<3)
        y=i;
        if boleano==1
            for i=n:y

```

```

        if (capizq(i)>capizq(i-1)) & (capizq(i)>capizq(i+1))
            d=i;
            ndatosizq=d-n;
            desfizq(contizq)=ndatosizq;
            tfilasmalizq(contizq)=i;
            contizq=contizq+1;
        end
    end
    for i=n:y
        if (capdrch(i)>capdrch(i-1)) & (capdrch(i)>capdrch(i+1))
            d=i;
            ndatosdrch=d-n;
            desfdrch(contdrch)=ndatosdrch;
            tfilasmadrch(contdrch)=i;
            contdrch=contdrch+1;
        end
    end
end
n=y;
booleano=1;
end
end
end
% Desfase
desfizq=mean(desfizq);
desfdrch=mean(desfdrch);
desfaseizq=(360*desfizq)/p;
desfasedrch=(360*desfdrch)/p;

```

6.2.5. Voltaje máximo de los captadores de fuerza.

El voltaje de los captadores se calcula analizando los datos sus respectivos canales y memorizando los picos. Posteriormente se hace un promedio de los resultados obtenidos.

```

tabla1=0;
tabla2=0;
cont1=1;
cont2=1;
capizq1=capizq;
capdrch1=capdrch;
for i=2:fmatriz-1
    if (capizq1(i)> capizq1(i-1)) & (capizq1(i)> capizq1(i+1))
        tabla1(cont1)=capizq1(i);
        cont1=cont1+1;
    end
end
for i=2:fmatriz-1
    if (capdrch1(i)> capdrch1(i-1)) & (capdrch1(i)>capdrch1(i+1))
        tabla2(cont2)=capdrch1(i);
        cont2=cont2+1;
    end
end
mediacapizq=mean(tabla1);
mediacapdrch=mean(tabla2);

```

Por último se calcula la fuerza multiplicando el valor del voltaje obtenido por la constante de cada captador.

$$F_i = \text{mediacapizq} * 7.25 ;$$

$$F_d = \text{mediacapdrch} * 7.31 ;$$

6.2.6. Resolución del problema de equilibrado.

Como ya se tienen todos los datos para resolver el problema, lo siguiente es hallar el valor del desequilibrio. Como se ha expuesto en el capítulo 3 hay que resolver el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\begin{cases} F_1 \cdot \cos(c) = F_{m1} \cdot \cos(a) \cdot \left(\frac{L-L_1}{-L} \right) + F_{m2} \cdot \cos(b) \cdot \left(\frac{L-L_2}{-L} \right) \\ F_1 \cdot \text{sen}(c) = F_{m1} \cdot \text{sen}(a) \cdot \left(\frac{L-L_1}{-L} \right) + F_{m2} \cdot \text{sen}(b) \cdot \left(\frac{L-L_2}{-L} \right) \\ F_2 \cdot \cos(d) = F_{m1} \cdot \cos(a) \cdot \left(\frac{L_1}{-L} \right) + F_{m2} \cdot \cos(b) \cdot \left(\frac{L_2}{-L} \right) \\ F_2 \cdot \text{sen}(d) = F_{m1} \cdot \text{sen}(a) \cdot \left(\frac{L_1}{-L} \right) + F_{m2} \cdot \text{sen}(b) \cdot \left(\frac{L_2}{-L} \right) \end{cases}$$

Si,

$$F_1 \cdot \cos(c) = A ; F_1 \cdot \text{sen}(c) = B ; F_2 \cdot \cos(b) = C ; F_2 \cdot \text{sen}(b) = D ;$$

$$\left(\frac{L-L_1}{-L} \right) = E ; \left(\frac{L-L_2}{-L} \right) = F ; \left(\frac{L_1}{-L} \right) = G ; \left(\frac{L_2}{-L} \right) = H ;$$

$$F_{m1} \cdot \cos(a) = X_1 ; F_{m1} \cdot \text{sen}(a) = Y_1 ; F_{m2} \cdot \cos(b) = X_2 ; F_{m2} \cdot \text{sen}(b) = Y_2 ;$$

Queda lo siguiente,

$$\begin{pmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E & 0 & F & 0 \\ 0 & E & 0 & F \\ G & 0 & H & 0 \\ 0 & G & 0 & H \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \end{pmatrix} \quad (6.1)$$

Este es el sistema a resolver con MATLAB. Los valores que hay que hallar son X_1 , Y_1 , X_2 e Y_2 . Los valores de la matriz varían según el tipo de eje y es lo primero que se configura.

```

global teje
if teje==1
E=(-1)*((l3-l1)/l3);
F=(-1)*((l3-l2)/l3);
G=(-1)*(l1/l3);
H=(-1)*(l2/l3);
elseif teje==2
E=(-1)*(l2-l1)/l2;
F=(l3-l2)/l2;
G=(-1)*(l1/l2);
H=(-1)*(l3/l2);
elseif teje==3
E=(-1)*((l3)/(l3-l1));
F=(-1)*((l3-l2)/(l3-l1));
G=(l1/(l3-l1));
H=(-1)*((l2-l1)/(l3-l1));
elseif teje==4
E=(l2-l1)/l1;
F=(l3-l1)/l1;
G=(-1)*(l2/l1);
H=(-1)*(l3/l1);
elseif teje==5
E=(-1)*(l3)/(l3-l1);
F=(-1)*(l3-l1)/(l3-l1);
G=(l2)/(l3-l1);
H=(l2-l1)/(l3-l1);
elseif teje==6
E=(-1)*(l2)/(l2-l1);
F=(l3-l2)/(l2-l1);
G=(l1/(l2-l1));
H=(-1)*((l3-l1)/(l2-l1));
end

```

La posición angular de la fuerzas en los captadores se transforman a radianes y se asigna el valor a A, B,C y D.

```

gamma=(360-desfaseizq)*(2*pi)/360;
delta=(360-desfasedrch)*(2*pi)/360;

```

```
A=cos(gamma)*Fi;
B=sin(gamma)*Fi;
C=cos(delta)*Fd;
D=sin(delta)*Fd;
```

Se crea el vector de las componentes de la fuerzas y se crea la matriz.

```
tindp=[A,B,C,D];
matriz=[E,0,F,0;0,E,0,F;G,0,H,0;0,G,0,H];
```

Resolviendo el sistema se halla las componentes de la fuerza centrífuga debida a las masas.

```
S=tindp/matriz;
X1=S(1);Y1=S(2);X2=S(3);Y2=S(4);
```

Con los resultados ya se pueden calcular las masas. Como se conoce la velocidad angular y el radio, la operación es directa.

```
m1=(sqrt(X1^2+Y1^2))/(vangular^2*Ra);
m2=(sqrt(X2^2+Y2^2))/(vangular^2*Rb);
m1=m1*1000;
m2=m2*1000;
```

Para hallar la posición angular de los desequilibrios hay que tener en cuenta en que cuadrante se localiza. Según el signo cada componente de la fuerza centrífuga se halla la posición de cuadrante. Se calcula la inversa de la tangente. A este ángulo se le realiza una operación u otra en función del cuadrante para que en pantalla se presente el ángulo real.

```
thets1=Y1>0;
thetc1=X1>0;
if [thets1,thetc1]==[1,1]
    alfa1=atan(Y1/X1);
elseif [thets1,thetc1]==[1,0]
    alfa1=pi-abs(atan(Y1/X1));
elseif [thets1,thetc1]==[0,0]
    alfa1=pi+abs(atan(Y1/X1));
elseif [thets1,thetc1]==[0,1]
    alfa1=2*pi-abs(atan(Y1/X1));
desf1=alfa1*360/(2*pi);
desf1=desf1*10;
desf1=round(desf1);
desf1=desf1/10;

thets2=Y2>0;
thetc2=X2>0;
if [thets2,thetc2]==[1,1]
    alfa2=atan(Y2/X2);
```



```

elseif [thets2,thetc2]==[1,0]
    alfa2=pi-abs(atan(Y2/X2));
elseif [thets2,thetc2]==[0,0]
    alfa2=pi+abs(atan(Y2/X2));
elseif [thets2,thetc2]==[0,1]
    alfa2=2*pi-abs(atan(Y2/X2));
en
desf2=alfa2*360/(2*pi);
desf2=desf2*10;
desf2=round(desf2);
desf2=desf2/10;

```

Según el tipo de operación se grafica el ángulo o su complementario.

