



ESCUELA UNIVERSITARIA DE  
INGENIERÍA TÉCNICA  
INDUSTRIAL DE ZARAGOZA



# MEMORIA

PROYECTO FIN DE CARRERA:  
NUEVA PROPUESTA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER DE  
MANTENIMIENTO

**PROFESOR DIRECTOR:** JESÚS CASANOVA AGUSTÍN

**ALUMNO:** CARLOS LERÍN AGRAMONTE

**ESPECIALIDAD:** I. T. I. MECÁNICA

**CONVOCATORIA:** JUNIO 2011

# ÍNDICE

1. OBJETIVO .....	1
2. ANTECEDENTES .....	1
3. MEMORIA DESCRIPTIVA .....	1
3.1. RESUMEN DEL TRABAJO DESARROLLADO .....	1
3.2. SITUACIÓN DE PARTIDA .....	2
3.3. OBSERVACIONES Y PLANTEAMIENTO DE POSIBLES MEJORAS .....	2
4. DESARROLLO .....	4
4.1. MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD DE VARIOS ACEITES .....	4
4.2. EQUILIBRADORA .....	13
4.3. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO .....	27
4.4. NUEVO CONJUNTO .....	52
5. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES .....	86

## 1. OBJETIVO

Los principales objetivos son:

- Facilitar el aprendizaje de varios instrumentos de mantenimiento predictivo y el desarrollo de las prácticas por parte del alumno
- Añadir nuevas posibilidades a las prácticas ya existentes
- Poner al alumno en contacto real con herramientas, elementos mecánicos y máquinas
- Realizar acciones y variaciones para optimizar la recogida de los datos

## 2. ANTECEDENTES

La reedición de las prácticas que se va a llevar a cabo, se realizará sobre las ya existentes y denominadas “Prácticas de Mantenimiento Predictivo de Taller” de la asignatura “Mantenimiento Industrial Integral” de la rama “Fabricación y gestión de la producción” de la diplomatura de I.T.I., Mecánica.

## 3. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 3.1. RESUMEN DEL TRABAJO DESARROLLADO

Inicialmente se ha realizado un repaso de las prácticas de mantenimiento predictivo de taller y se han observado cuales son los cambios, posibles mejoras y añadidos que podrían incluirse.

Tras la implantación de los cambios realizados se han comprobado los resultados obtenidos para compararlos con los existentes.

Por último, se han realizado una serie de guiones:

- De ayuda para que el alumno realice de forma dinámica cada una de las partes de las prácticas
- De explicaciones y resultados para que el profesor aclare dudas al alumno y tenga una idea de los resultados que se tienen que obtener

### 3.2. SITUACIÓN DE PARTIDA

Inicialmente, las prácticas de Mantenimiento de Taller se dividían en:

- Medición de la viscosidad de varios aceites por medio de un viscosímetro
- Manipulación de una equilibradora que simulaba desequilibrios en un eje
- Técnicas de mantenimiento predictivo como mediciones de temperatura y sonido sobre tres máquinas que pueden simular distintos fallos
- Visualización de graficas correspondientes al análisis de vibraciones de esas tres máquinas a fin de asociarlas a fallos concretos después de ser comparadas con espectros tipo

### 3.3. OBSERVACIONES Y PLANTEAMIENTO DE POSIBLES MEJORAS

Al volver a realizar las prácticas de mantenimiento, surgieron una serie de observaciones que dieron lugar a la proposición de nuevas ideas para mejorar el conjunto de las prácticas. A continuación se citan dichas observaciones con sus correspondientes propuestas de mejora para cada parte de las prácticas:

#### A) MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD DE VARIOS ACEITES

Observaciones:

- Las muestras de aceite contenidas en los botes se están agotando y no existe reposición alguna
- Algunos de los aceites parece contaminados por restos de partículas con lo que podría variar su viscosidad inicial
- El agente limpiador está contaminado ya que ha perdido su aspecto incoloro
- Los botes que contienen los aceites no están en muy buen estado
- En el guión para el manejo del viscosímetro, se explica como realizar la medición de un aceite oscuro pero no se dispone de una muestra para llevar a cabo lo explicado

Propuestas de mejora:

- Reposición de aceites con características similares a los existentes en cuanto a la viscosidad, y asegurar su abastecimiento a largo plazo
- Adquirir nuevos botes para guardar las muestras o limpiar los existentes
- Añadir un aceite de color oscuro para que pueda realizarse su singular medición
- Renovar el guión de la práctica