```

global OperacionA OperacionB
if OperacionA==2
    if desf1<=180
        desf1=desf1+180;
    else
        desf1=desf1-180;
    end
    alfa1=desf1*2*pi/360;
end
set(handles.DesfaseA,'String',desf1);
if OperacionB==2
    if desf2<=180
        desf2=desf2+180;
    else
        desf2=desf2-180;
    end
    alfa2=desf2*2*pi/360;
end

```

La última parte de este programa es la presentación de datos en pantalla así como graficar los resultados.

7. CONCLUSIONES

En el capítulo 2 de este proyecto se redactaron una serie de objetivos. A continuación se resumen esos objetivos y se expone la consecución de los mismos.

- 1- Completar un estudio de funcionamiento, así como de las opciones y configuraciones programables en la máquina equilibradora.

En el capítulo 2 se exponen todos los parámetros y opciones con los que se podía operar.

- 2- Averiguar el funcionamiento de los equipos de medida (dos captadores de fuerza y una fotocélula) y del útil en el que están implementados.

Se ha conseguido realizar medidas de la velocidad angular con una nueva fotocélula arrojando unos datos muy satisfactorios.

Se ha hallado las constantes de proporcionalidad entre la fuerza aplicada y la tensión que presentan los transductores piezoeléctricos.

Se ha averiguado que los pedestales en los que estaban implementados los captadores de fuerza presentan una gran rigidez, comprobando que su funcionamiento se basa en esa propiedad. Esto se debe a que los transductores de fuerza precisan de desplazamientos de milésimas de milímetro para su correcto funcionamiento.

- 3- Realizar un programa de cálculo con MATLAB para conseguir equilibrado de rotores.

Con una tarjeta de adquisición de datos y MATLAB se ha creado un programa que calcula la cantidad de desequilibrio y su posición angular en dos planos de corrección. Para ejecutar el programa únicamente hay que indicar las medidas del

rotor y la posición de los planos de corrección, ya que los demás datos los recoge automáticamente de los elementos de medida.

Para una utilización más sencilla de este programa de cálculo se ha creado una interfaz gráfica con la que se pueden seleccionar la mayoría de las opciones implementadas en la máquina original. Se pueden introducir los datos del equilibrado sencillamente y se presentan en pantalla los resultados del equilibrado, graficando también estos en graficas polares.

- 4- Aunque no está dentro de los objetivos se ha fabricado un armario eléctrico en el que se implementan todas las conexiones, alimentación y equipos necesarios para un correcto funcionamiento de la máquina.
- 5- Por último, probablemente lo más importante, se ha conseguido hacer útil una máquina estropeada. Con la realización de este proyecto la máquina queda en funcionamiento para su actividad encomendada: equilibrar rotores.

7.1. LINEAS FUTURAS DE TRABAJO

Se propone como línea trabajo más inmediata, realizar un acondicionamiento de la señal de los captadores de fuerza con el fin de conseguir una mayor apreciación. Al hilo de esto se desprende la consecución de un estudio de la precisión en el equilibrado para conseguir equilibrados con la tolerancia indicada para cada tipo de rotor.

Mejorar el funcionamiento de adquisición de datos implementando un sistema de adquisición a tiempo real.

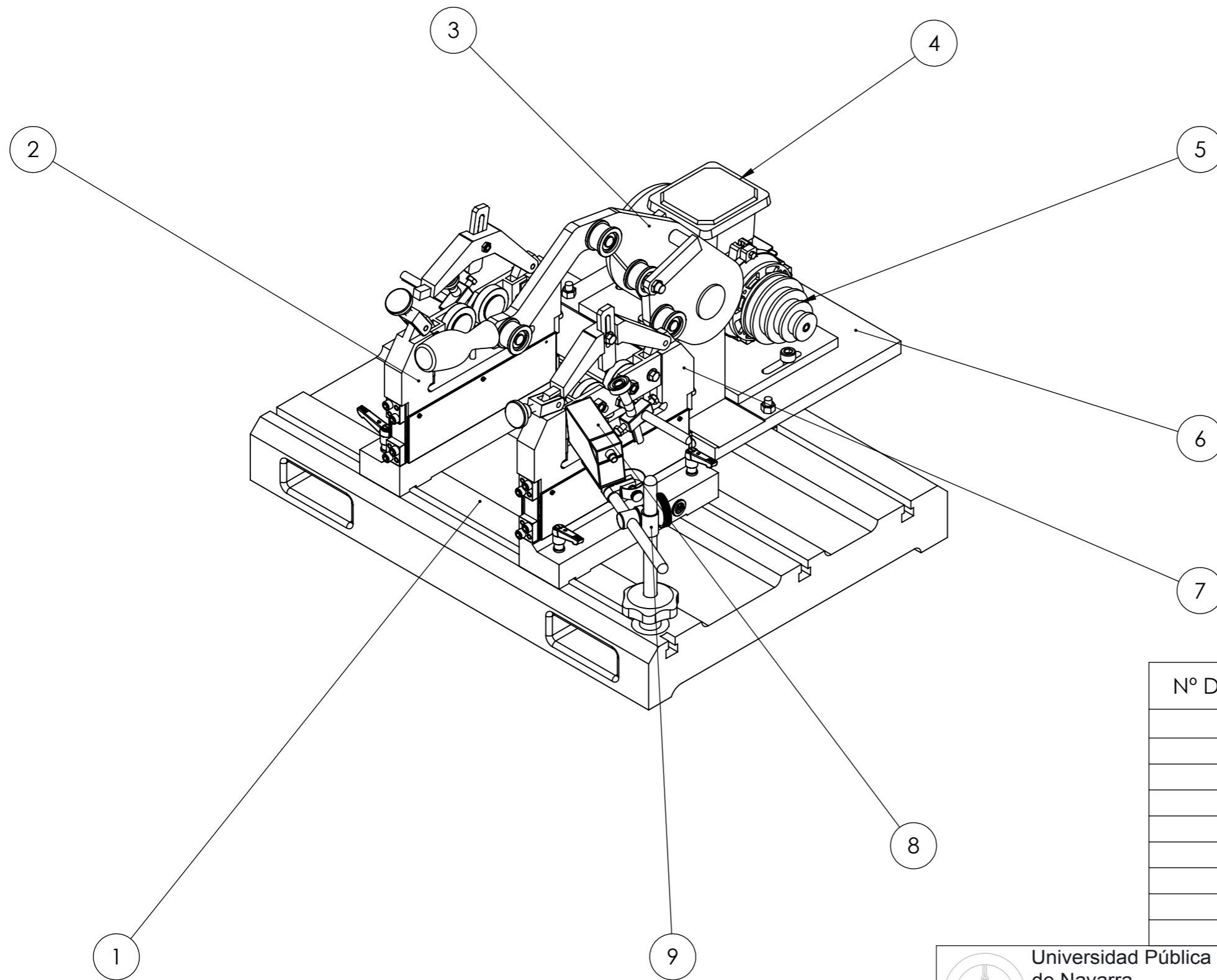
8. BIBLIOGRAFÍA

8.1. LIBROS

- MANUAL PARA EL MANEJO DE EQUILIBRADORA HOFMANN HL-14.1
- MATLAB EN CINCO LECCIONES DE NUMÉRICO. M^a Luisa Rapún y Víctor Domínguez Ed. U.P.NA. 2006
- TEORIA DE MÁQUINAS Y MECANISMOS. Joseph Edward Shigley Ed McGraw-Hill 1983
- ELECTRÓNICA. Allan R. Hambley Ed Prentice Hall 2000
- TRANSDUCTORES Y MEDIDORES ELECTRICOS. José Mompín Poblet. Ed Marcombo 1977
- FUNDAMENTOS DE MECANISMOS Y MÁQUINAS PARA INGENIEREOS. Roque Calero Pérez, José Antonio Carta González. Ed McGraw-Hill 1999
- MATLAB Y SUS APLICACIONES EN LAS CIENCIAS Y LA INGENIERÍA. César Pérez López. Ed Pearson Prentice Hall 2003

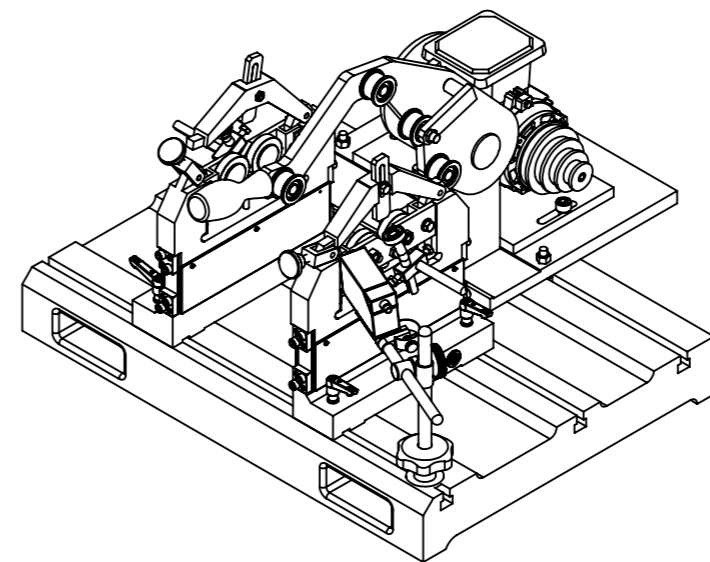
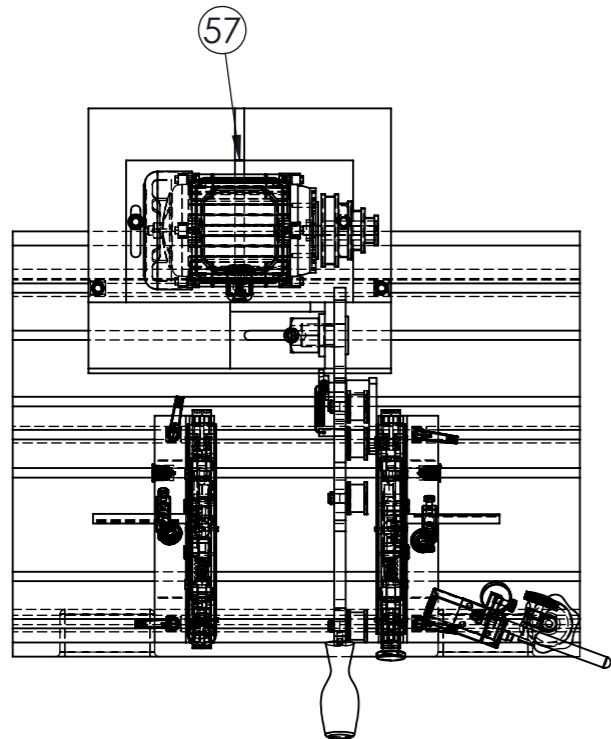
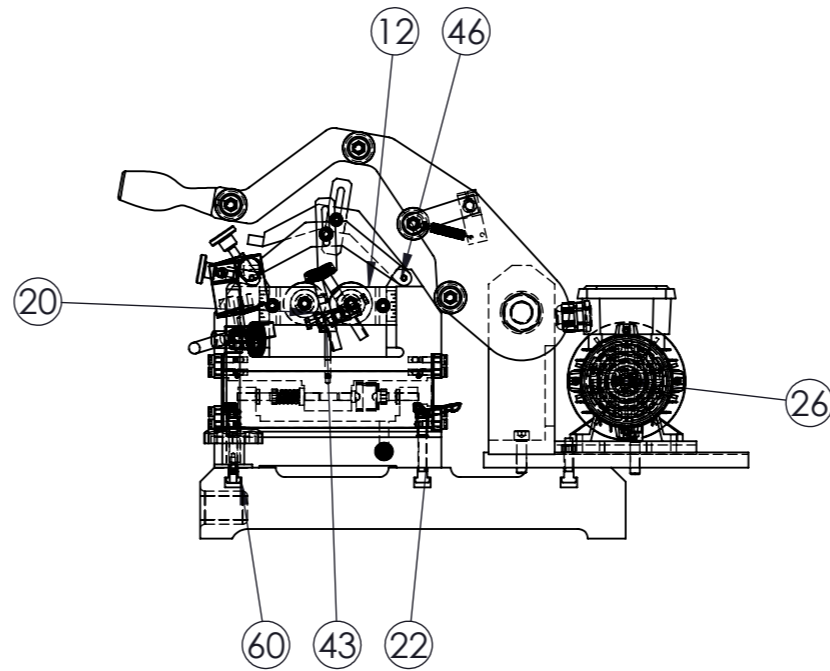
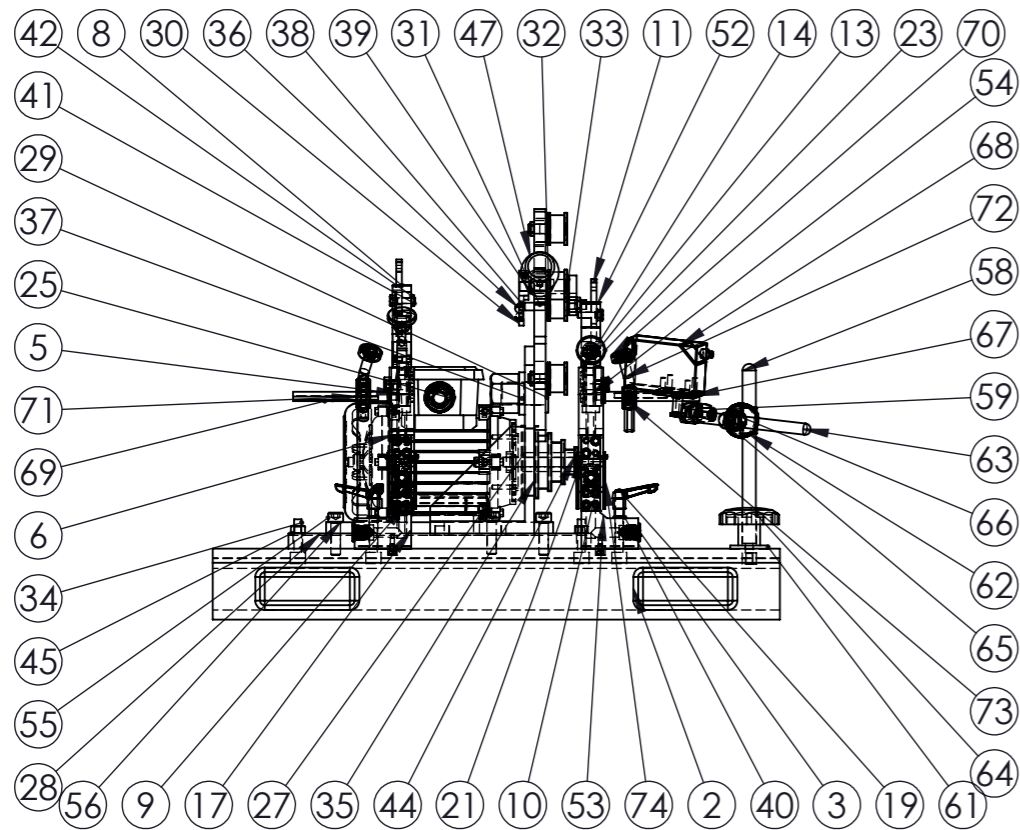
8.2. ENLACES WEB

- www.matpic.com



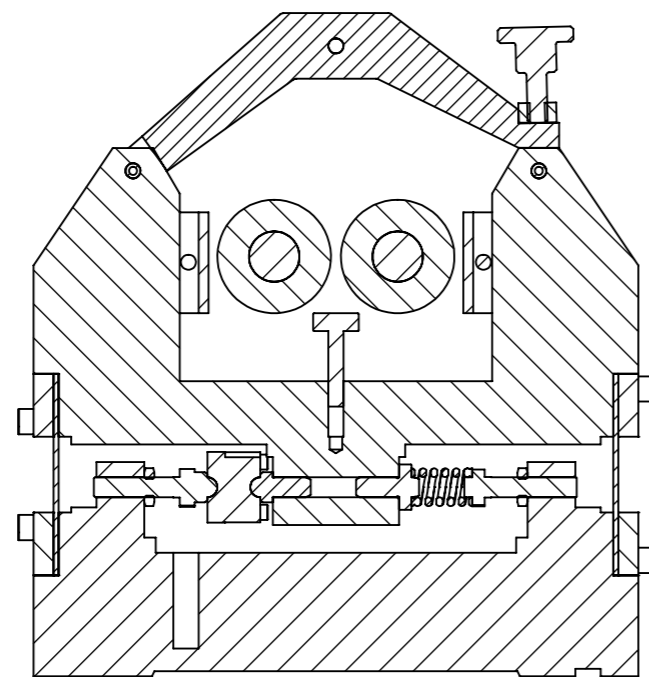
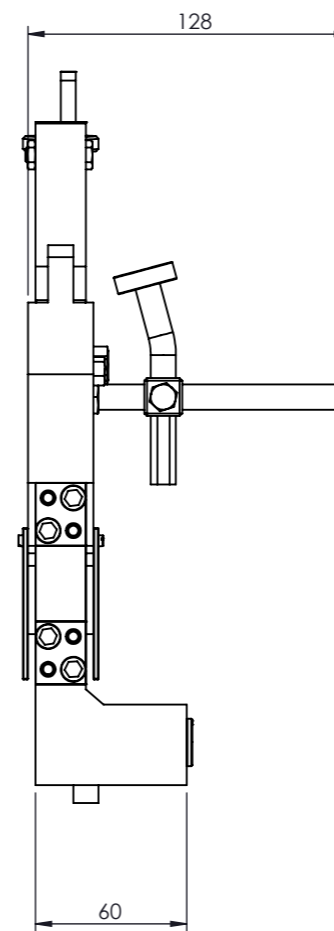
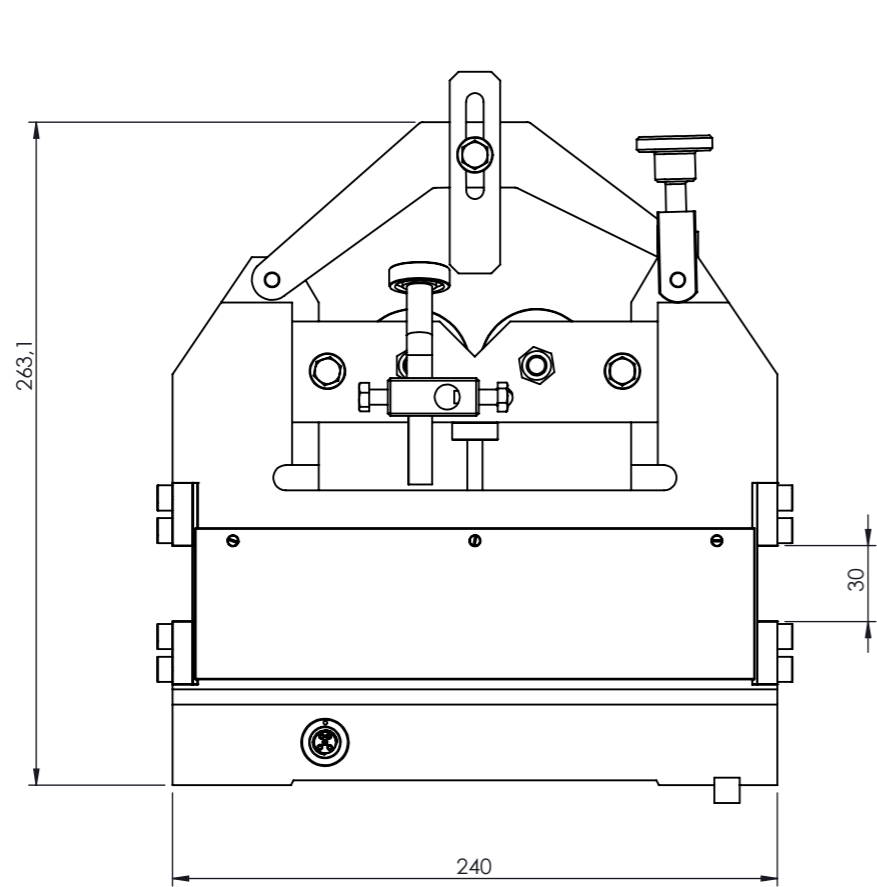
| Nº DE ELEMENTO | NOMBRE | CANTIDAD |
|----------------|--------------------|----------|
| 1 | Base guía | 1 |
| 2 | Pedestal izquierdo | 1 |
| 3 | Porta correa | 1 |
| 4 | Motor | 1 |
| 5 | Polea escalona | 1 |
| 6 | Base motor | 1 |
| 7 | Pedestal derecho | 1 |
| 8 | Fococélula | 1 |
| 9 | Soporte fococélula | 1 |

| | | |
|--|---|--|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES |
| | PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | |
| PLANO: 1. Equilibradora_Plano_general_I | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN FIRMA: |
| | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:5 |
| | Nº PLANO: 1 | |

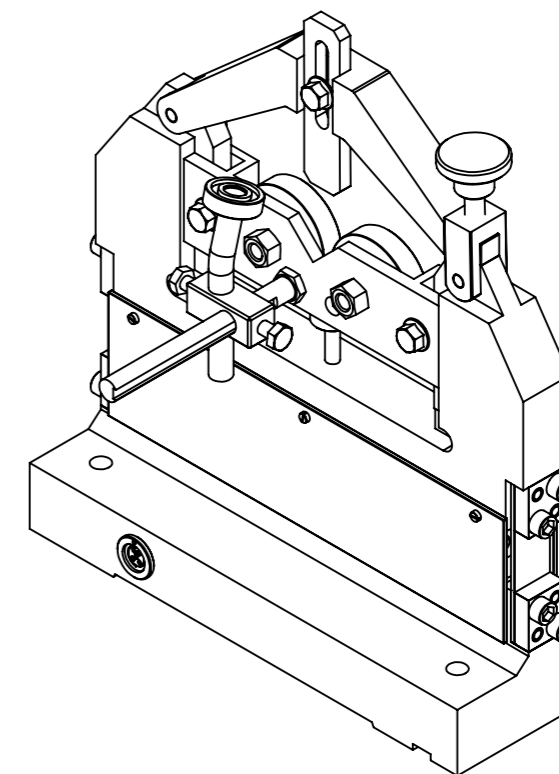
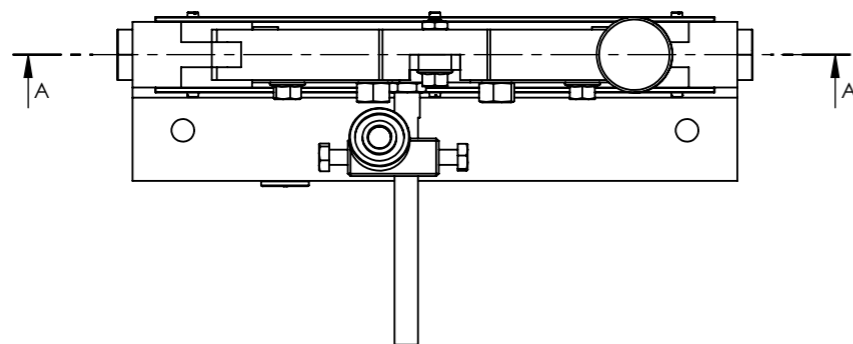


| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA | CANTIDAD |
|-----------------|--------------------------------------|----------|
| 1 | Mesa | 1 |
| 2 | Base guía | 1 |
| 3 | Conector | 2 |
| 4 | Dado guía | 2 |
| 5 | Soporte rodillos iza | 1 |
| 6 | Cubo fijación pletina | 8 |
| 7 | Celula de carga | 2 |
| 8 | Abraza ejes iza | 1 |
| 9 | Pasador cubo fijación | 16 |
| 10 | Pletina vibradora | 4 |
| 11 | Sujeta eje superior | 2 |
| 12 | soporte rodillos movil | 2 |