#### B) EQUILIBRADORA

Observaciones:

- En cuanto al guión de prácticas a seguir:
  - Surgen algunas dudas a cerca del significado de varios de los parámetros que se fijan en el panel de control de la Equilibradora
  - Algunas de las fotos adjuntadas no permiten complementar la información a la que acompañan debido a la oscuridad de éstas
- En cuanto a la realización de la práctica:
  - Tras simular un desequilibrio con las pesas, lo único que puede hacerse con lo que se dispone es hacer un cálculo de aquello que sería necesario colocar para equilibrar el eje
  - No se pueden comprobar los resultados físicamente

Propuestas de mejora:

- En cuanto al guión de prácticas a seguir:
  - Renovar el guión de la práctica añadiendo las explicaciones necesarias y adjuntar fotos que muestren lo requerido con mayor claridad
- En cuanto a la realización de la práctica:
  - Dar con una solución para poder comprobar experimentalmente que el eje de la máquina se puede equilibrar tras conocer los resultados de un desequilibrio provocado

### C) TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Observaciones:

- Pueden darse errores en las mediciones por la interacción del sonido emitido por unas máquinas próximas a otras
- El movimiento de traslación de las máquinas debido a las vibraciones durante su funcionamiento puede dar lugar a un ruido impropio de éstas
- Dicho movimiento dificulta e incomoda la toma de medidas
- Se muestran los espectros de vibraciones de cada una de las máquinas pero no se experimenta con el analizador de vibraciones

Propuestas de mejora:

- Reubicar las máquinas sobre las que se hace el mantenimiento predictivo para que la contaminación acústica entre ellas sea lo menor posible
- Amarrar aquellas máquinas que generen movimiento de traslación observando las variaciones de los resultados sujetando y sin sujetar las máquinas
- Realizar la propia toma de datos con el analizador de vibraciones poniendo al alumno en contacto con dicho instrumento y después analizar con el software los datos que se han recogido. El objetivo es aprender el manejo completo del equipo

#### D) NUEVA PROPUESTA

Observaciones:

- Buena parte de las prácticas tiene como finalidad detectar fallos y elementos dañados pero no se indica como se debe proceder para realizar el cambio de aquellos elementos deteriorados.

Nueva propuesta:

- Para que el alumno pueda manipular algunos de esos elementos más comunes, se ha pensado en realizar un conjunto en el que puedan montarse y desmontarse dichos elementos utilizando las herramientas y útiles necesarios

## 4. DESARROLLO

En este apartado, se detallan todas las acciones realizadas hasta llegar a definir el nuevo estado de las prácticas. Para llevar un orden en las explicaciones, se desarrolla todo el trabajo realizado clasificándolo en los siguientes campos:

- Medición de la viscosidad de varios aceites
- Equilibradora
- Técnicas de mantenimiento predictivo
- Nueva propuesta: Conjunto

#### 4.1. MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD DE VARIOS ACEITES

➤ Inicialmente, se volvió a realizar la medición de todos los aceites para ver en que rango de viscosidades se movían. También se pretendía observar la facilidad y fiabilidad con la que respondía el viscosímetro para realizar las mediciones de dichos aceites existentes. Además, se comprobó la efectividad y la influencia del agente limpiador del viscosímetro. Los datos obtenidos fueron:

- Resultados numéricos de la viscosidades en Centistokes de los aceites existentes (los resultados son media de 3 mediciones consecutivas de cada aceite):

	ACEITE 1	ACEITE 2	ACEITE 3	ACEITE 4	ACEITE 5	ACEITE 6
1ª medida	108	89	72	53	40	28
2ª medida	110	88	74	53	42	30
3ª medida	110	88	72	52	41	29
MEDIA[cSt]	<b>109</b>	<b>88</b>	<b>73</b>	<b>53</b>	<b>41</b>	<b>29</b>