| 13 | Sujeta abraza ejes | 2 |
| 14 | Rodillo | 4 |
| 15 | Tornillo pulsador celula | 2 |
| 16 | Sujeta muelle | 2 |
| 17 | Base Capatador Izquierda | 1 |
| 18 | Bulon bola celula | 2 |
| 19 | Mordaza base | 4 |
| 20 | Porta rodillos | 4 |
| 21 | Tornillo allen fijación pletina | 16 |
| 22 | Tornillo fijacion base captador | 4 |
| 23 | Tornillo abraza eje | 2 |
| 24 | Tornillo sujeta muelle ext | 2 |
| 25 | Motor | 1 |
| 26 | Eje motor motor | 1 |
| 27 | Eje motor | 1 |
| 28 | Base motor y correa | 1 |
| 29 | Eje porta rodillos | 1 |
| 30 | Pieza palanca muelle | 1 |
| 31 | Porta correa | 1 |
| 32 | Rodillos correa | 4 |
| 33 | Porta rodillo flexible | 1 |
| 34 | Tornillo fijacion base | 2 |
| 35 | Soporte porta correas | 1 |
| 36 | Spring-9526-lesjofors | 1 |
| 37 | DIN 6331-M24-N | 1 |
| 38 | Perno sujeta muelle | 1 |
| 39 | Tuerca_hexa_ISO_M8 | 6 |
| 40 | Arandela mordaza | 4 |
| 41 | Hexagon_bolt_EN_1665_M6x20_ | 6 |
| 42 | Tuerca_hexagonal_ISO_4035M6 | 1 |
| 43 | Tornillo sujeta base rodillos | 2 |
| 44 | ISO 1207 - M2.5 x 6 -- 6N | 11 |
| 45 | Tuerca_hexagonal_ISO_M8 | 6 |
| 46 | Cilindrica_pin_ISO_6x20 | 2 |
| 47 | Agarra porta correa | 1 |
| 48 | Tuerca_hex_ISO_4035_M8 | 2 |
| 49 | DIN 912 M4 x 8 -- 8N | 2 |
| 50 | Hexagon Thin Nut ISO - 4035 - M8 - C | 2 |
| 51 | Muelle | 2 |
| 52 | Abraza ejes derch | 1 |
| 53 | base capatador dech | 1 |
| 54 | Soporte rodillos derch | 1 |
| 55 | Cylinder_head_screw_ISO_4762M10x35 | 3 |
| 56 | Base motor | 1 |
| 57 | Chaveta | 1 |
| 58 | Eje principal | 1 |
| 59 | Tornillo | 1 |
| 60 | Nut_DIN_508_M8x10 | 1 |
| 61 | Arandela | 1 |
| 62 | Doble amarre | 1 |
| 63 | Eje secundario | 1 |
| 64 | Maneta inferior | 1 |
| 65 | Maneta superior | 1 |
| 66 | Fijacion eje secundario | 1 |
| 67 | Soporte fotocelula | 1 |
| 68 | Fotocelula | 1 |
| 69 | Varilla guía | 2 |
| 70 | ISO 1224 - 100924 - R.8.SI.NC.8_68 | 2 |
| 71 | Rectangulo | 2 |
| 72 | Porta rodillo inclinado | 2 |
| 73 | ISO 4015 - M6 x 25 x 18-N | 4 |
| 74 | Chapa_celula | 4 |

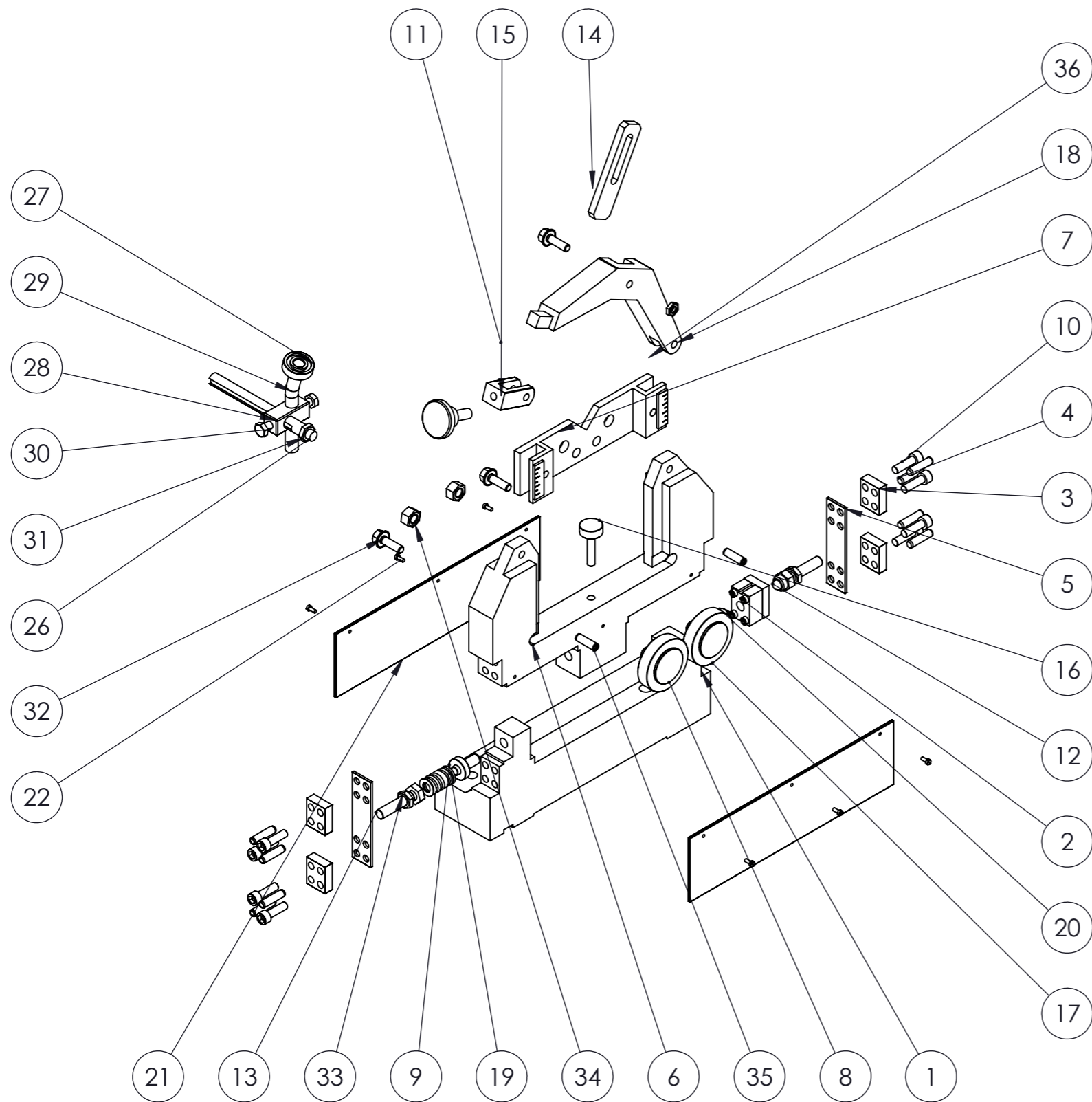
| | | |
|---|---|--|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES |
| | PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN |
| PLANO: 2. Equilibradora_Plano_general_II | FIRMA: | FECHA: 22/04/2010 |
| | ESCALA: 1:8 | Nº PLANO: 2 |



SECCIÓN A-A

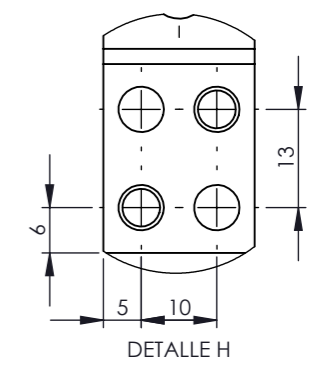
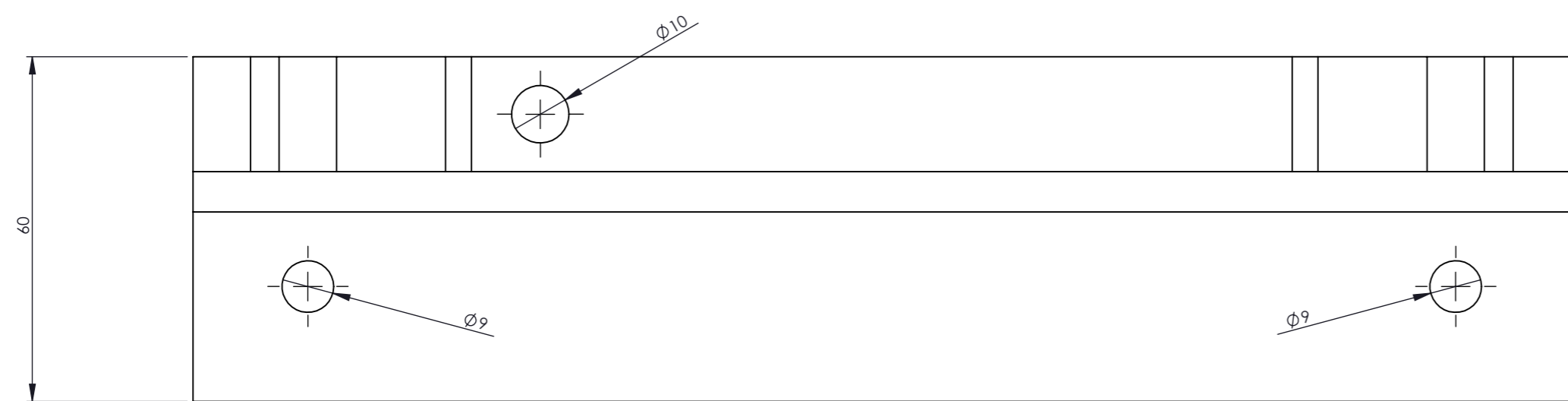
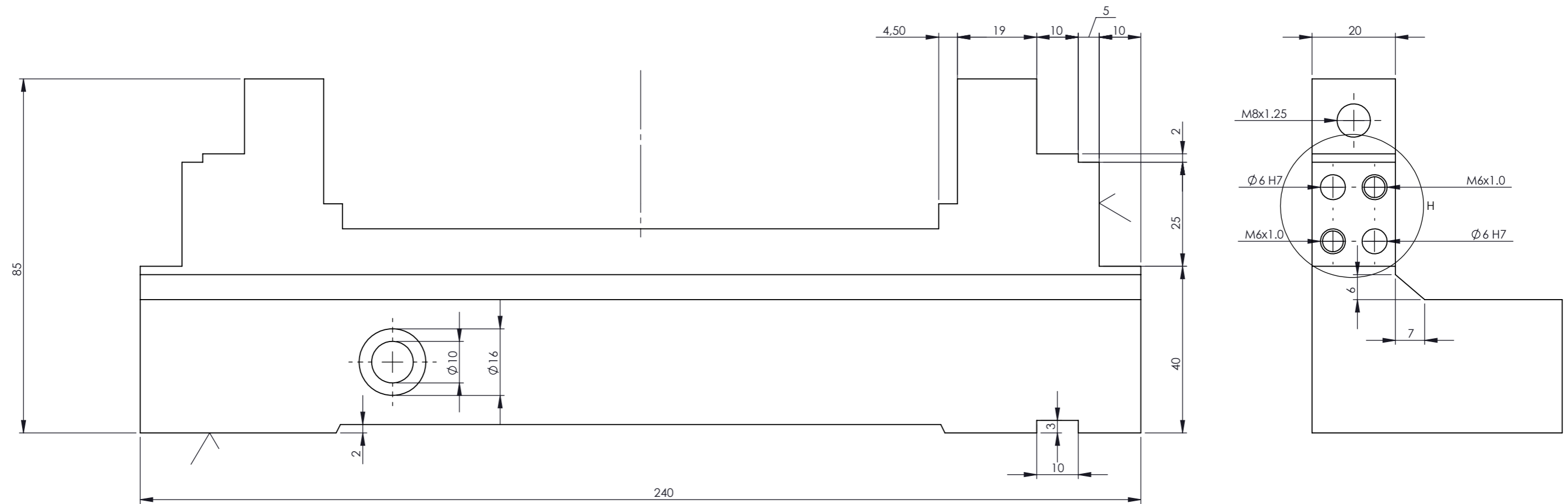


| | | | | | |
|--|---|--|--|----------------|----------------|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | | |
| | PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | | |
| PLANO: 3. Captador de vibraciones Izq Vista I | | FIRMA: | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:3 | Nº PLANO: 3 |

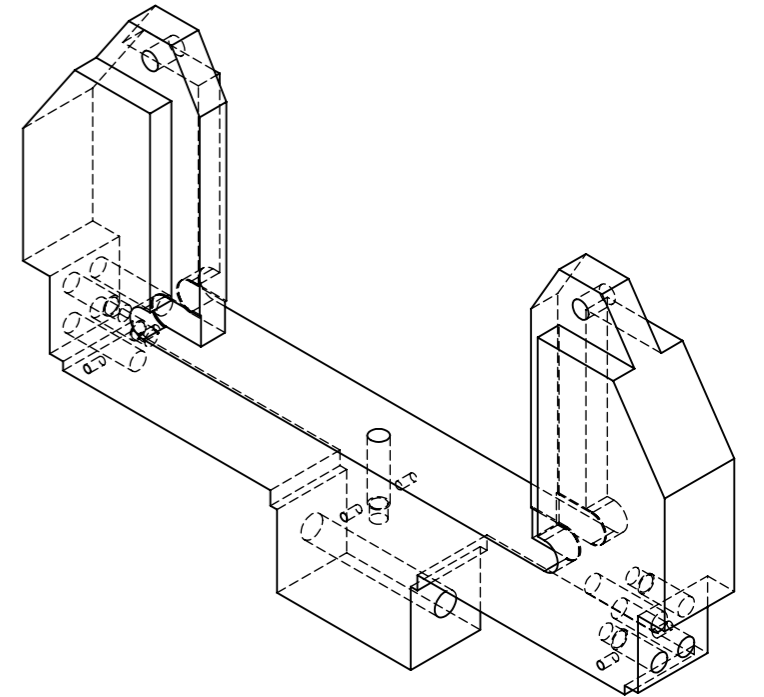
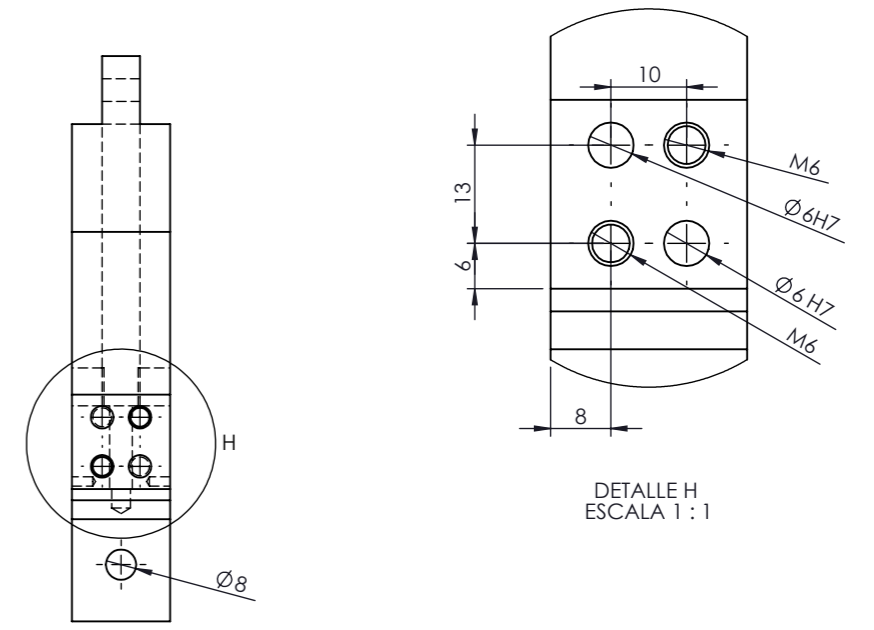
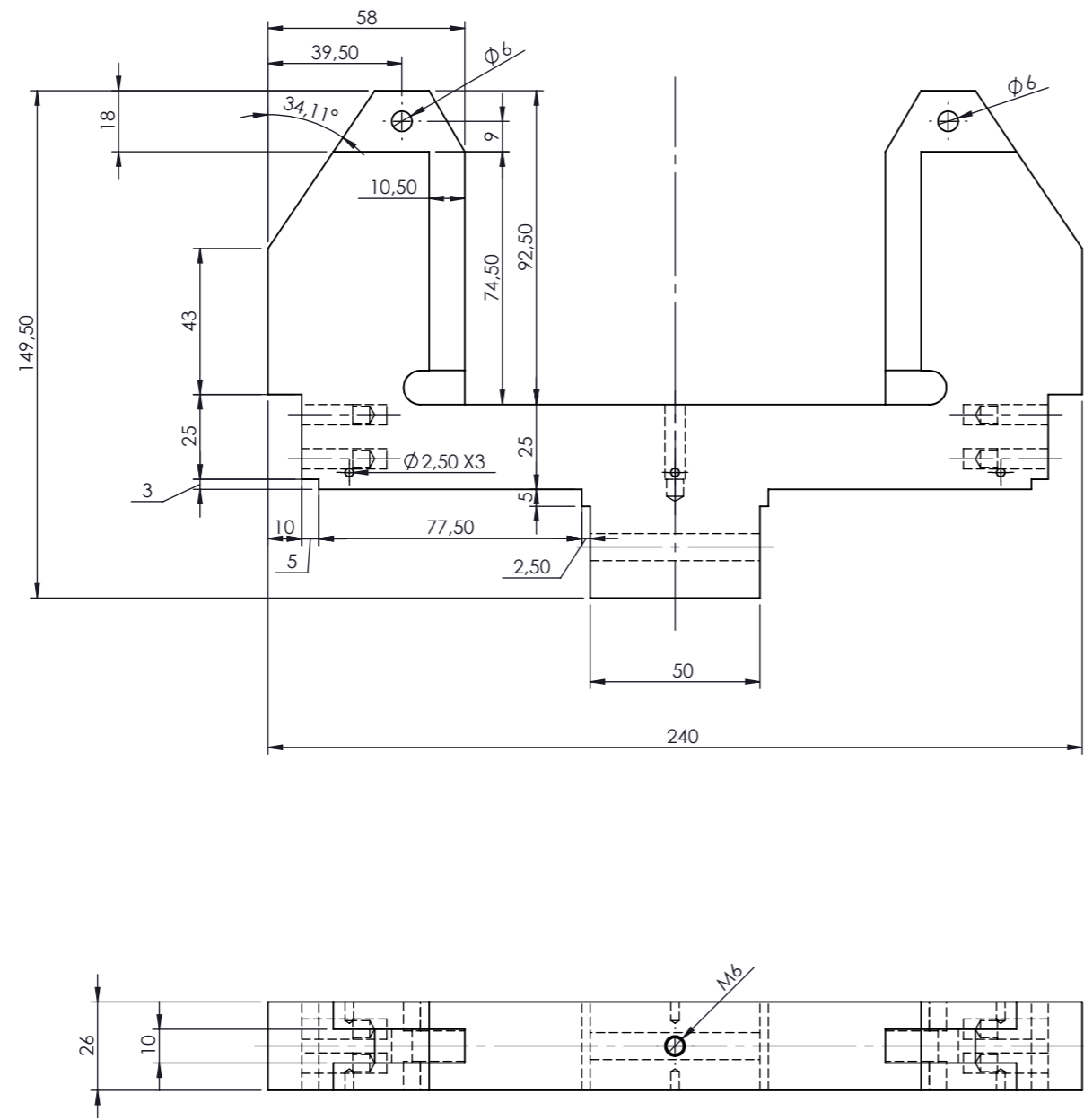


| N.º DE ELEMEN TO | N.º DE PIEZA | CANTID AD |
|------------------|------------------------------------|-----------|
| 1 | base capatador Izquierdo | 1 |
| 2 | Celula de carga | 1 |
| 3 | Cubo fijación pletina | 4 |
| 4 | Pasador cubo fijación | 8 |
| 5 | Pletina vibradora | 2 |
| 6 | Soporte rodillos izq | 1 |
| 7 | soporte rodillos movil | 1 |
| 8 | Porta rodillos | 2 |
| 9 | Sujeta muelle | 1 |
| 10 | Tornillo allen fijación pletina | 8 |
| 11 | Tornillo abraza eje | 1 |
| 12 | Tornillo pulsador celula | 1 |
| 13 | Tornillo sujeta muelle ext | 1 |
| 14 | Sujeta eje superior | 1 |
| 15 | Sujeta abraza ejes | 1 |
| 16 | Tornillo sujeta base rodillos | 1 |
| 17 | Rodillo | 2 |
| 18 | Abraza ejes izq | 1 |
| 19 | Muelle | 1 |
| 20 | Bulon bola celula | 1 |
| 21 | Chapa cobre celula | 2 |
| 22 | ISO 1207 - M2.5 x 6 --- 6N | 6 |
| 23 | Conector | 1 |
| 24 | Dado guía | 1 |
| 25 | DIN 912 M4 x 8 --- 8N | 1 |
| 26 | Varilla guía | 1 |
| 27 | ISO 1224 - 100924 - R,8,SI,NC,8_68 | 1 |
| 28 | Rectangulo | 1 |
| 29 | Porta rodillo inclinado | 1 |
| 30 | ISO 4015 - M6 x 25 x 18-N | 2 |
| 31 | Tuerca_hexa_ISO_M8 | 1 |
| 32 | Hexagon_bolt_EN_1665_M6x20_F | 3 |
| 33 | Tuerca_hexagonal_ISO_405_M8 | 2 |
| 34 | Tuerca_hexagonal_M8 | 2 |
| 35 | Cylindrical_pin_ISO_87336x20 | 2 |
| 36 | Tuerca_hexagonal_ISO4035_M6 | 1 |

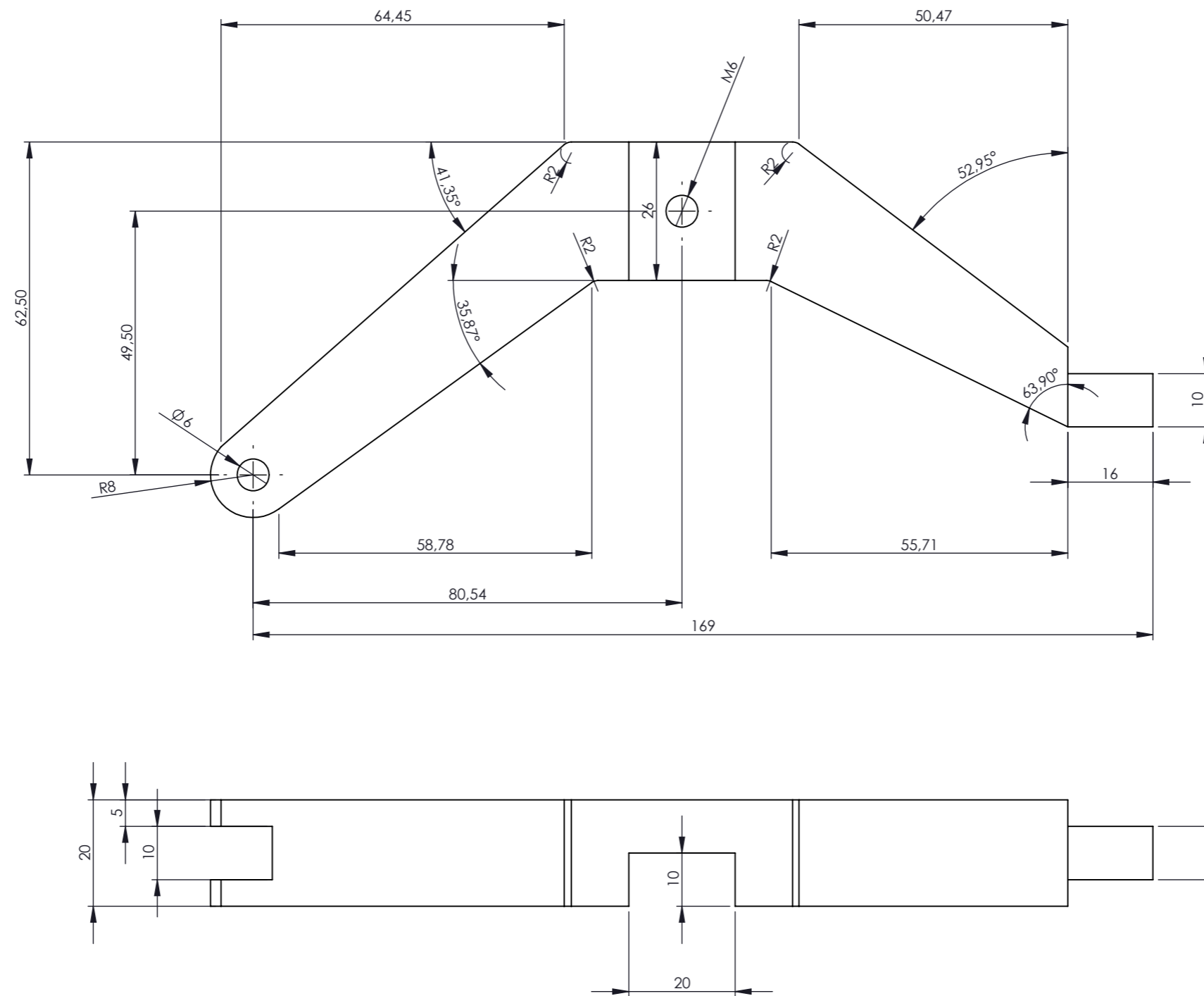
| | | | |
|--|---------------------------------|---|-----------------------------|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: | |
| | INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | |
| PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | |
| PLANO: 4. Captador_de_vibraciones_Izq_Vista_II | | FIRMA: | FECHA: 22/04/2010 |
| | | ESCALA: 1:4 | Nº PLANO: 4 |



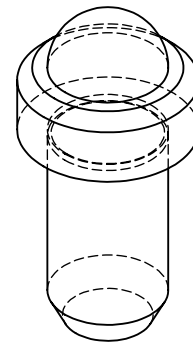
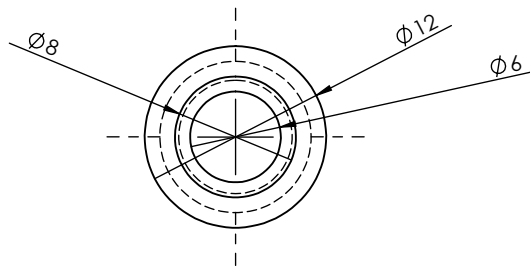
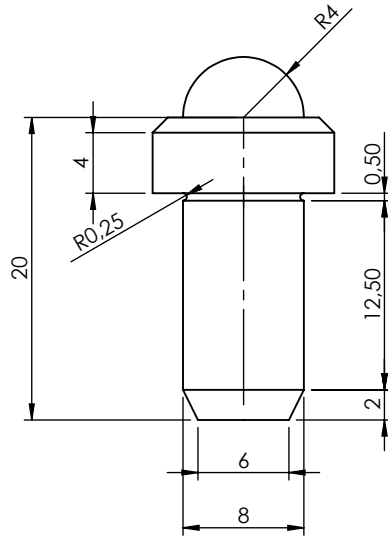
| | | |
|--|---|--|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES |
| | PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN |
| PLANO: 5. Base Capatador Izquierda | FIRMA: | FECHA: 22/04/2010 |
| | ESCALA: 1:1 | Nº PLANO: 5 |



| | | | | | |
|--|---|--|--|-----------------------|-----------------------|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | | |
| | PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | | |
| PLANO: 6. Soporte rodillos izq | | FIRMA: | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:2 | Nº PLANO: 6 |



| | | | | |
|--|---------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: | | |
| | INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | |
| PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | | |
| PLANO: Cotra apoyo izquierdo | | FIRMA: | | |
| | | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:1 | Nº PLANO: 7 |



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO TÉCNICO
INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA,
ENERGETICA Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA
MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES**

REALIZADO:

SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN

FIRMA:

PLANO:

8. Bulon bola celula

FECHA:

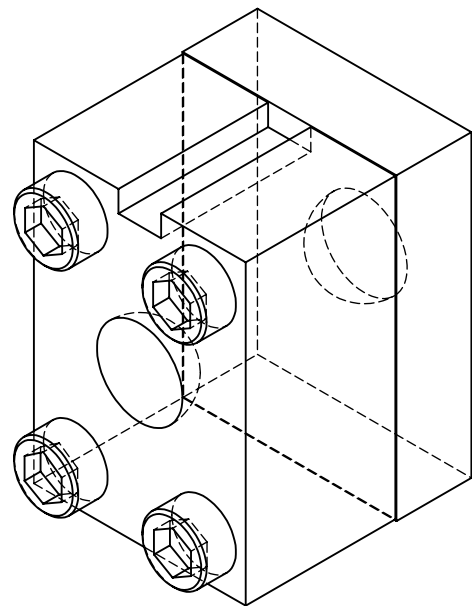
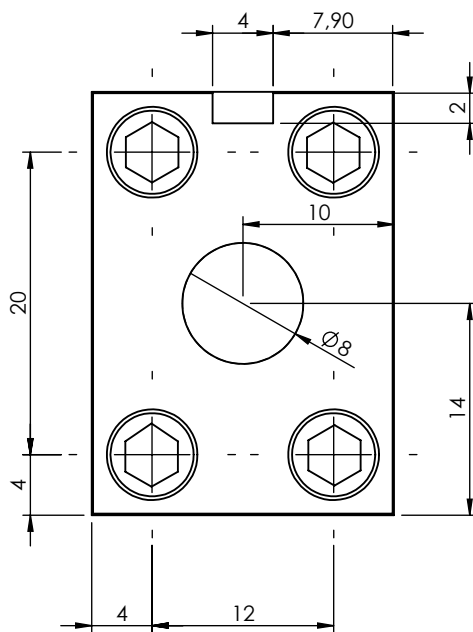
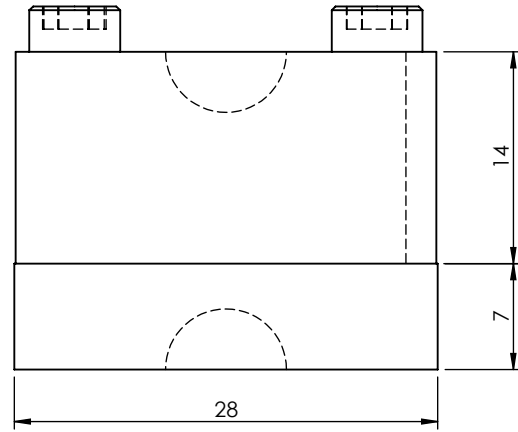
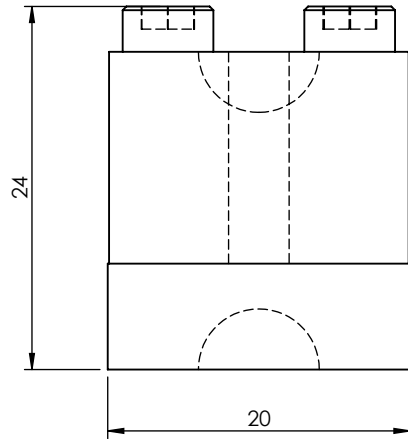
22/04/2010

ESCALA:

2:1

Nº PLANO:

1



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO TÉCNICO
INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA,
ENERGETICA Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA
MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES**

REALIZADO:

SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN

FIRMA:

PLANO:

9. Celula de carga

FECHA:

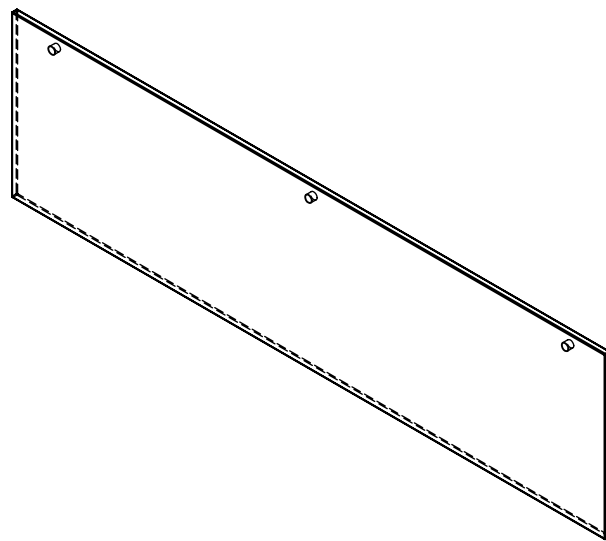
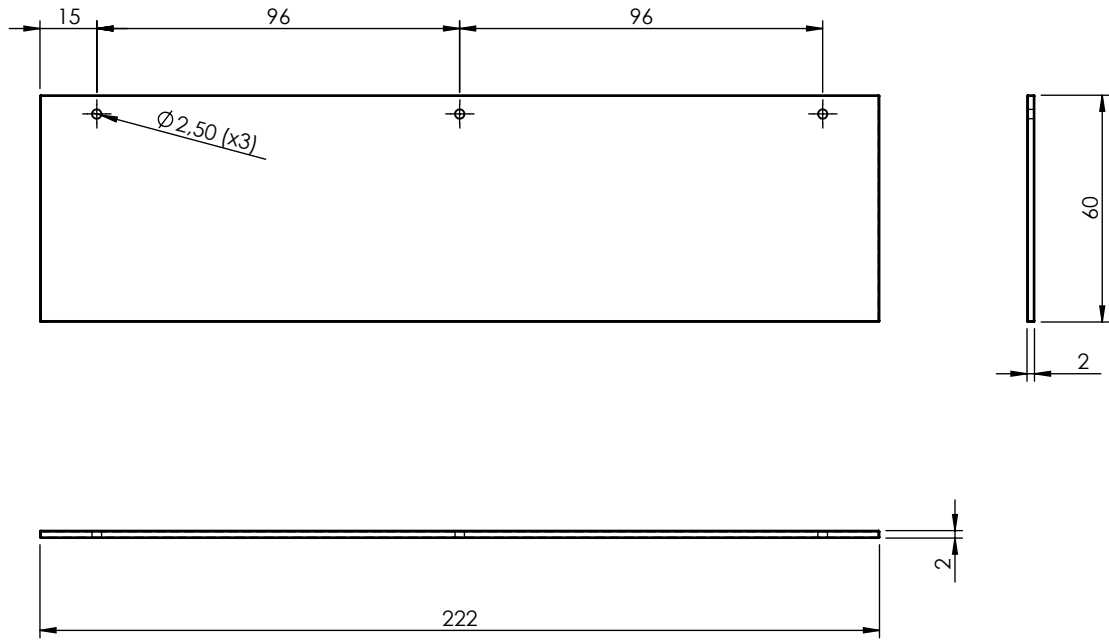
22/04/2010

ESCALA:

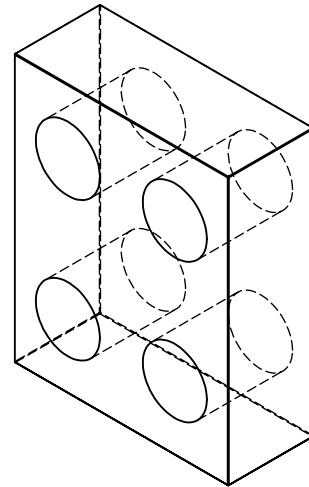
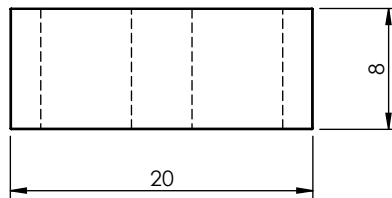
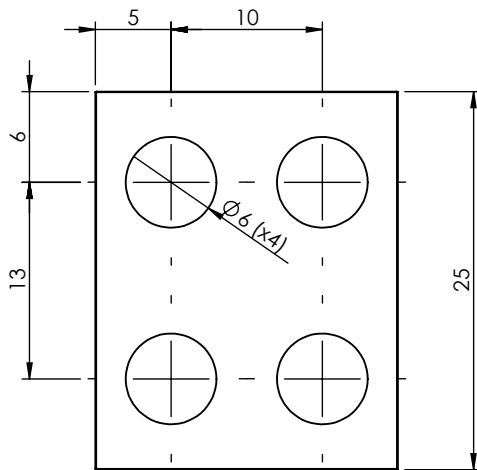
2:1

Nº PLANO:

9



| | | | | | |
|---|---|------------------------------------|---|-----------------------|--|
|  | Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | |
| | | INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | | |
| PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | FIRMA: | | | |
| PLANO:  | 10. Chapa cubre celula | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:2 | N° PLANO: 1 | |



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO TÉCNICO
INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA,
ENERGETICA Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA
MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES**

REALIZADO:

SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN

FIRMA:

PLANO:

Cubo fijación pletina

FECHA:

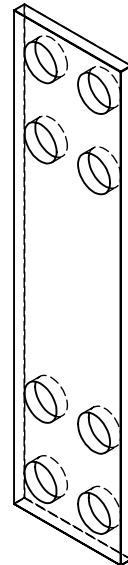
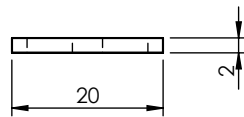
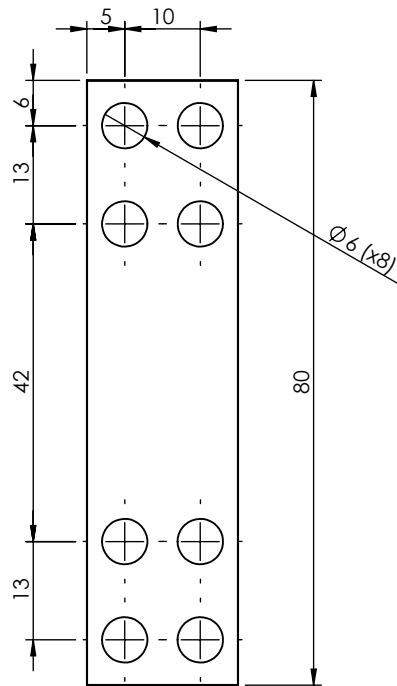
22/04/2010

ESCALA:

2:1

Nº PLANO:

11



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO TÉCNICO
INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA,
ENERGETICA Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA
MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES**

REALIZADO:

SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN

FIRMA:

PLANO:

Pletina vibradora

FECHA:

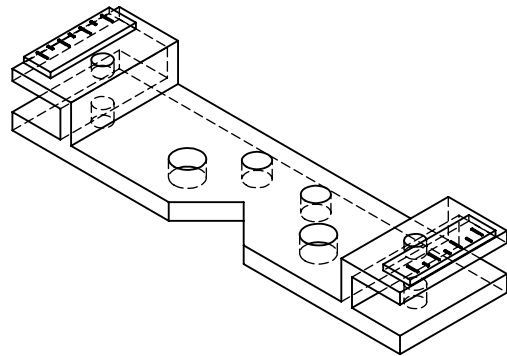
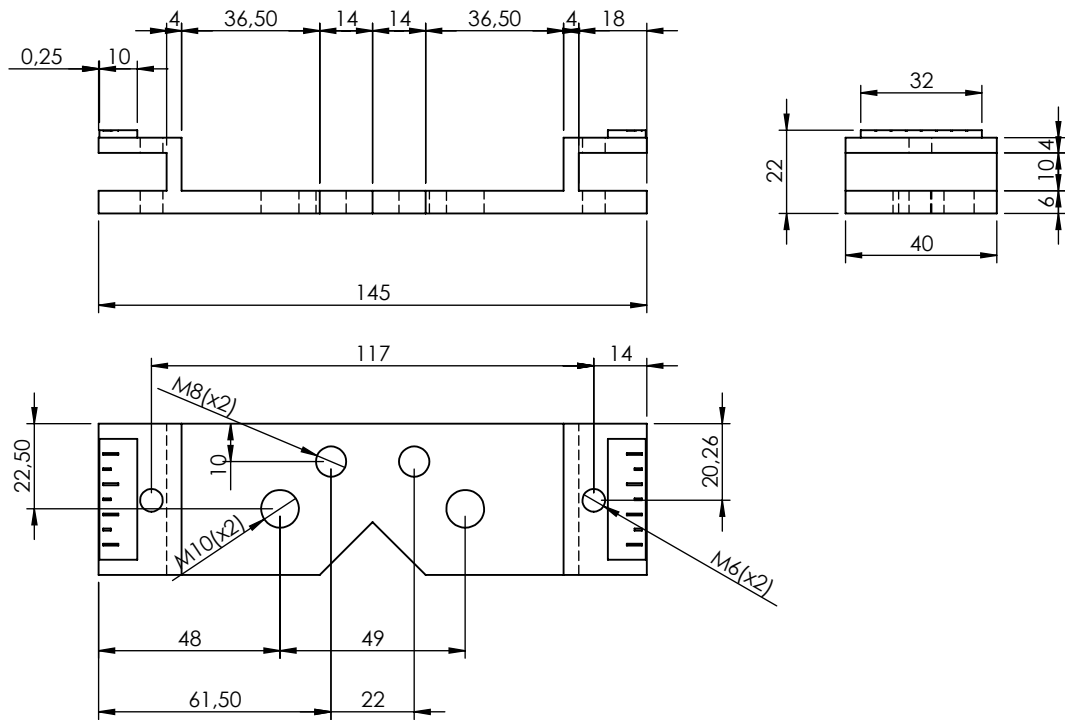
22/04/2010


ESCALA:

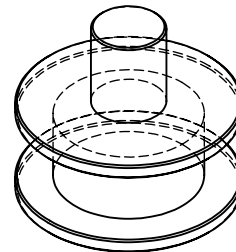
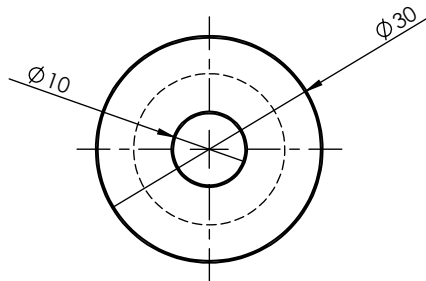
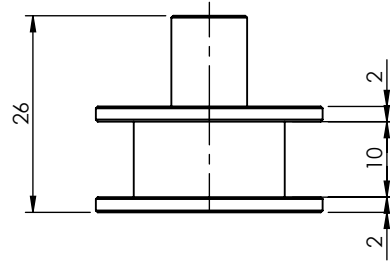
1:1

Nº PLANO:

12



| | | | | |
|---|--|---|---|-----------------------------------|
|  <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p> | <p>E.T.S.I.I.T.</p> <p>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.</p> | <p>DEPARTAMENTO:</p> <p>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES</p> | | |
| | <p>PROYECTO:</p> <p>MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES</p> | | <p>REALIZADO:</p> <p>SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN</p> | |
| <p>PLANO:</p> <p>soporte rodillos movil</p> | | <p>FECHA:</p> <p>22/04/2010</p> | <p>ESCALA:</p> <p>1:2</p> | <p>Nº PLANO:</p> <p>13</p> |



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO TÉCNICO
INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA,
ENERGETICA Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA
MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES**

REALIZADO:

SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN

FIRMA:

PLANO:

Porta rodillos

FECHA:

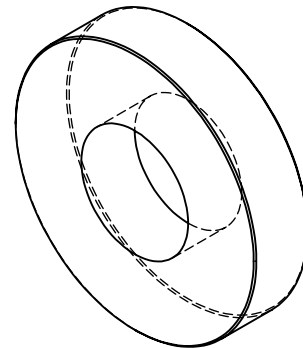
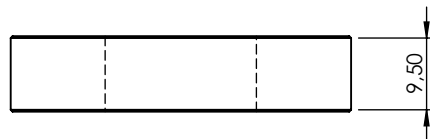
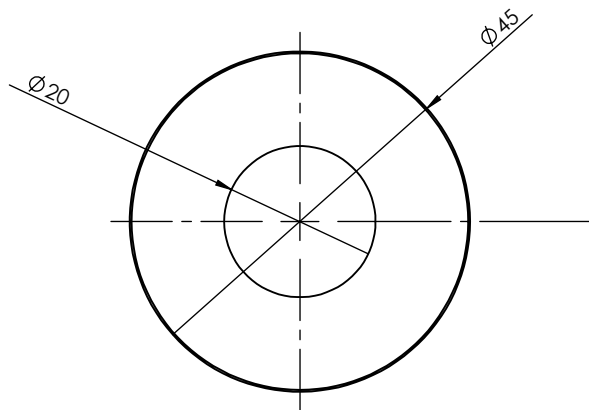
22/04/2010

ESCALA:

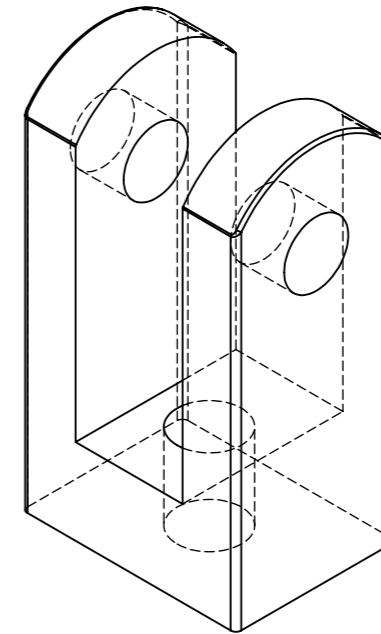
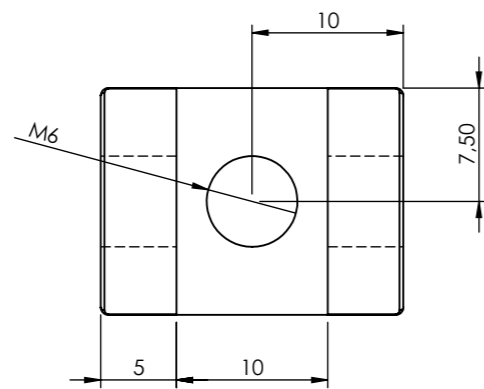
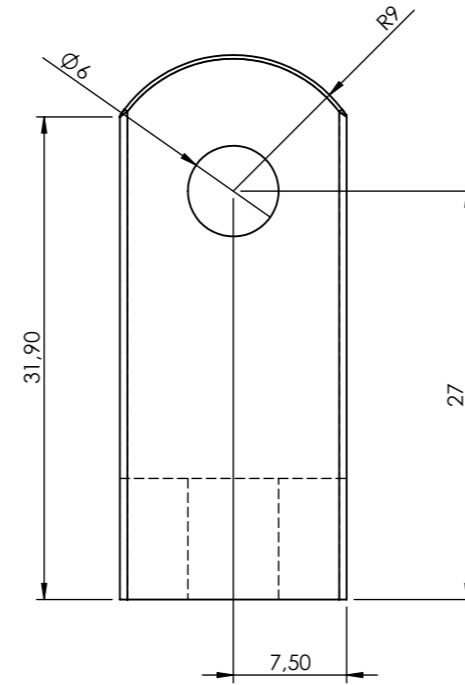
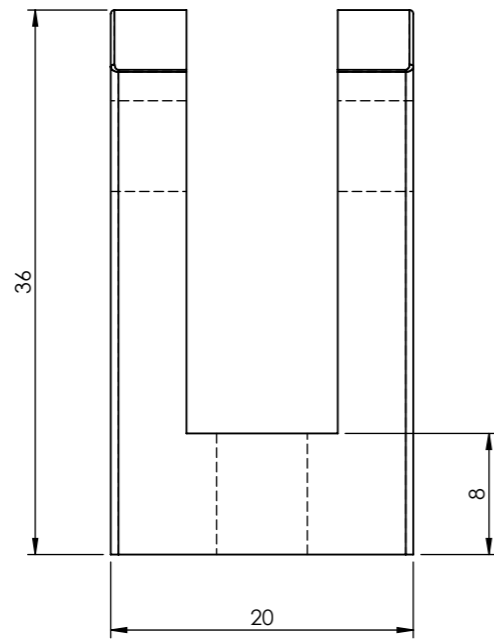
1:1

Nº PLANO:

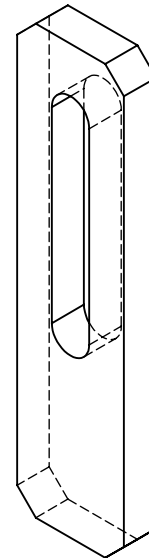
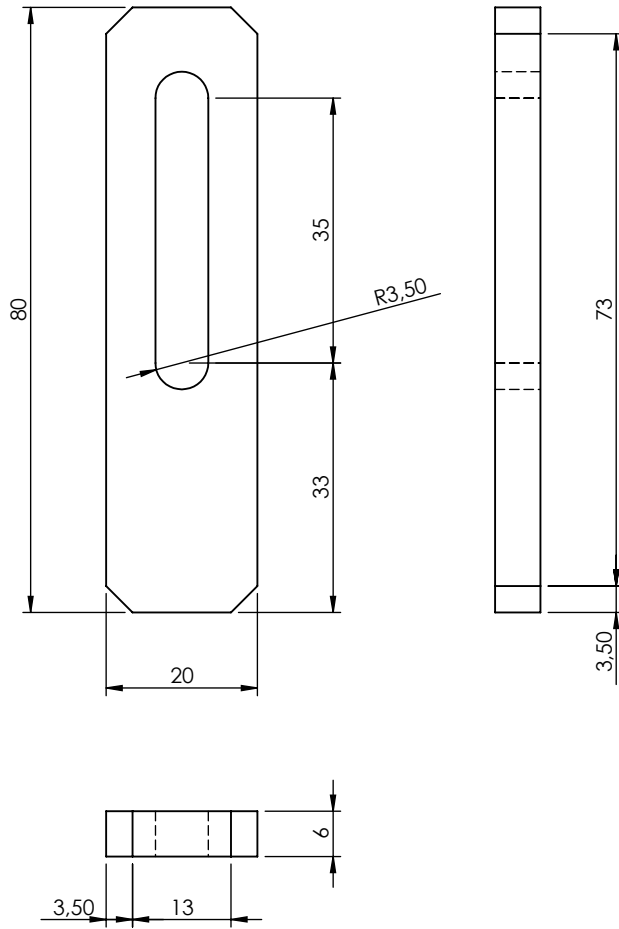
14



| | | | | | |
|---|---|------------------------------------|---|------------------------|--|
|  | Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES | | |
| | | INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | | |
| PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | FIRMA: | | | |
| PLANO:  | 15. Rodillo | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:1 | N° PLANO: 15 | |



| | | | |
|--|---------------------------------|---|-----------------------|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: | |
| | INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | |
| PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | |
| PLANO: Sujeta abraza ejes | | FIRMA: | |
| | | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 2:1 |
| | | Nº PLANO: 16 | |



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO TÉCNICO
INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA,
ENERGETICA Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA
MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES**

REALIZADO:

SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN

FIRMA:

PLANO:

Sujeta eje superior

FECHA:

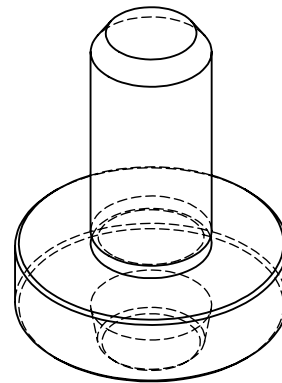