T.A. [°C]	24	24	24	24	24	24
-----------	----	----	----	----	----	----

TABLA 1. Viscosidad de los aceites existentes

- Comportamiento del viscosímetro ante los aceites medidos anteriormente:
  - Los resultados obtenidos indican repetibilidad durante las mediciones por lo que se puede afirmar que los datos recogidos son correctos y el viscosímetro funciona correctamente
  - Durante las mediciones se han provocado inclinaciones del viscosímetro a diferentes ángulos y se ha observado que:
    - Para ángulos de inclinación superiores a 45º respecto a la horizontal, es más difícil controlar la medición cuanto menos denso sea el aceite
    - Para ángulos inferiores a 30º, la medición se hace más imprecisa porque varían los resultados respecto de los medidos en la tabla anterior
  - En general, el llenado de aceite se realiza sin mayor dificultad aunque en aquellos de menor viscosidad hay que ser mas cautelosos para no succionar burbujas de aire
  - Si durante el llenado de un aceite se introduce un burbuja de aire y se pretende sacar, el tiempo de duración de la medición aumentará cuanto más denso sea el aceite que estamos analizando ya que la burbuja tarda más en subir

- Influencia del agente limpiador Alcohol etílico 96º:
  - Retira de forma rápida y eficaz los restos de cualquier aceite dentro del rango de viscosidad en el que nos movemos
  - Al medirse un mismo aceite varias veces y en distintos días seguimos obteniendo la misma viscosidad por lo que a corto y medio plazo el limpiador no contamina el aceite de forma significativa
  - Con el uso prolongado del limpiador se observa que comienza a coger color por lo que se empieza a infectar y a perder sus propiedades limpiadoras
  
- Debido a la falta de reservas se pensó en reponer todos los aceites para proceder a su rellenado cuando fuera necesario. El problema que se presentó, fue que la procedencia de los aceites muestreados actuales era desconocida por lo que no se podían conseguir dichos aceites. En consecuencia, se tomó la decisión de buscar otros seis aceites diferentes que se movieran en el mismo rango de viscosidad ya que, para esa situación de trabajo, el viscosímetro no presentaba ningún tipo de problemas. Se procedió de la siguiente manera:
  - Inicialmente, interesaba recolectar muestras de diferentes aceites comerciales para analizar su viscosidad a temperatura ambiente del taller y en función de los resultados, anotar la referencia de aquellos aceites que nos interesaran. La búsqueda se realizó de la siguiente manera:
    - Primero, se buscaron existencias en el propio taller de Fabricación. Allí pudieron encontrarse disponibles:
      - Aceite de Corte AGIP
      - Aceite Radula 68
      - Aceite Apsa Elixir Amalie SAE 10w40
      - Aceite Apsa Amalie Imperial SAE 20w50
      - Aceite Castrol Power 1 GPS 4T SAE 15w50
    - Después, se pasó a preguntar al taller de Motores, contiguo al de Fabricación, para pedir algún tipo de aceite que pudieran cedernos y que no les fuera útil. De ahí se recopiló:
      - Aceite Repsol 15w40
      - Aceite Repsol 80w90
    - Luego, se consultaron las fichas técnicas de los tipos de aceites encontrados en los talleres y también de otros tipos; desde hidráulicos (menos densos) hasta aceites pesados de engranaje (más densos). Los fabricantes indicaban en sus fichas técnicas la viscosidad a 40°C y a 100°C. Estos datos se preveían como de gran ayuda ya que el viscosímetro utilizado en la práctica proporcionaba el valor de la viscosidad a 40°C cuando la temperatura ambiente era de 27°C. A continuación se muestran las viscosidades indicadas en las fichas técnicas de



algunos de los aceites buscados. Se optó por mostrar los siguientes aceites puesto que sus viscosidades a 40°C entraban dentro del margen de viscosidad buscado:

TIPO DE ACEITE (según normativa)	VISCOSIDAD [cSt] 40°C	VISCOSIDAD [cSt] 100°C
SAE 10w40	104	14,5
SAE 15w50	130	17,6
SAE 20w50	168	18,7
SAE 15w40	108	14,6
SAE 80w90	146	15,9
ISO 22	22	4,3
ISO 32	32	5,4
ISO 46	46	6,7
ISO 68	68	8,6
ISO 100	100	11,1
ISO150	150	14,6