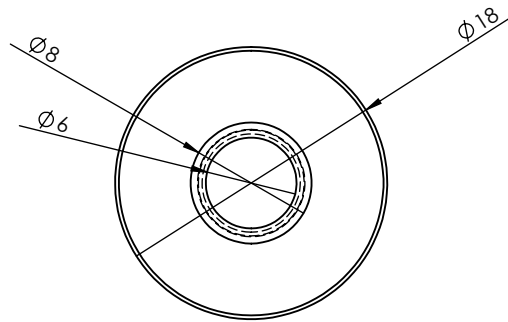
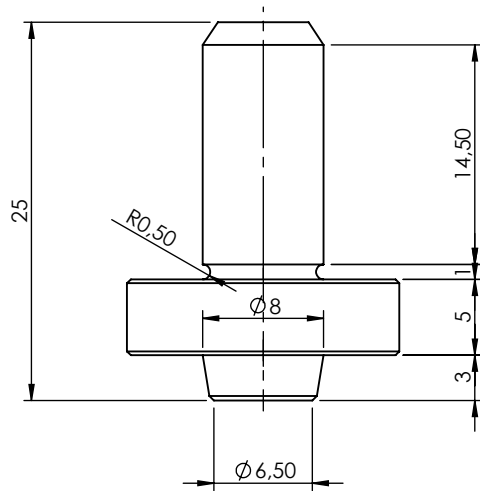
22/04/2010

ESCALA:

1:1

Nº PLANO:

17



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO TÉCNICO
INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA,
ENERGETICA Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA
MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES**

REALIZADO:

SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN

FIRMA:

PLANO:

Sujeta muelle

FECHA:

22/04/2010

ESCALA:

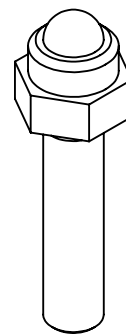
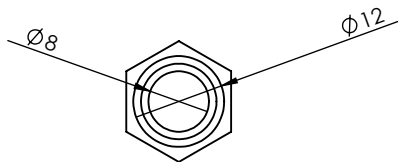
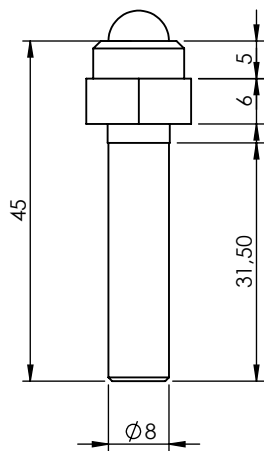
2:1


Nº PLANO:

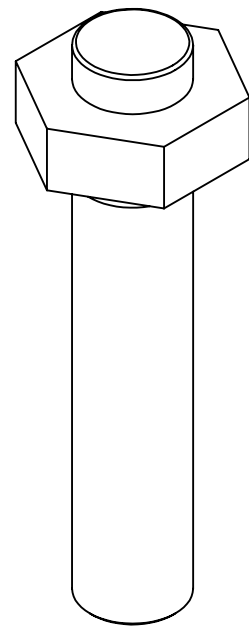
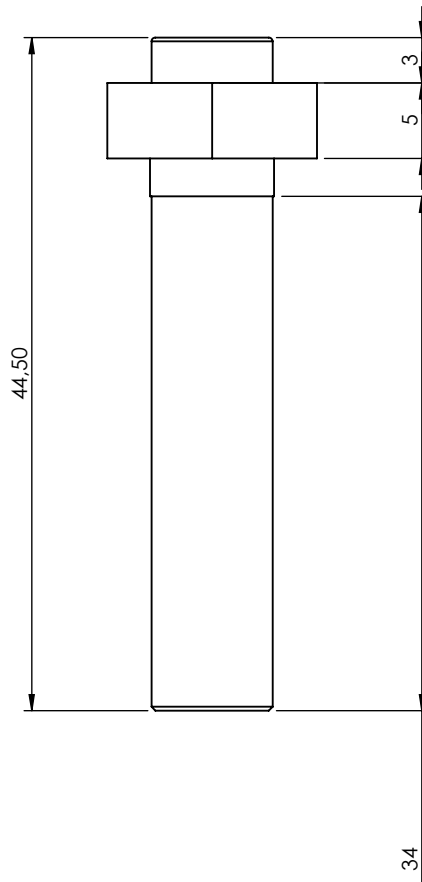
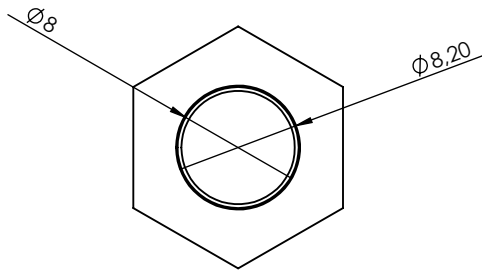
19

upna

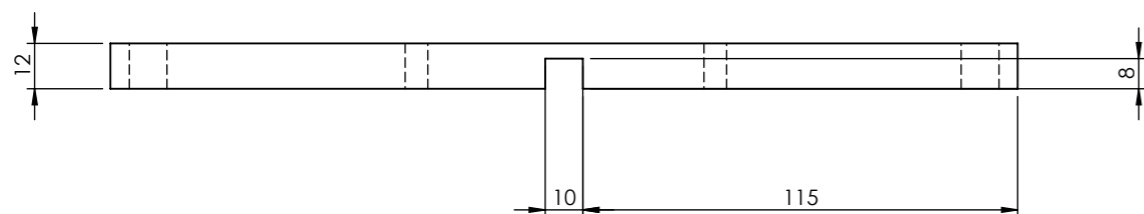
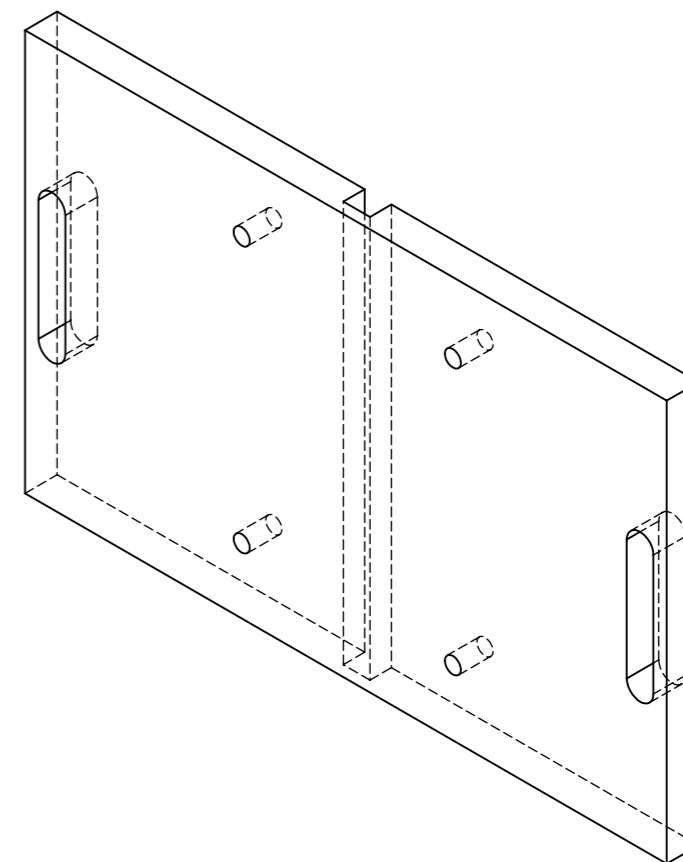
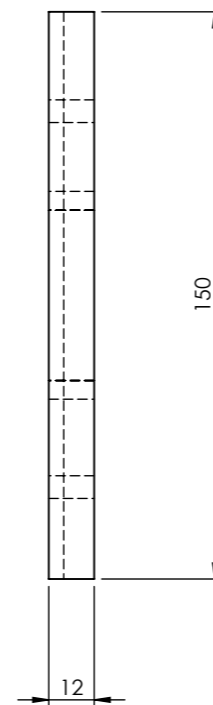
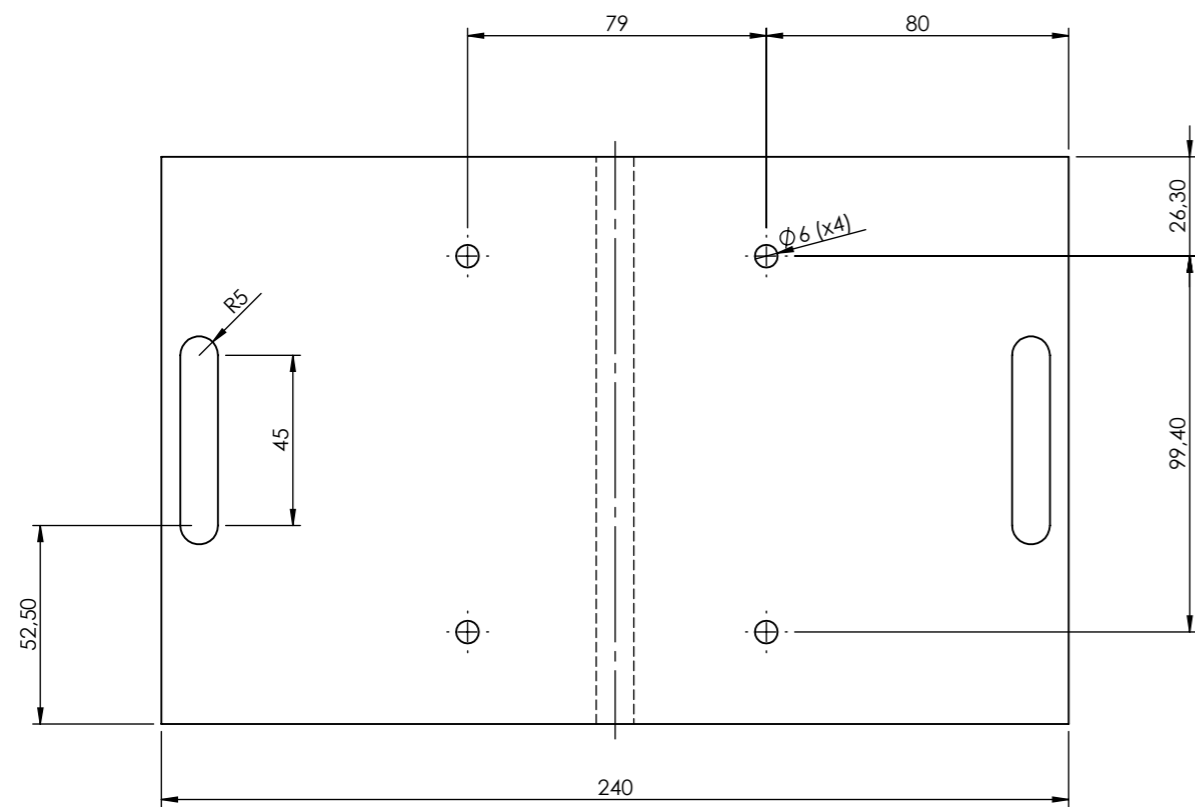
Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira



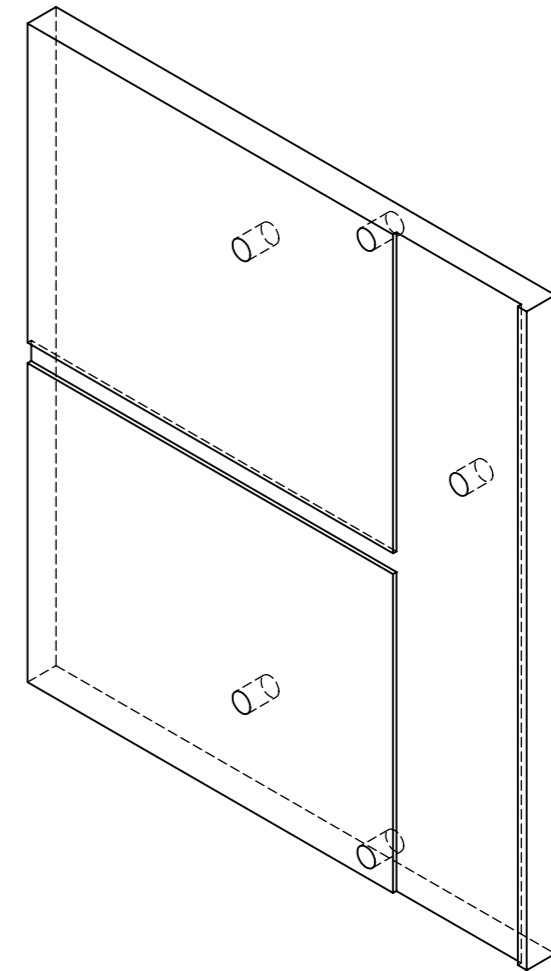
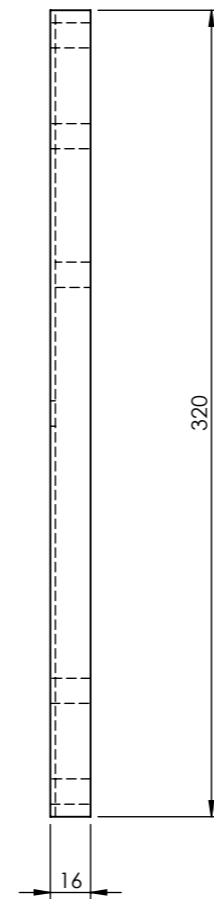
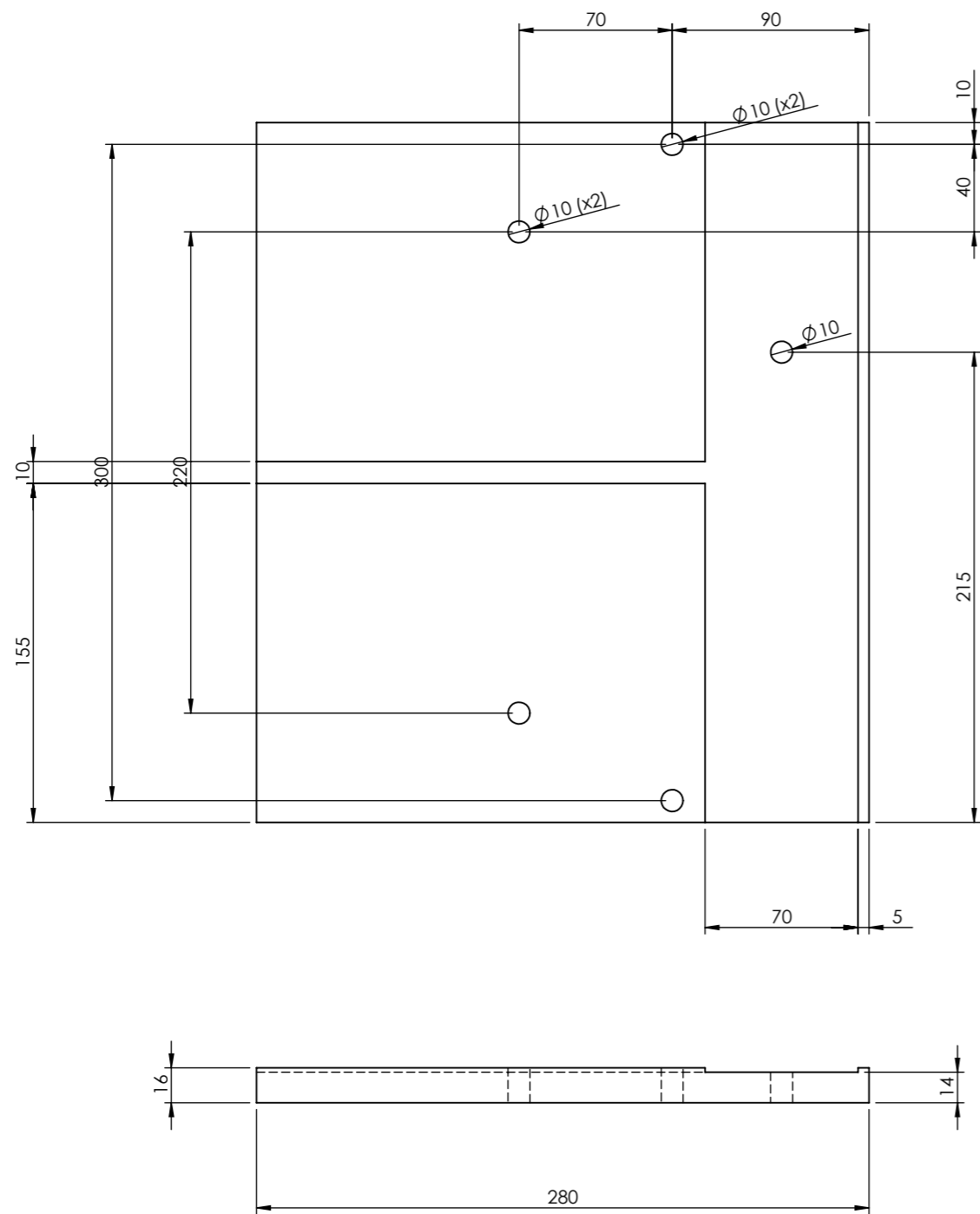
| | | | | |
|--|--|---|-----------------------------------|--|
|  <p>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i></p> | <p>E.T.S.I.I.T.</p> | DEPARTAMENTO: | | |
| | <p>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.</p> | DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | |
| <p>PROYECTO:</p> <p style="text-align: center;">MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES</p> | | <p>REALIZADO:</p> <p style="text-align: center;">SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN</p> | | |
| | | <p>FIRMA:</p> | | |
| <p>PLANO:</p> <p>Tornillo pulsador celula</p> | <p>FECHA:</p> <p>22/04/2010</p> | <p>ESCALA:</p> <p>1:1</p> | <p>Nº PLANO:</p> <p>20</p> | |



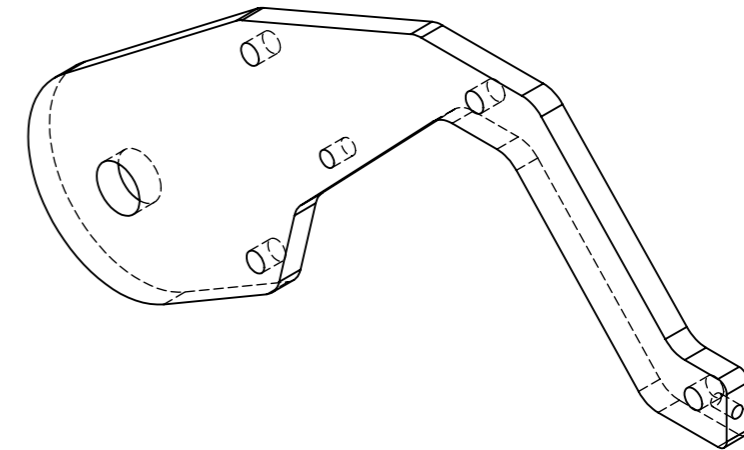
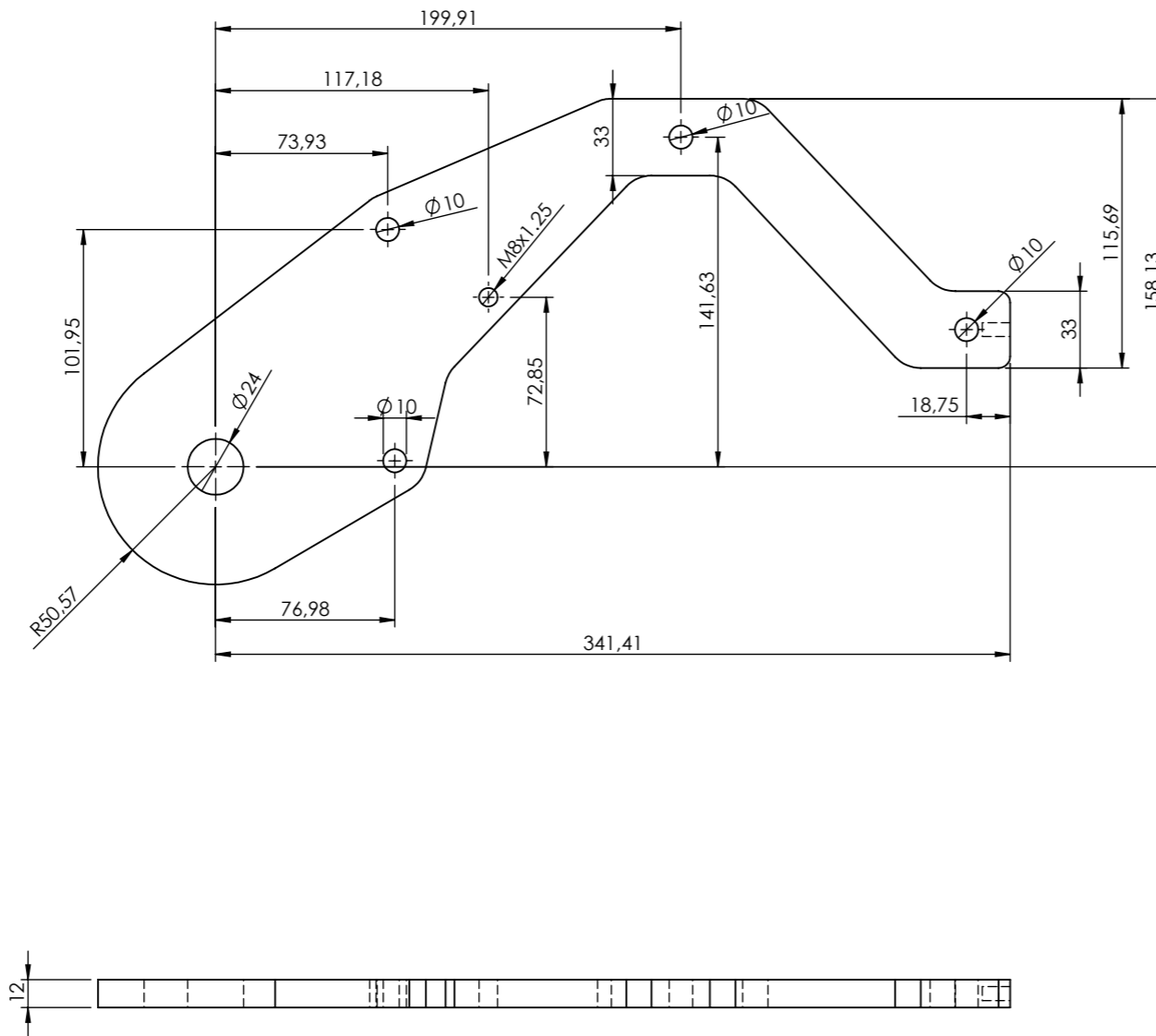
| | | | | |
|--|------------------------------------|--|-----------------------|------------------------|
|  <p>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i></p> | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: | | |
| | INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | |
| PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: | | |
| | | SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | | |
| PLANO: 21. Tornillo sujeta muelle ext | | FIRMA: | | |
| | | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 2:1 | Nº PLANO: 21 |



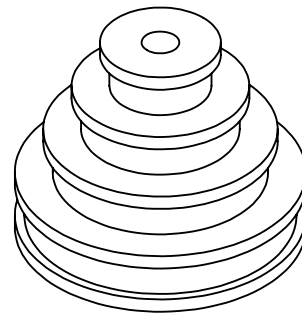
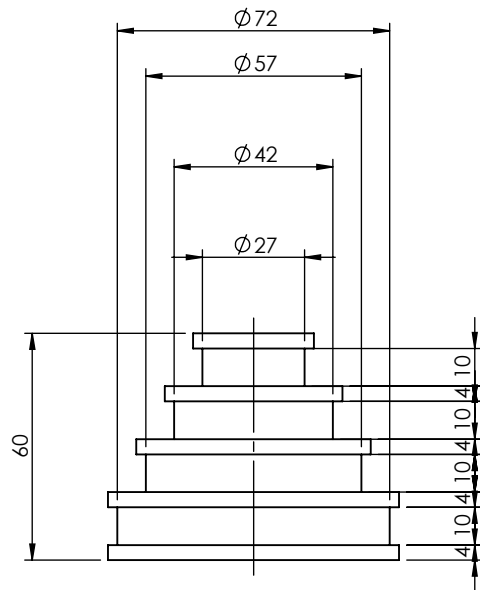
| | | | |
|--|---------------------------------|---|------------------------|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: | |
| | INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | |
| PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | |
| PLANO: Base motor | | FIRMA: | |
| | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:2 | Nº PLANO: 22 |




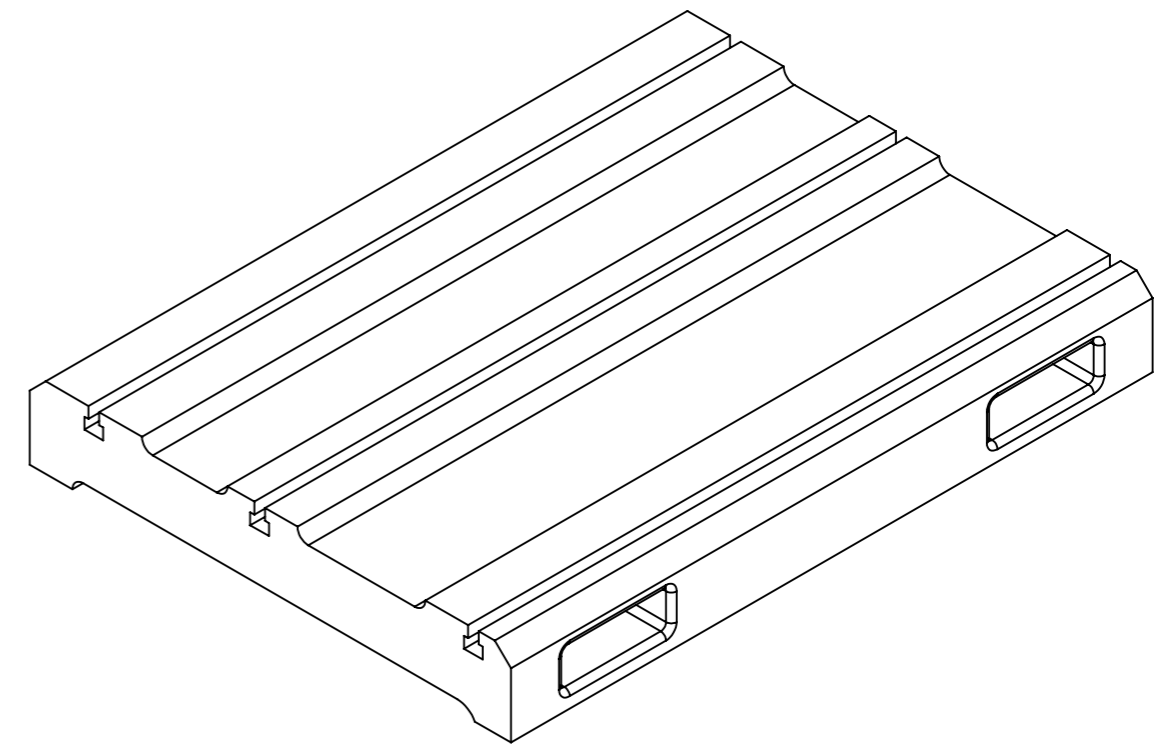
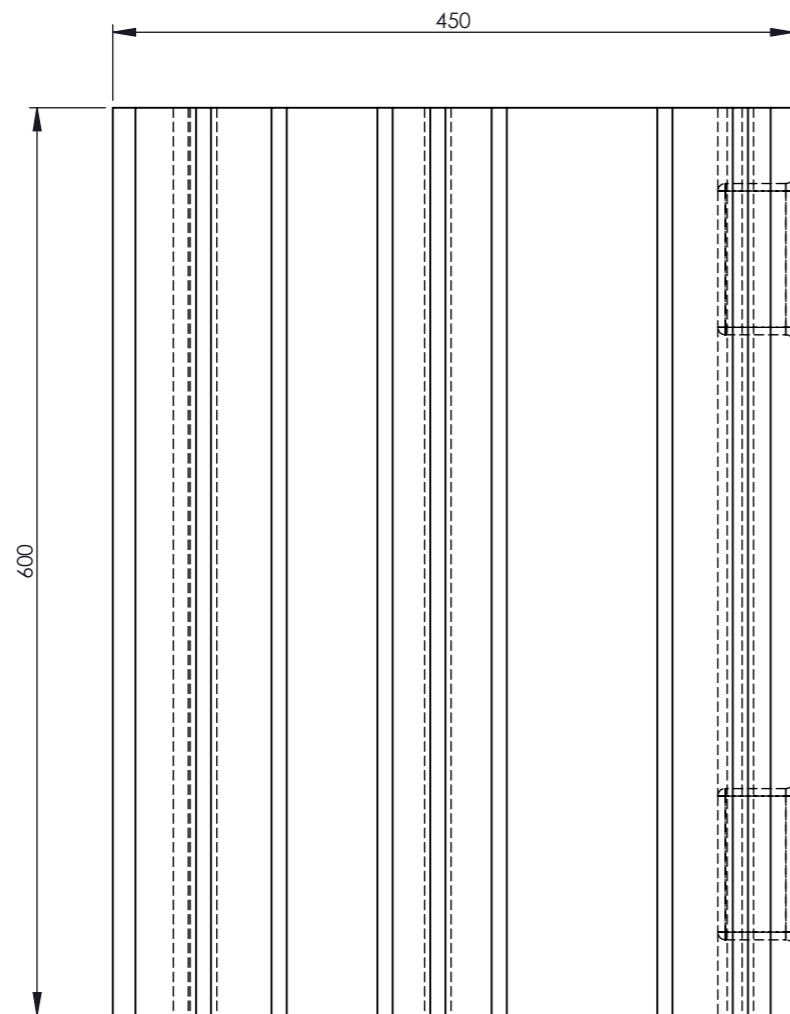
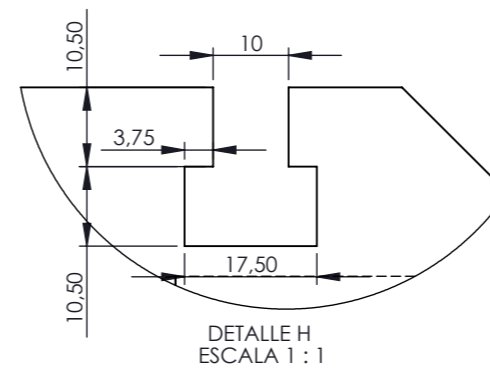
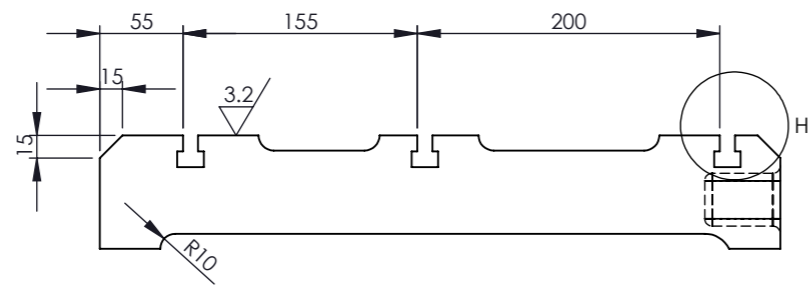
| | | | | |
|---|---|--|--|-----------------------|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | |
| | PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | |
| PLANO: Base motor y correa | | FIRMA: | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:3 |
| | | | Nº PLANO: 22 | |



| | | | | |
|--|---------------------------------|---|-----------------------|------------------------|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: | | |
| | INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | |
| PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | | |
| PLANO: Porta correa | | FIRMA: | | |
| | | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:3 | Nº PLANO: 24 |



| | | | | |
|--|---------------------------------|---|------------------------|--|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: | | |
| | INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | |
| PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | | |
| | | FIRMA: | | |
| PLANO: Eje motor | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:2 | Nº PLANO: 25 | |



| | | | | |
|--|---|--|--|-----------------------|
|  Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> | E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M. | DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATARIALES | | |
| | PROYECTO: MODIFICACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EQUILIBRADORA DE EJES | | REALIZADO: SANTESTEBAN CIZUR, JUAN MARTÍN | |
| PLANO: BASE GUIA | | FIRMA: | FECHA: 22/04/2010 | ESCALA: 1:5 |
| | | | Nº PLANO: 26 | |

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ANEXO A: CODIGO FUENTE PROGRAMA EQUILBRADORA..... | 1 |
| A.1. CODIGO FUENTE PROGRAMA EQUILBRADORA..... | 1 |
| A.2. PROGRAMA DE FILTRADO FILTRO.M | 21 |
| ANEXO B: ESQUEMAS ELECTRICOS..... | 23 |

ANEXO A: CODIGO FUENTE PROGRAMA EQUILBRADORA

A.1. CODIGO FUENTE PROGRAMA EQUILBRADORA

En esta sección se presenta el código fuente de los programas desarrollados en MATLAB con el se calcula el desequilibrio y su posición angular. El programa principal es Equilibradora.m. El código fuente de este programa se encuentra en la carpeta /Programas/Equilibradora en el CD que acompaña la documentación del presente PFC. Además de este archivo esta la figura con la que se crea le interfaz llamado Equilibradora.fig. También esta le filtro utilizado, filtro.m.

Equilibradora.m:

```
function varargout = Equilibradora(varargin)
%EQUILBRADORA M-file for Equilibradora.fig
%   EQUILBRADORA, by itself, creates a new EQUILBRADORA or raises
the existing
%   singleton*.
%
%   H = EQUILBRADORA returns the handle to a new EQUILBRADORA or
the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   EQUILBRADORA('Property','Value',...) creates a new
EQUILBRADORA using the
%   given property value pairs. Unrecognized properties are passed
via
%   varargin to Equilibradora_OpeningFcn. This calling syntax
produces a
%   EQUILBRADORA('CALLBACK') and
EQUILBRADORA('CALLBACK',hObject,...) call the
%   local function named CALLBACK in EQUILBRADORA.M with the given
input
%   arguments.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help Equilibradora

% Last Modified by GUIDE v2.5 16-Apr-2010 20:56:58

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
```

```

        'gui_OpeningFcn', @Equilibradora_OpeningFcn, ...
        'gui_OutputFcn', @Equilibradora_OutputFcn, ...
        'gui_LayoutFcn', [], ...
        'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Equilibradora is made visible.
function Equilibradora_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   unrecognized PropertyName/PropertyValue pairs from the
%            command line (see VARARGIN)
%Inicializamos la variables iniciales
%Tipo de eje, inicializamos tipo1
global cteje teje
cteje=1; %Contador tipo eje
teje=1; %Variable tipo eje
[a,map]=imread('tipol.jpg');
[r,c,d]=size(a);
x=ceil(r/1000);
y=ceil(c/1000);
g=a(1:x:end,1:y:end,:);
g(g==255)=5.5*255;
cteje=cteje+1;
set(handles.Tipo_eje,'CData',g)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Inicializamos variable unidades
global U_masa U_longitud
U_masa=1; %Empazamos con gramos
U_longitud=1; %Empezamos con milímetros
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Tipo de operacion
global OperacionA OperacionB
OperacionA=1; %Inicializamos quitar
OperacionB=1; %Inicializamos quitar
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Marca fotocelula
global marca
marca=1; %Marca clara
%Inicializamos la graficas polares
axes(handles.axes1);
polar(pi,0,'o'),polar(pi,0,'*');
grid on
axes(handles.axes2);
polar(pi,0,'o'),polar(pi,0,'*');
grid on
% Choose default command line output for Equilibradora

```



```

handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Equilibradora wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Equilibradora_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in Tipo_eje.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Elección del tipo de eje
function Tipo_eje_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Tipo_eje (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
global cteje teje
if cteje==1
teje=1;
[a,map]=imread('tipol.jpg');
[r,c,d]=size(a);
x=ceil(r/1000);
y=ceil(c/1000);
g=a(1:x:end,1:y:end,:);
g(g==255)=5.5*255;
cteje=cteje+1;
set(handles.Tipo_eje,'CData',g)
elseif cteje==2
teje=2;
[a,map]=imread('tipo2.jpg');
[r,c,d]=size(a);
x=ceil(r/1000);
y=ceil(c/1000);
g=a(1:x:end,1:y:end,:);
g(g==255)=5.5*255;
cteje=cteje+1;
set(handles.Tipo_eje,'CData',g)
elseif cteje==3
teje=3;
[a,map]=imread('tipo3.jpg');
[r,c,d]=size(a);
x=ceil(r/1000);
y=ceil(c/1000);
g=a(1:x:end,1:y:end,:);
g(g==255)=5.5*255;
cteje=cteje+1;
set(handles.Tipo_eje,'CData',g)
elseif cteje==4

```

```

teje=4;
[a,map]=imread('tipo4.jpg');
[r,c,d]=size(a);
x=ceil(r/1000);
y=ceil(c/1000);
g=a(1:x:end,1:y:end,:);
g(g==255)=5.5*255;
cteje=cteje+1;
set(handles.Tipo_eje,'CData',g)
elseif cteje==5
teje=5;
[a,map]=imread('tipo5.jpg');
[r,c,d]=size(a);
x=ceil(r/1000);
y=ceil(c/1000);
g=a(1:x:end,1:y:end,:);
g(g==255)=5.5*255;
cteje=cteje+1;
set(handles.Tipo_eje,'CData',g)
else
teje=6;
[a,map]=imread('tipo6.jpg');
[r,c,d]=size(a);
x=ceil(r/1000);
y=ceil(c/1000);
g=a(1:x:end,1:y:end,:);
g(g==255)=5.5*255;
cteje=1;
set(handles.Tipo_eje,'CData',g)
end

```

```

function RadioA_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to RadioA (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
NewStrVal=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(NewStrVal); %Transformar a formato double
handles.RadioA=NewVal; %Almacenar en puntero
if isnan(NewVal)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
end
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of RadioA as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of RadioA
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function RadioA_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to RadioA (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function RadioB_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to RadioB (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
NewStrVal=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(NewStrVal); %Transformar a formato double
handles.RadioB=NewVal; %Almacenar en puntero
if isnan(NewVal)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
end
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of RadioB as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of RadioB
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function RadioB_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to RadioB (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in Tipo_marca.
function Tipo_marca_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tipo_marca (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
global marca
val=get(hObject,'Value');
str=get(hObject,'String');
switch str{val}
case 'Marca_clara'
marca=1;
case 'Marca_oscura'
marca=2;
end
% Hints: contents = get(hObject,'String') returns Tipo_marca contents
as cell array
%       contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
Tipo_marca

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Tipo_marca_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tipo_marca (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in Unidades_masa.
function Unidades_masa_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Unidades_masa (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
global U_masa
val=get(hObject,'Value');
str=get(hObject,'String');
switch str{val}
case 'Gramos'
U_masa=1;
set(handles.Unidades_A,'String',{'gr'});
set(handles.Unidades_B,'String',{'gr'});
case 'Onzas'
U_masa=2;
set(handles.Unidades_A,'String',{'oz'});
set(handles.Unidades_B,'String',{'oz'});
end
% Hints: contents = get(hObject,'String') returns Unidades_masa
contents as cell array
%       contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
Unidades_masa

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Unidades_masa_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Unidades_masa (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in Unidades_longitud.
function Unidades_longitud_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Unidades_longitud (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

global U_longitud
val=get(hObject,'Value');
str=get(hObject,'String');
switch str{val}
case 'Milimetros'
U_longitud=1;
set(handles.uradioa,'String',['mm']);
set(handles.uradiob,'String',['mm']);
set(handles.mla,'String',['mm']);
set(handles.mlb,'String',['mm']);
set(handles.mlc,'String',['mm']);
case 'Pulgadas'
U_longitud=2;
set(handles.uradioa,'String',['in']);
set(handles.uradiob,'String',['in']);
set(handles.mla,'String',['in']);
set(handles.mlb,'String',['in']);
set(handles.mlc,'String',['in']);
end
% Hints: contents = get(hObject,'String') returns Unidades_longitud
contents as cell array
%         contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
Unidades_longitud

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Unidades_longitud_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Unidades_masa (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in Tipo_operacionA.
function Tipo_operacionA_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tipo_operacionA (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
global OperacionA
val=get(hObject,'Value');
str=get(hObject,'String');
switch str{val}
case 'Quitar'
OperacionA=1;
case 'Añadir'
OperacionA=2;
end
% Hints: contents = get(hObject,'String') returns Tipo_operacionA
contents as cell array
%         contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
Tipo_operacionA

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Tipo_operacionA_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tipo_operacionA (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in Tipo_operacionB.
function Tipo_operacionB_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tipo_operacionB (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
global OperacionB
val=get(hObject,'Value');
str=get(hObject,'String');
switch str{val}
case 'Quitar'
OperacionB=1;
case 'Añadir'
OperacionB=2;
end
% Hints: contents = get(hObject,'String') returns Tipo_operacionB
contents as cell array
% contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
Tipo_operacionB

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Tipo_operacionB_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tipo_operacionB (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function LA_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to LA (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
NewStrVal=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(NewStrVal); %Transformar a formato double

```

```

handles.LA=NewVal; %Almacenar en puntero
if isnan(NewVal)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
end
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of LA as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of LA as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function LA_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to LA (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function LB_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to LB (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
NewStrVal=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(NewStrVal); %Transformar a formato double
handles.LB=NewVal; %Almacenar en puntero
if isnan(NewVal)
errordlg('El valor debe ser numérico','ERROR')
end
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of LB as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of LB as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function LB_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to LB (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```
function LC_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to LC (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
NewStrVal=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
NewVal = str2double(NewStrVal); %Transformar a formato double
handles.LC=NewVal; %Almacenar en puntero
if isnan(NewVal)
errorldg('El valor debe ser numérico','ERROR')
end
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of LC as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of LC as a
double
```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.

```
function LC_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to LC (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.

```
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

% --- Executes on button press in EQUILIBRAR.

```
function EQUILIBRAR_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to EQUILIBRAR (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Leemos el archivo para analizar
% Podemos leer archivo por defercto(isi.txt) o elegir el archivo
analizar
% Si hay algún problemas la variable err (error) se pone a uno y no
dice que no se puede leer el archivo
clear datos
clear a
clear err
err=0;
clear opc
opc=questdlg({'Para continuar pulse: SI','Para elegir el archivo
pulse: NO'}, 'SALIR', 'SI', 'NO', 'SI');
if strcmp(opc, 'SI')
    [arch,error]=fopen('isi.txt','r');
    if (arch > -1)
        %se lee toda la infomación y se almacena en un vector
        %Los datos son interpretados como numero enteros (%d)
        a= fscanf(arch,'%lf');
        %disp('Los nueros leidos:');
        %disp(a);
        fclose('all');
    else
        err=1;
    end
```



```

    end
end
if strcmp(opc, 'NO')
    [nombrefichero, nombreruta, indice]=uigetfile('*.txt;', '*');
    [arch,error]=fopen(nombrefichero, 'r');
    if (arch > -1)
        %se lee toda la infomación y se almacena en un vector
        %Los datos son interpretados como numero enteros (%d)
        a= fscanf(arch,'%lf');
        %disp('Los nueros leidos:');
        %disp(a);
        fclose('all');
    else
        err=1;
    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Como tenemos un vector y necesitamos que sea una matriz lo
transformamos
% a una matriz de 4 columnas que es lo que necesitamos
if err==0
    long=size(a);
    long=long(1);
    columna=1;
    fila=1;
    for i=1:long
        datos(fila,columna)=a(i);
        columna=columna+1;
        if columna>4
            fila=fila+1;
            columna=1;
        end
    end
end
end

%Calculo de la frecuencia y velocidad angular
%numerodatos=numero de datos por canal
numerodatos=2000;
if err==0
    global Fs %Hago global la variable frecuencia de toma de datos para
    utilizar en el filtro
    Fs=2000; %Frecuencia de toma de datos por canal
    filasmatriz=size(datos); %Calculo de el tamaño de la matriz
    filasmatriz=filasmatriz(1); %Numero de filas de la matriz
    fotocelula=datos(1:filasmatriz,4); %Datos de la fotocelula

% Para el calculo de la frecuencia contamos el numero de datos entre
picos
% y realizamos una media de numero de datos por ciclo de la toma de
datos total, con ese dato y el
% la frecuencia de muestreo calculamos la frecuencia de giro y con
ello la velocidad
% angular
% Según el tipo de marca se contara a partir de un pico ascendente
(marca clara) o un pico
% descendente (marca oscura).
global marca
if marca==1
    contador=1;

```

```

ndatos=0;
w=0;      %Esta variable se usa para despreciar los datos hasta el
primer pico
y=0;
    for i=2:filasmatriz
        if (fotocelula(i)>3) & (fotocelula(i-1)<1)
            y=i;
            if w==1
                ndatos=y-n;
                frec(contador)=ndatos;
                contador=contador+1;
            end
            n=y;
            w=1;
        end
    end
elseif marca==2
    for i=2:filasmatriz
        if (fotocelula(i)<3) & (fotocelula(i-1)>1)
            y=i;
            if w==1
                ndatos=y-n;
                frec(contador)=ndatos;
                contador=contador+1;
            end
            n=y;
            w=1;
        end
    end
end
p=mean(frec);%Numero de datos por ciclo
rpm=60/(p/numerodatos);
frecuencia=rpm/60;
vangular=frecuencia*2*pi;
%situamos el dato rpm en interfaz
set(handles.RPM,'String',rpm);
end

%Filtrado
%Definimos los datos del filtro gracias al calculo de la frecuencia
if err==0
global Fstop1 Fstop2 %Hago global la frecuencias de corte
Fstop1=frecuencia/1.1; %Primera frecuencia de corte
Fstop2=frecuencia*1.1; %Segunda frecuencia de corte
% Filtrado de canales de los captadores de vibraciones
canal2= datos(1:filasmatriz,2);
canal3= datos(1:filasmatriz,3);

% Invertimos los datos de los captadores para la señal sea negativa
(reacción) al
% paso de las masa
canal2=(-1)*canal2;
canal3=(-1)*canal3;

%Filtramos los canales de los captadores
captadordrch=filter(filtro,canal2);% Filtrado canal1
captadorizq=filter(filtro,canal3);% Filtrado canal2
end

```

```

%Utilizamos una parte de los datos por el filtrado
if err==0
ndu=filasmatriz/2;ndu=round(ndu);%Parte entera de la mitaz de
filasmatriz
capizq=captadorizq(ndu:filasmatriz,1);
capdrch=captadorrch(ndu-1:filasmatriz-1,1);
fotocelula=fotocelula(ndu-2:filasmatriz-2,1);
end
%
%Graficamos los datos (PROVISIONAL)
%plot(capizq)
%hold on
%plot(capdrch,'r')
%hold on
%plot(fotocelula,'g')
%hold off

%Calulo del desfase con respecto la fotocelula
if err==0
  if marca==1
    fmatriz=size(capizq);
    fmatriz=fmatriz(1);
    y=0;
    n=2;
    boleano=0;
    contizq=1;
    condrch=1;
    ndatosizq=0;
    ndatosdrch=0;
    desfizq=0;
    desfdrch=0;
    tfilasmaxdrch=0;
    tfilasmaxizq=0;
    for i=2:fmatriz
      if (fotocelula(i-1)<3) & (fotocelula(i)>3)
        y=i;
        if boleano==1
          for i=n:y
            if (capizq(i)>capizq(i-1)) &
(capizq(i)>capizq(i+1))
              d=i;
              ndatosizq=d-n;
              desfizq(contizq)=ndatosizq;
              tfilasmaxizq(contizq)=i;
              contizq=contizq+1;
            end
          end
          for i=n:y
            if (capdrch(i)>capdrch(i-1)) &
(capdrch(i)>capdrch(i+1))
              d=i;
              ndatosdrch=d-n;
              desfdrch(condrch)=ndatosdrch;
              tfilasmaxdrch(condrch)=i;
              condrch=condrch+1;
            end
          end
        end
        n=y;
        boleano=1;
      end
    end
  end
end

```

```

    end
  end
  elseif marca==2
    fmatriz=size(capizq);
    fmatriz=fmatriz(1);
    y=0;
    n=2;
    boleano=0;
    contizq=1;
    condrch=1;
    ndatosizq=0;
    ndatosdrch=0;
    desfizq=0;
    desfdrch=0;
    tfilasmaxdrch=0;
    tfilasmaxizq=0;
    for i=2:fmatriz
      if (fotocelula(i-1)>3) & (fotocelula(i)<3)
        y=i;
        if boleano==1
          for i=n:y
            if (capizq(i)>capizq(i-1)) &
(capizq(i)>capizq(i+1))
              d=i;
              ndatosizq=d-n;
              desfizq(contizq)=ndatosizq;
              tfilasmaxizq(contizq)=i;
              contizq=contizq+1;
            end
          end
          for i=n:y
            if (capdrch(i)>capdrch(i-1)) &
(capdrch(i)>capdrch(i+1))
              d=i;
              ndatosdrch=d-n;
              desfdrch(condrch)=ndatosdrch;
              tfilasmaxdrch(condrch)=i;
              condrch=condrch+1;
            end
          end
        end
        n=y;
        boleano=1;
      end
    end
    % Desfase
    desfizq=mean(desfizq);
    desfdrch=mean(desfdrch);
    desfaseizq=(360*desfizq)/p;
    desfasedrch=(360*desfdrch)/p;
  end

  %Calculo de los maximos
  if err==0
    tabla1=0;
    tabla2=0;
    cont1=1;
    cont2=1;
    capizq1=capizq;

```

```

capdrch1=capdrch;
for i=2:fmatriz-1
    if (capizql(i)> capizql(i-1)) & (capizql(i)> capizql(i+1))
        tabla1(cont1)=capizql(i);
        cont1=cont1+1;
    end
end
for i=2:fmatriz-1
    if (capdrch1(i)> capdrch1(i-1)) & (capdrch1(i)>capdrch1(i+1))
        tabla2(cont2)=capdrch1(i);
        cont2=cont2+1;
    end
end
mediacapizq=mean(tabla1);
mediacapdrch=mean(tabla2);
end

%Fuerzas maximas en los apoyos
if err==0
    Fi=mediacapizq*7.3;
    Fd=mediacapdrch*7.3;
end

%Lecturas de datos eje
global U_longitud
if err==0
    l1=handles.LA;
    l2=handles.LB;
    l3=handles.LC;
    Ra=handles.RadioA;
    Rb=handles.RadioB;
    % Covertimos milimetros si se introducen pulgadas.
    if U_longitud==2
        l1=l1*25.4;
        l2=l2*25.4;
        l3=l3*25.4;
        Ra=Ra*25.4;
        Rb=Rb*25.4;
    end
    %Pasamos a metros los radios para el calculo.
    Ra=Ra/1000;
    Rb=Rb/1000;
end

%Calculo de masas y posición angular
%Definimos las constantes de la matriz según el tipo eje
global teje
if err==0
    if teje==1
        E=(-1)*((l3-l1)/l3);
        F=(-1)*((l3-l2)/l3);
        G=(-1)*(l1/l3);
        H=(-1)*(l2/l3);
    elseif teje==2
        E=(-1)*(l2-l1)/l2;
        F=(l3-l2)/l2;
        G=(-1)*(l1/l2);
        H=(-1)*(l3/l2);
    elseif teje==3
        E=(-1)*((l3)/(l3-l1));

```

```

F=(-1)*((l3-l2)/(l3-l1));
G=(l1/(l3-l1));
H=(-1)*((l2-l1)/(l3-l1));
elseif teje==4
E=(l2-l1)/l1;
F=(l3-l1)/l1;
G=(-1)*(l2/l1);
H=(-1)*(l3/l1);
elseif teje==5
E=(-1)*(l3)/(l3-l1);
F=(-1)*(l3-l1)/(l3-l1);
G=(l2)/(l3-l1);
H=(l2-l1)/(l3-l1);
elseif teje==6
E=(-1)*(l2)/(l2-l1);
F=(l3-l2)/(l2-l1);
G=(l1/(l2-l1));
H=(-1)*((3-l1)/(l2-l1));
end

gamma=(360-desfaseizq)*(2*pi)/360;
delta=(360-desfasedrch)*(2*pi)/360;
A=cos(gamma)*Fi;
B=sin(gamma)*Fi;
C=cos(delta)*Fd;
D=sin(delta)*Fd;
tindp=[A,B,C,D];
matriz=[E,0,F,0;0,E,0,F;G,0,H,0;0,G,0,H];
end

%Resolvemos la matriz
if err==0
S=tindp/matriz;
X1=S(1);Y1=S(2);X2=S(3);Y2=S(4);
end

%Calculamos las masa con los resultados de la matriz
if err==0
m1=(sqrt(X1^2+Y1^2))/(vangular^2*Ra);
m2=(sqrt(X2^2+Y2^2))/(vangular^2*Rb);
m1=m1*1000; %Ponemos en gr el desequilibrio
m2=m2*1000;
end

%Calculo angulo
%Plano Izquierdo
if err==0
thets1=Y1>0;
thetc1=X1>0;
if [thets1,thetc1]==[1,1]
alfal=atan(Y1/X1);
elseif [thets1,thetc1]==[1,0]
alfal=pi-abs(atan(Y1/X1));
elseif [thets1,thetc1]==[0,0]
alfal=pi+abs(atan(Y1/X1));
elseif [thets1,thetc1]==[0,1]
alfal=2*pi-abs(atan(Y1/X1));
end
end
%Redondeamos a una cifras decimales

```

```

desf1=alfa1*360/(2*pi);
desf1=desf1*10;
desf1=round(desf1);
desf1=desf1/10;

%Plano derecho
thets2=Y2>0;
thetc2=X2>0;
if [thets2,thetc2]==[1,1]
    alfa2=atan(Y2/X2);
elseif [thets2,thetc2]==[1,0]
    alfa2=pi-abs(atan(Y2/X2));
elseif [thets2,thetc2]==[0,0]
    alfa2=pi+abs(atan(Y2/X2));
elseif [thets2,thetc2]==[0,1]
    alfa2=2*pi-abs(atan(Y2/X2));
end
%Redondeamos a una cifras decimales
desf2=alfa2*360/(2*pi);
desf2=desf2*10;
desf2=round(desf2);
desf2=desf2/10;
end

%Presentación de resultados
if err==0
    global OperacionA OperacionB
    if OperacionA==2 %Añadir
        if desf1<=180
            desf1=desf1+180;
        else
            desf1=desf1-180;
        end
        alfa1=desf1*2*pi/360;
    end
    set(handles.DesfaseA,'String',desf1);
    if OperacionB==2 %Añadir
        if desf2<=180
            desf2=desf2+180;
        else
            desf2=desf2-180;
        end
        alfa2=desf2*2*pi/360;
    end
    set(handles.DesfaseB,'String',desf2);
    global U_masa
    if U_masa==2
        m1=m1*25.385;
        m2=m2*25.385;
    end
    %Redondeamos a dos cifras decimales
    m1=m1*100;
    m1=round(m1);
    m1=m1/100;
    m2=m2*100;
    m2=round(m2);
    m2=m2/100;
    set(handles.DesequilibrioB,'String',m2);
    set(handles.DesequilibrioA,'String',m1);
    %Graficamos posangular

```

```

    Rag=Ra*1000;
    Rbg=Rb*1000;
    axes(handles.axes1);
    polar(alfa1,Rag,'o')
    hold on
    polar(alfa1,Rag,'*');
    hold off
    grid on
    axes(handles.axes2);
    polar(alfa2,Rbg,'o');
    hold on
    polar(alfa2,Rbg,'*');
    hold off
    grid on
end

% --- Executes when user attempts to close figure1.
function figure1_CloseRequestFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to figure1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: delete(hObject) closes the figure
delete(hObject);

```

A.2 PROGRAMA DE FILTRADO FILTRO.M

filtro.m:

```

function Hd = filtro
%CHEBY2 Returns a discrete-time filter object.

%
% M-File generated by MATLAB(R) 7.5 and the Signal Processing Toolbox
6.8.
%
% Generated on: 24-Nov-2009 17:42:07
%

% Chebyshev Type II Bandpass filter designed using the CHEBY2
function.

% All frequency values are in Hz.
global Fs Fstop1 Fstop2
N      = 30;    % Order
Astop  = 80;    % Stopband Attenuation (dB)

% Calculate the zpk values using the CHEBY2 function.
[z,p,k] = cheby2(N/2, Astop, [Fstop1 Fstop2]/(Fs/2));

% To avoid round-off errors, do not use the transfer function.
Instead
% get the zpk representation and convert it to second-order sections.

```



```
[sos_var,g] = zp2sos(z, p, k);  
Hd         = dfilt.df2sos(sos_var, g);
```

```
% [EOF]
```

ANEXO B: ESQUEMAS ELECTRICOS

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|--|
| INGENIERIA | | TELECOMUNICACIONES | |
| CONSTRUCCIONES ELECTROTECNICAS | | TELEFONIA | |
| MONTAJES A.T.Y.B.T | | MEGAFONIA | |
| DESARROLLO MICRO CONTROLADORES | | VENTILACION | |
| ROBOTICA Y AUTOMATISMOS | | CLIMATIZACION | |
| INFORMATICA INDUSTRIAL | | PROTECCION INCENDIOS | |
| ELECTRONICA E INSTRUMENTACION | | SUMINISTROS | |
| BOBINADOS Y MOTORES | | MANTENIMIENTOS | |

Cliente: Universidad Pública de Navarra
Asunto: Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado
 Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales
Fecha: 14/04/2010
Proyecto No: UP024
Cantidad de páginas: 11

Observaciones:

| | | | | | |
|---|--|-----|--|------------|------------------|
| Dibujo No.: Creado: 14/04/2010 Última modificación: 20/04/2010 | Cliente: Universidad Pública de Navarra Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales Portada | | Proyecto Número UP024 | | Orden de trabajo |
| | JIZ | JIZ | Instalación | Lugar | O.T. N-16708-077 |
| | | 00 | 00 | Total pág. | Página |
| | | | | 11 | 1 |

Pol.Ind. Mugazauri B7 - 31600 Burburda (Navarra)
 Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35
 E-mail: electrolumen@electrolumen.es
 Web: www.electrolumen.es

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|--|---|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------|--|--------------------|--|--|--|--|--|-------------------------|--|--------------------|--|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Alimentación: 230V 50Hz I+N+T</p> <p>Tensión de maniobra: 230V ca</p> <p>Automata programable:</p> <p>Electroválvulas neumáticas:</p> <p>Colores de los cables</p> <p>R --- Negro >= 2.5mm² S --- Negro >= 2.5mm² T --- Negro >= 2.5mm² N --- Azul >= 2.5mm² PE --- Verde / Amarillo >= 2.5mm²</p> <p>Potencia ---- Negro >= 2.5mm²</p> <p>Tensión de control (antes del interruptor general) ---- Naranja 1 / 1.5mm² 230V 50Hz (después del interruptor general) ---- Rojo 1 / 1.5mm² 110V 50Hz (después del interruptor general) ---- Marrón 1 / 1.5mm² 24V 50Hz (después del interruptor general) ---- Gris 1 / 1.5mm² 24V cc (después del interruptor general) ---- Azul 1 / 1.5mm²</p> <p>Automata programable 24Vcc ---- Azul 0.5 / 1mm²</p> <p>Señales analógicas ---- mediante mangueras coloreadas 0.14 / 0.25 / 0.5mm²</p> <p>Descripción de instalación y lugar</p> <p>=00+00 Cuadro general =00+EX Exterior</p> <p>Todas las hojas de esquemas tienen en el cajetín una identificación de instalación y lugar. Los elementos situados en la hoja pertenecen a dicho emplazamiento a no ser que en la identificación del elemento se especifique.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td colspan="2"> Electrolumen Pol. Ind. Mugazuri B7 - 31600 Burriada (Navarra) Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es </td> <td colspan="2"> Universidad Pública de Navarra Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales Información complementaria </td> <td colspan="2"> Proyecto Número UP024 </td> <td colspan="2"> Orden de trabajo O. T. N-16708-077 </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Dibujo No.: Creado 14/04/2010 Ultima modificación 20/04/2010 </td> <td colspan="2"> Cliente: Universidad Pública de Navarra </td> <td colspan="2"> Instalación 00 </td> <td colspan="2"> Lugar 00 </td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"> Total pág. 11 </td> <td colspan="2"> Página 2 </td> </tr> </table> | | | | | | | | | | Electrolumen Pol. Ind. Mugazuri B7 - 31600 Burriada (Navarra) Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es | | Universidad Pública de Navarra Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales Información complementaria | | Proyecto Número UP024 | | Orden de trabajo O. T. N-16708-077 | | Dibujo No.: Creado 14/04/2010 Ultima modificación 20/04/2010 | | Cliente: Universidad Pública de Navarra | | Instalación 00 | | Lugar 00 | | | | | | Total pág. 11 | | Página 2 | |
| Electrolumen Pol. Ind. Mugazuri B7 - 31600 Burriada (Navarra) Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es | | Universidad Pública de Navarra Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales Información complementaria | | Proyecto Número UP024 | | Orden de trabajo O. T. N-16708-077 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dibujo No.: Creado 14/04/2010 Ultima modificación 20/04/2010 | | Cliente: Universidad Pública de Navarra | | Instalación 00 | | Lugar 00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Total pág. 11 | | Página 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Indice de páginas

| Instalación | Lugar | Página | Denominación de página | Campo adicional de página | Fecha |
|-------------|-------|--------|-------------------------------|---------------------------|------------|
| 00 | 00 | 1 | Portada | | 14/04/2010 |
| 00 | 00 | 2 | Información complementaria | | 14/04/2010 |
| 00 | 00 | 3 | Indice de páginas | | 15/04/2010 |
| 00 | 00 | 10 | Acometida | | 15/04/2010 |
| 00 | 00 | 11 | Esquema de fuerza | | 14/04/2010 |
| 00 | 00 | 12 | Alimentación maniobra | | 15/04/2010 |
| 00 | 00 | 13 | Esquema de maniobra | | 15/04/2010 |
| 00 | 00 | 300 | Construcción cuadro | | 15/04/2010 |
| 00 | 00 | 400 | Listado de bornas =00+00 -XCA | | 15/04/2010 |
| 00 | 00 | 401 | Listado de bornas =00+00 -XCC | | 15/04/2010 |
| 00 | 00 | 500 | Listado de materiales | | 15/04/2010 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



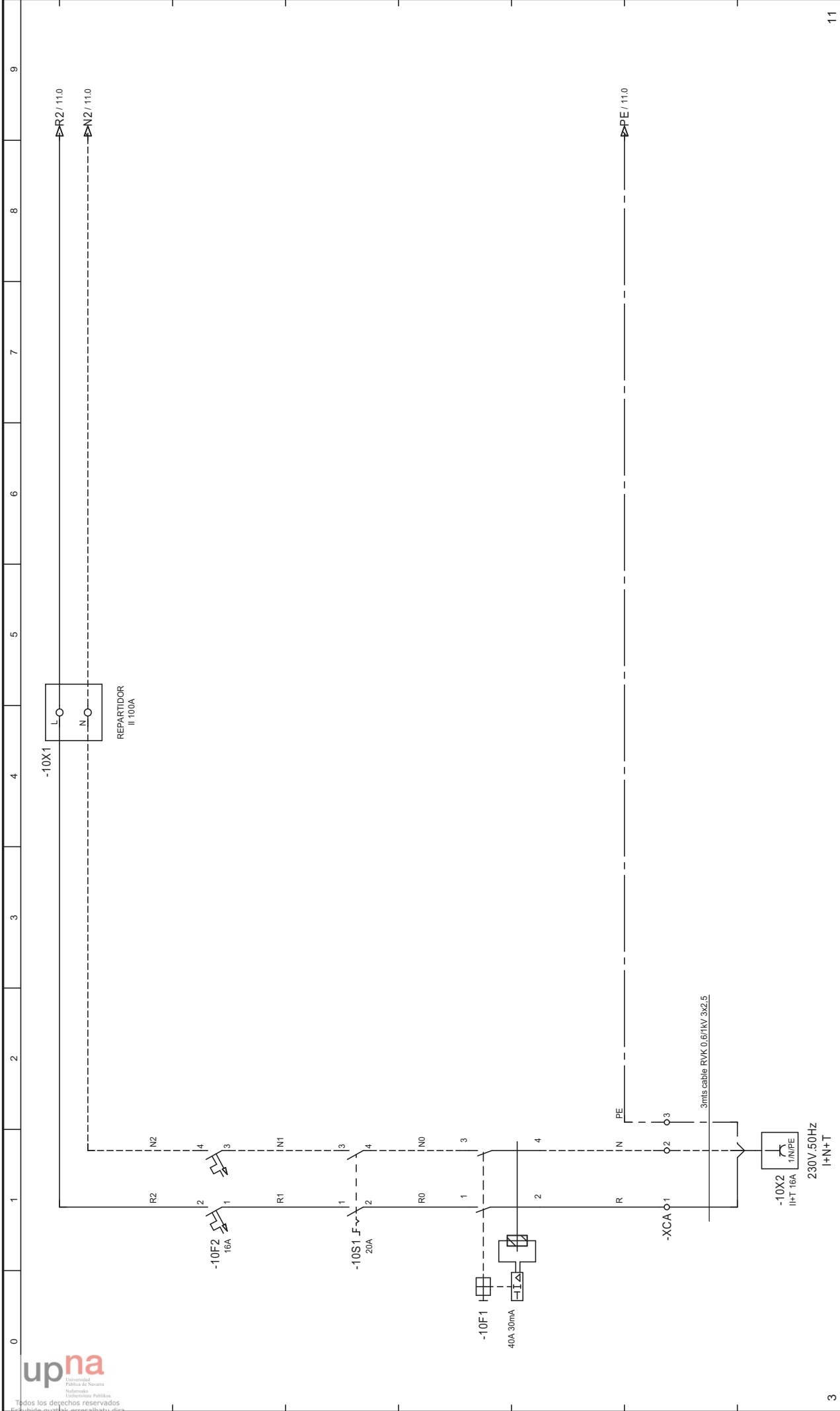
Pol. Ind. Mugazuri B7 - 31600 Burlada (Navarra)
Tif. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35
E-mail: electrolumen@electrolumen.es
Web: www.electrolumen.es


Cliente: **Universidad Pública de Navarra**
Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado
Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales
Indice de páginas

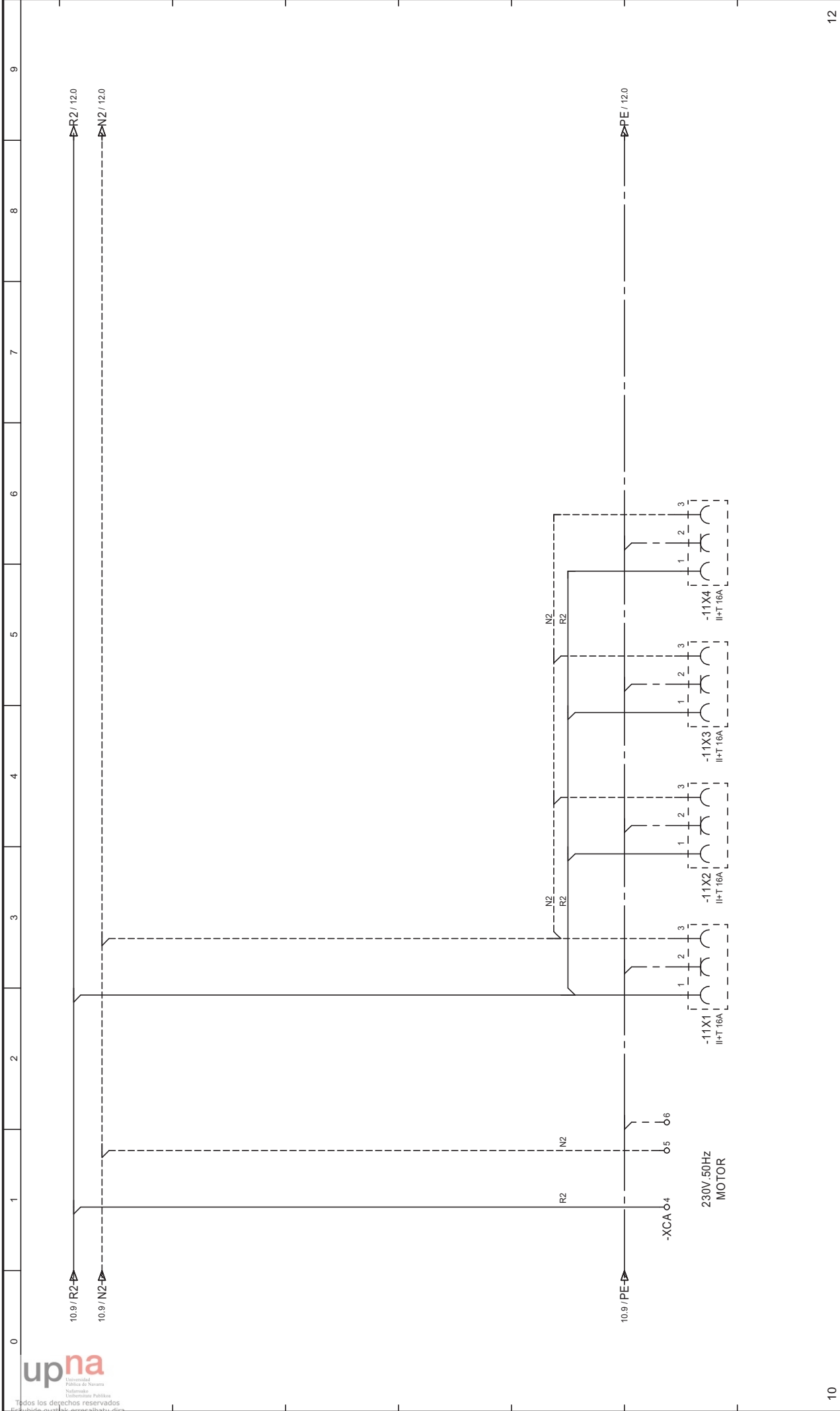
Dibujo No.:
Creado: JIZ 14/04/2010
Ultima modificación: JIZ 20/04/2010

Proyecto Número: **UP024**
Instalación: 00 Lugar: 00

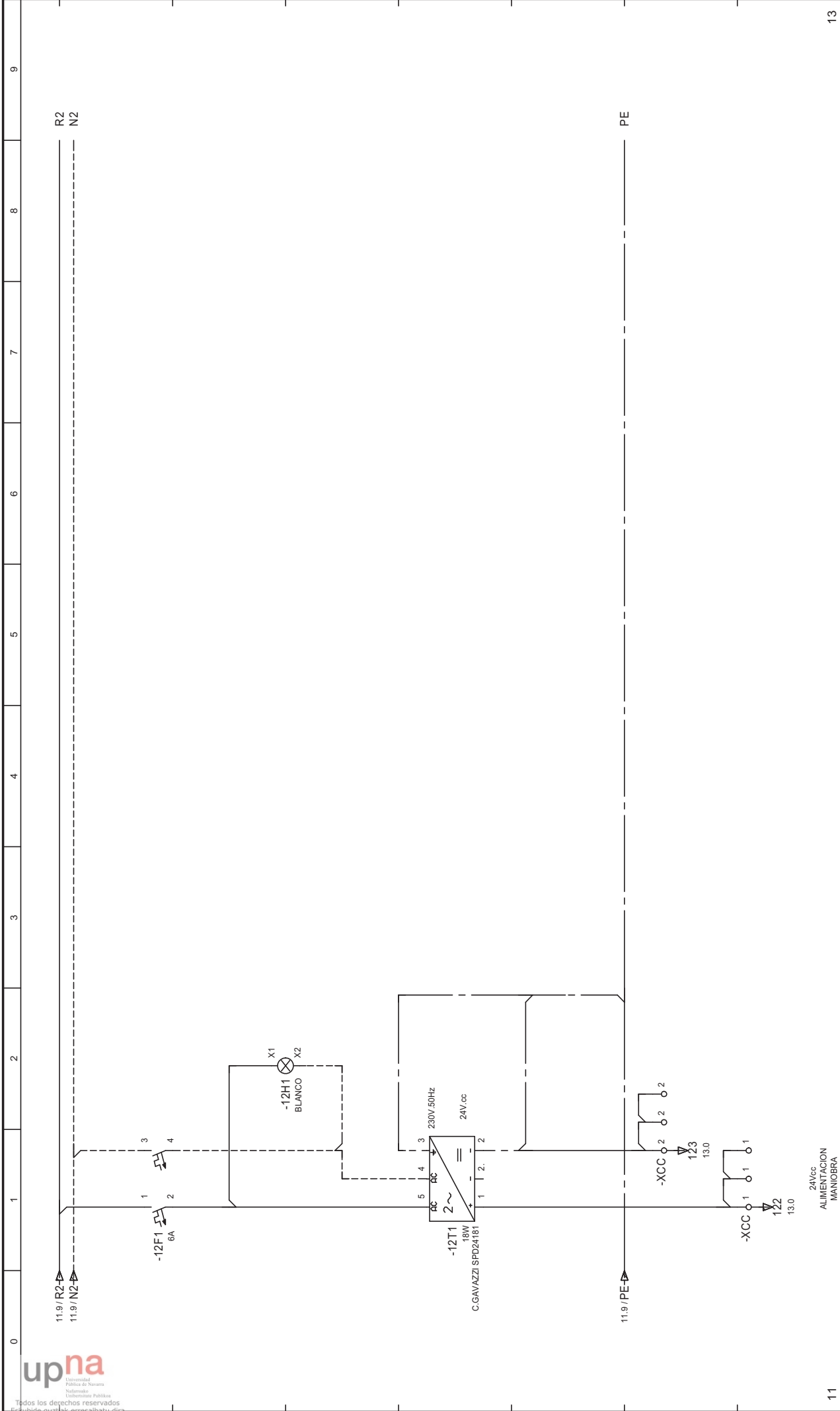
Orden de trabajo: O. T. N-16708-0/7
Total pag.: 11 Página: 3



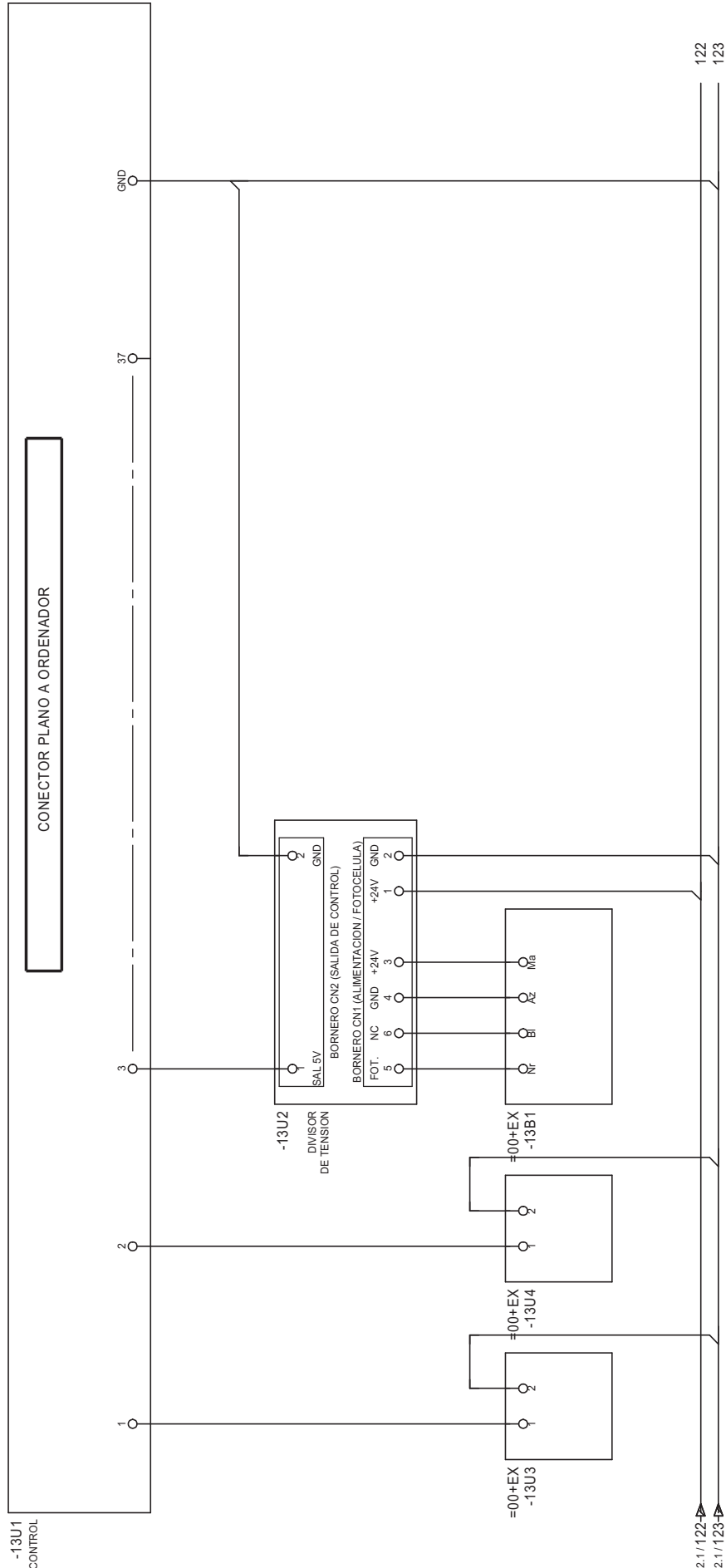
| | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|--|---------------------------------|--|--------------------------------------|--|--------------|
|  Pol. Ind. Mugazuri B7 - 31600 Barriada (Navarra) Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es | Dibujo No.: Creado: 14/04/2010 Última modificación: 20/04/2010 | | Cliente: Universidad Pública de Navarra Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales Acometida | | Proyecto Número UP024 | | Orden de trabajo O. T. N-16708-07 | | |
| | JIZ JIZ | | 11/04/2010 20/04/2010 | | Instalación 00 | | Total pág. 11 | | Página 10 |



| | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|---------------------------------|--------------|---------------------------------------|--|
| | Electrolumen Pol. Ind. Mugaauri B7 - 31600 Burlada (Navarra) Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es | | Dibujo No.: Creado: 14/04/2010 Última modificación: 20/04/2010 | | Cliente: Universidad Pública de Navarra Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales Esquema de fuerza | | Proyecto Número UP024 | | Orden de trabajo O. T. N-16708-0/7 | |
| | | | | | Instalación 00 | | Lugar 00 | | Total pág. 11 | |
| | | | | | | | | Página 11 | | |




| | | | | | | | | |
|----|---|--|--|--|---|--|--|--|
| 11 | <p>Electrolumen Pol. Ind. Mugazuri B7 - 31600 Barrika (Navarra) Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es</p> | Dibujo No.: Creado 14/04/2010 Última modificación 20/04/2010 | Cliente: Universidad Pública de Navarra Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales Alimentación maniobra | | Proyecto Número UP024 Instalación 00 Lugar 00 | | Orden de trabajo O.T. N-16708-077 Total pág. 11 Página 12 | |
| | | | 24Vdc ALIMENTACION MANIOBRA | | 13 | | 13 | |

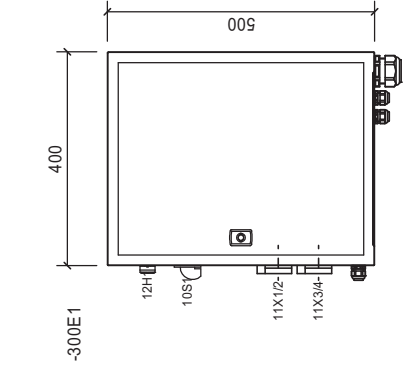


CAPTADOR No.1

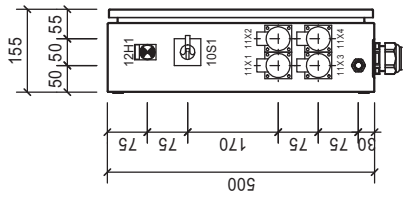
CAPTADOR No.2

FOTOCELULA

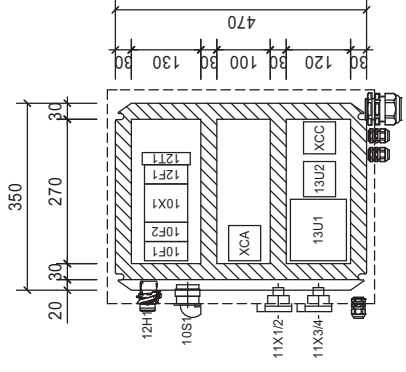
| | | | | | | | | |
|---|--|--|---|--|---------------------------------|--|-------------------------------------|--|
|  Electrolumen Pol. Ind. Mugaauri B7 - 31600 Burilada (Navarra) Tif. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es | Dibujo No.: Creado: JIZ 14/04/2010 Última modificación: JIZ 20/04/2010 | | Cliente: Universidad Pública de Navarra Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales Esquema de maniobra | | Proyecto Número UP024 | | Orden de trabajo O.T. N-16708-07 | |
| | Instalación 00 | | Lugar 00 | | Total pág. 11 | | Página 13 | |



FREENTE



LATERAL IZQ



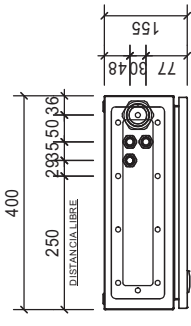
PLACA DE MATERIALES

CARATULA -

12H1 - TENSION

ROTULOS -

10S1 - INTERRUPTOR GENERAL
 11X1/2/3/4 - IH-T 230V



PLANTA


NOTAS -

- MEDIDAS EN mm.
- ESCALA A3: 1/10
- TENSIONES: 230V/50Hz / 24V.cc

| | | | | | | |
|---|--------------------|---|--|--------------------|--------------------------|-------------------|
| <p>Electrolumen Pol. Ind. Mugaauri B7 - 31600 Burlada (Navarra) Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es</p> | <p>Dibujo No.:</p> | | <p>Cliente:</p> | | <p>Orden de trabajo</p> | |
| | <p>Creado</p> | <p>14/04/2010</p> | <p>Universidad Pública de Navarra</p> | | <p>O. T. N-16708-0/7</p> | |
| <p>Ultima modificación</p> | <p>20/04/2010</p> | <p>Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales Construcción cuadro</p> | | <p>Instalación</p> | <p>Lugar</p> | <p>Total pág.</p> |
| | | <p>JIZ</p> | <p>JIZ</p> | <p>00</p> | <p>00</p> | <p>11</p> |
| | | | | <p>00</p> | <p>00</p> | <p>300</p> |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---|--|--|--|---|--|-------------------------|--|--------------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|---------------|--|---------------|--|----------------------------|--|
| 0 | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | | |
| | | | | <p>Designación del registro =00+00-XCA</p> | | <p>Pol. Ind. Mugaauri B7 - 31600 Burlada (Navarra) Tif. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es</p> | | <p>Dibujo No.:</p> | | <p>14/04/2010</p> | | <p>JIZ</p> | | <p>20/04/2010</p> | | <p>JIZ</p> | | <p>Creado</p> | | <p>Ultima modificación</p> | |
| <p>Universiad Pública de Navarra</p> | | <p>Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado</p> | | <p>Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales</p> | | <p>Listado de bormas =00+00 -XCA</p> | | <p>Orden de trabajo</p> | | <p>O. T. N-16708-017</p> | | <p>Total pág.</p> | | <p>11</p> | | <p>Página</p> | | <p>400</p> | | | |
| <p>Proyecto Número</p> | | <p>UP024</p> | | <p>Instalación</p> | | <p>00</p> | | <p>Lugar</p> | | <p>00</p> | | <p>Total pág.</p> | | <p>11</p> | | <p>Página</p> | | <p>400</p> | | | |

| | | | |
|--------------------------|-------|------------|-------|
| Designación del registro | | =00+00-XCC | |
| No. Página | /12.1 | /12.1 | /12.1 |
| Conexión | 1 | 2 | |
| Designación destino | -12T1 | -12T1 | |
| Numero de hilo | 122 | 123 | 123 |
| Puentes | 1 | 2 | 2 |
| Numero de borne | 1 | 2 | 2 |
| Conexión | 1 | 2 | |
| Designación destino | -13U2 | +EX-13U3 | |
| Designación del cable | | | |
| Tipo de cable | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|-------------|------------|---|--------------------------------|-----------------|--|------------------|-------------------|--------|
|  Pol. Ind. Mugazuri B7 - 31600 Burizada (Navarra) Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35 E-mail: electrolumen@electrolumen.es Web: www.electrolumen.es | Dibujo No.: | | Cliente: | | Proyecto Número | | Orden de trabajo | | |
| | Creado | JIZ | 14/04/2010 | Universidad Pública de Navarra | | | | O. T. N-16708-017 | |
| Ultima modificación | JIZ | 20/04/2010 | Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado | | | | Instalación | Total pág. | Página |
| | | | Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales | | | | 00 | 11 | 401 |
| | | | Listado de bornas =00+00 -XCC | | | | Lugar | | |
| | | | | | | | 00 | 00 | |

Lista de materiales

| Identif. del componente | Cantidad | Designación | Referencia artículo | Proveedor |
|-------------------------|----------|--|---------------------|--------------|
| -XCA | 4 | Borne WDU 4 | 102010 | Weidmuller |
| -XCA | 2 | Borne WPE 4 | 101010 | Weidmuller |
| -XCC | 6 | Borne WDU 2.5 | 102000 | Weidmuller |
| -10F1 | 1 | Interruptor diferencial II 40A 30mA | 23014 | Merlin Gerin |
| -10F2 | 1 | Interruptor automático II 16A 6kA C60N "C" | 24337 | Merlin Gerin |
| -10S1 | 1 | Interruptor 2P 20A T-011 tipo E 0-1 | T-000200001E1N1 | Telergon |
| -10X1 | 1 | Repartidor II 100A | 048 80 | Legrand |
| -10X2 | 1 | Clavija Schuko 2P+T 16A de goma | 146 | Fenoplastica |
| -11X1 | 1 | Base de enchufe Schuko II+T 16A azul | 00102 | IDE |
| -11X2 | 1 | Base de enchufe Schuko II+T 16A azul | 00102 | IDE |
| -11X3 | 1 | Base de enchufe Schuko II+T 16A azul | 00102 | IDE |
| -11X4 | 1 | Base de enchufe Schuko II+T 16A azul | 00102 | IDE |
| -12F1 | 1 | Interruptor automático II 6A 6kA C60N "C" | 24335 | Merlin Gerin |
| -12H1 | 1 | Piloto blanco led integrado 230/240V.50Hz | XB4-BVM1 | Telemecnica |
| -12H1 | 1 | Portaetiqueta sin marcar fondo negro/rojo | ZBY-2101 | Telemecnica |
| -13U2 | 1 | Tarjeta detector | DTR-1 | Lumen |
| -300E1 | 1 | Armario mural de 500x400x155mm | MAS0504015R5 | Eldon |
| -300E1 | 4 | Prensaestopa gris "Gadi" M20x1.5 | 363.2000.0 | Gaestopas |
| -300E1 | 4 | Contratuera rosca M20x1.5 | 793.2000.0 | Gaestopas |
| -300E1 | 1 | Prensaestopa gris "Gadi" M40 | 363.4000.0 | Gaestopas |
| -300E1 | 1 | Contratuera rosca M40x1.5 | 793.4000.0 | Gaestopas |



Pol. Ind. Mugaauri B7 - 31600 Burlada (Navarra)
Tlf. 948 13 22 32 - Fax. 948 13 25 35
E-mail: electrolumen@electrolumen.es
Web: www.electrolumen.es

Dibujo No.:

| | | |
|---------------------|-----|------------|
| Creado | JIZ | 14/04/2010 |
| Ultima modificación | JIZ | 20/04/2010 |

Cliente:

Universidad Pública de Navarra

Cuadro control util pruebas máquina de equilibrado
Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales
Listado de materiales

Proyecto Número

UP024

Orden de trabajo

O.T. N-16708-07

Instalación

00

Lugar

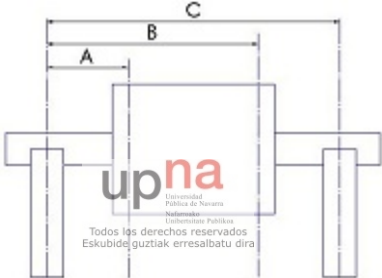
00

Total pág.

11

Página

500



Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

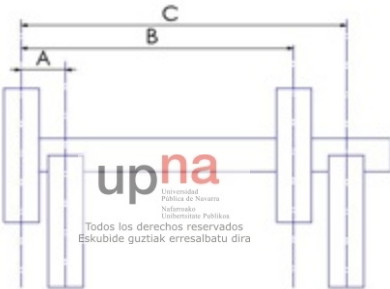


upna

Universidad
Pública de Navarra

Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

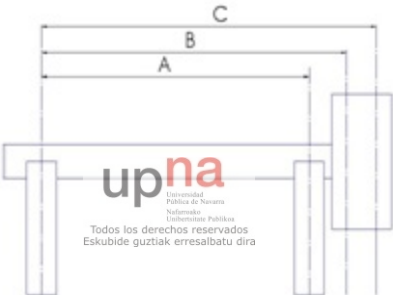


upna

Universidad
Pública de Navarra

Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira



upna

Universidad
Pública de Navarra

Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