TABLA 2: Viscosidades de alguno de los aceites comerciales buscado

- Se observó que según la marca de un mismo aceite, la viscosidad indicada en la ficha técnica podría variar, aunque no significativamente.
  - No se pudo encontrar la ficha técnica de todos los aceites de los que ya se disponía por lo que posteriormente se realizó su medición
- Por último, se decidió buscar algún suministrador de aceite comercial en la ciudad de Zaragoza que pudiera proporcionarnos muestras de aceite, a poder ser de los anteriores, para poder analizar y confirmar su viscosidad y luego proceder a su compra en mayores cantidades para asegurar el suministro. Tras establecer contacto con varios de ellos (Albacar, Hidráulica Pinilla, Repuestos Corona, Carrefour, etc.) nos decantamos por elegir el que más nos convino que en este caso fue H. Pinilla. Una vez allí, le comentamos el problema que teníamos con los aceites y las viscosidades y ellos nos proporcionaron una serie de muestras de 100ml., junto con sus características técnicas para poder analizar, de los siguientes aceites:
- Aceite Shell TELLUS ISO 22
  - Aceite Shell TELLUS ISO 32
  - Aceite Shell TELLUS ISO 46
  - Aceite Shell MORLINA ISO 150
- Tras la recolecta de todos los aceites mencionados con anterioridad se procedió a medir su viscosidad para seleccionar aquellos seis que mejor se adaptaran a las condiciones que deseáramos.
- Muestras de aceite procedentes del taller de Fabricación:

MEDICIÓN	TIPO DE ACEITE				
	Corte Agip	Castrol SAE 15w50	Radula 68	Apsa SAE 10w40	Apsa SAE 20w50
1ª medida	21	34	58	59	118
2ª medida	22	35	58	58	125
3ª medida	21	33	59	59	116
4ª medida	22	34	58	59	122
5ª medida	22	34	57	58	118
6ª medida	22	35	59	59	122
MEDIA [cSt]	<b>22</b>	<b>34</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>120</b>
T.A. [°C]	22	21	22	25	25

TABLA 3. Viscosidad de los aceites del taller de Fabricación

- o Muestras de aceite procedentes de taller de Motores:

MEDICIÓN	TIPO DE ACEITE	
	Repsol 15w40	Repsol 80w90
1ª medida	78	107
2ª medida	76	108
3ª medida	75	110
4ª medida	76	107
5ª medida	78	106
6ª medida	78	105
MEDIA [cSt]	<b>77</b>	<b>107</b>
T.A. [°C]	22	22

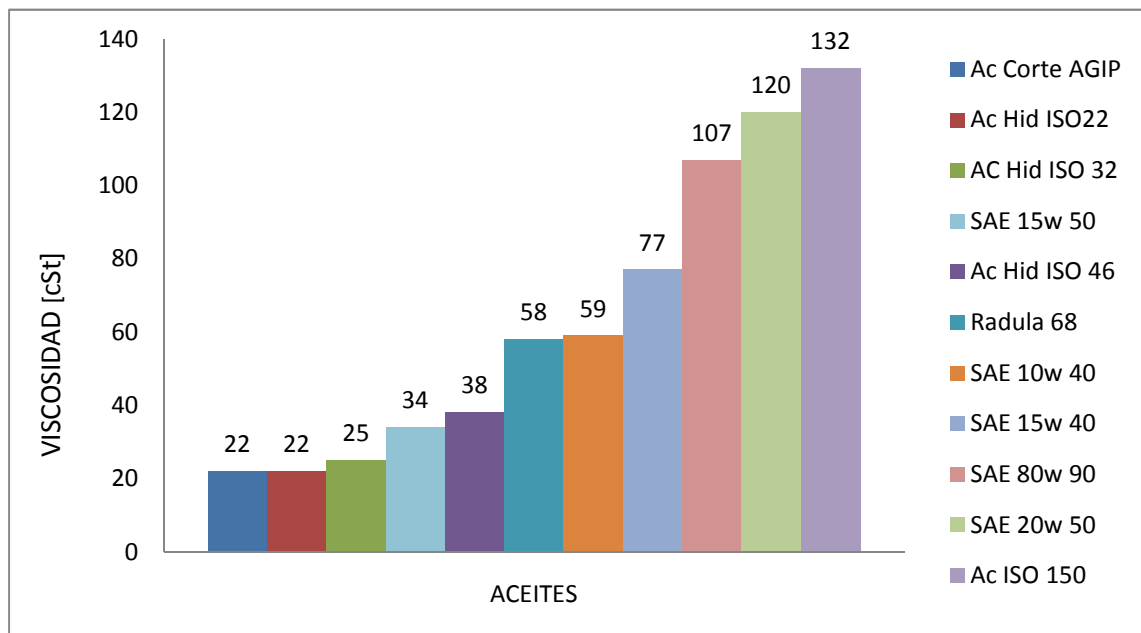
TABLA 4. Viscosidad de los aceites del taller de Motores

- o Muestras de aceite procedentes de Hidráulica Pinilla:

MEDICIÓN	TIPO DE ACEITE			
	Hidrául. ISO 22	Hidrául. ISO 46	Hidrául. ISO 32	ISO 150
1ª medida	21	38	25	135
2ª medida	22	39	25	131
3ª medida	22	37	24	132
4ª medida	22	38	24	129
5ª medida	22	38	26	132
6ª medida	21	38	25	132
MEDIA [cSt]	<b>22</b>	<b>38</b>	<b>25</b>	<b>132</b>
T.A. [°C]	22	22	22	22

TABLA 5. Viscosidad de los aceites de Hidráulica Pinilla

- Para poder seleccionar los seis aceites que se ajustaran mejor al rango de viscosidad que habíamos fijado, se realizó una agrupación de todas las muestras ordenándolas de menos a mayor viscosidad. A continuación se muestran una tabla y una gráfica de barras para observar con claridad los resultados finales obtenidos de la viscosidad de dichos aceites:



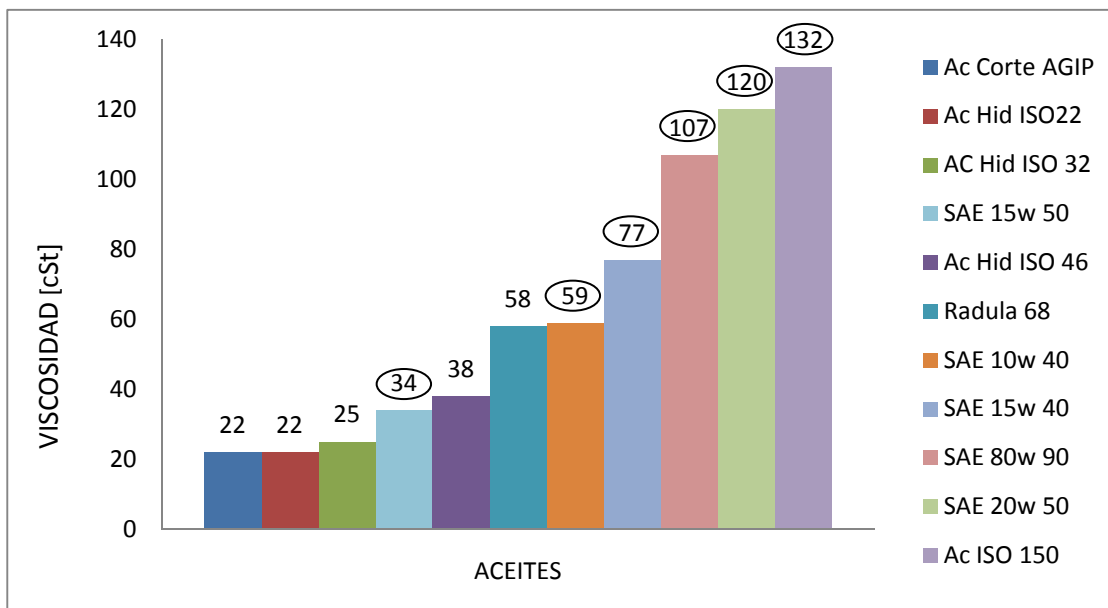
GRÁFICA 1. Listado ordenado de la viscosidad de los aceites muestreados

- Para seleccionar los aceites que formarán parte de la nueva práctica se ha tenido en cuenta:
  - Lo primero, el rango de medida de los antiguos aceites, es decir, más o menos  $25 \text{ cSt} \leq \text{Viscosidad aceite}_{(i)} [\text{cSt}] \leq 115 \text{ cSt}$ , aunque por encima del rango se puede superar sin problemas esos valores. Sin embargo, por debajo no es conveniente ya que se saldría del rango de medida del viscosímetro además de ser complicada su medición
  - Que cada uno de los aceites seleccionados fuera de diferente viscosidad al resto de los seleccionados y que entre todos, formaran una escalera ascendente homogénea en cuanto al valor de sus viscosidades para identificar cualquiera sin dar lugar a dudas

- Seleccionar aquellos aceites que estuvieran en los talleres y de los cuales hubiera existencias antes de aquellos que debieran comprarse
  - Si pudiera ser, que alguno de los aceites fuese muy oscuro para poder realizar la técnica de medición de aceites tintados oscuros con el Visgage
- En base a lo anterior se han seleccionado los siguientes aceites:

IDENTIFICACIÓN	TIPO DE ACEITE	VISCOSIDAD [cSt,40°C]	TA medición	PROCEDENCIA
1	SAE 15W50	34	21°C	T. Fabricación
2	SAE 10w40	59	25°C	T. Fabricación
3	SAE 15w40	77	22°C	T. Motores
4	SAE 80w90	107	22°C	T. Motores
5	SAE 20w50	120	25°C	T. Fabricación
6	ISO 150	132	22°C	H. Pinilla

TABLA 6. Aceites seleccionados para las nuevas prácticas



GRÁFICA 2. Aceites seleccionados del total de aceites muestreados

**NOTA 1:** Cabe destacar, que tras realizar las mediciones con el viscosímetro, la viscosidad a 40°C que anunciaba el fabricante se aproxima pero no coincide con la medida procedente del Visgage. Esto puede que sea debido a que la medición no se realiza a la temperatura ambiente idónea de 27°C. De todas formas, a estas alturas ya se han seleccionado los aceites con las viscosidades que nos interesaban para la práctica.

- Una vez seleccionados los seis aceites, se apartaron los seleccionados de los talleres y se procedió a la compra de los restantes. Puesto que para la práctica no era necesario disponer de una cantidad enorme de aceite de cada clase, se decidió almacenar alrededor de un litro de cada tipo de aceite en garrafas diferentes y se adquirió otro tanto de cada uno de los tres nuevos aceites comprados cada uno también en garrafas distintas.

**NOTA 2:** Inicialmente se seleccionó y compró el Aceite Hidráulico ISO 46 como el menos viscoso de todos los de la práctica. Fue a posteriori cuando se tuvo conocimiento de la existencia del aceite de moto "Castrol Power 1 GPS 4T" (SAE 15w50) de tonalidad oscura. Entonces se decidió cambiarlo por el primero ya que tenía una viscosidad muy similar y su tonalidad oscura permitía dar a conocer al alumno la técnica para medir aceites oscuros con el Visgage.

Para el almacenaje y dispensación de los aceites se hizo lo siguiente:

- Se vaciaron las muestras de aceite de los botes de la antigua práctica en el bidón para aceite usado del Taller de Motores
- Se limpiaron los botes ya existentes numerados del 1 al 6. Se asignó el 1 al aceite menos viscoso (el oscuro) y se siguió hasta el 6 en orden creciente de viscosidad para terminar así con el más viscoso



Figura 1: Limpieza y reutilización de los botes de las muestras

- Se etiquetaron las garrafas de almacenamiento de los nuevos aceites con dicha numeración correspondiente



Figura 2: Clasificación de las existencias de aceites

- Los botes y las garrafas se almacenaron para ser exclusivamente utilizados para las prácticas de Mantenimiento
  - Se indicó en el manual del Profesor que los aceites deben ser cambiados cuando se observaran variaciones en su viscosidad, color o pureza del aceite
- Después de asegurar las existencias de aceite para las prácticas con el Visgaje, se pensó en ofrecer alguna nueva alternativa para el limpiado del viscosímetro, aunque el actual parecía bastante eficaz. Anteriormente, el limpiador que se utilizaba era Alcohol etílico 96º (el de las heridas). Se barajaron otras opciones como:
- Acetona: definida como buen eliminador de sustancias entre ellas los aceites. Coste asequible (normal → 3 €/ litro; pura → 5,35 €/ litro). Debido a sus condiciones de almacenamiento y uso (bien ventilado, cierre hermético, lejos de fuentes de ignición y chispa → incompatible con el taller) se ha preferido no utilizar por seguridad.
  - Alcohol etílico puro 96º y Alcohol etílico puro 99º (Etanoles): ambos con buenas propiedades limpiadoras pero su coste es muy elevado (puro 96º → 25,78 €/litro; puro 99º → 26 €/litro) no merecía la pena

Finalmente, para reponer existencias, se ha optado por adquirir como agente limpiador otro bote de Alcohol etílico 96º como el que ya se disponía en la práctica

puesto que su uso en relación calidad/precio (2,5 €/ litro) respecto de los anteriores, era más que aceptable.

## 4.2. EQUILIBRADORA

Para empezar se volvió a realizar de nuevo la práctica siguiendo el guión existente para ver las dudas que surgían sin tener más conocimientos que cualquier alumno que las realizara.

Como hemos citado al inicio del desarrollo, el inconveniente principal que se observó, fue la falta de recursos físicos para poder llevar a cabo la compensación de los desequilibrios provocados, es decir, el no poder comprobar experimentalmente los cálculos matemáticos realizados para equilibrar el eje.

El otro principal problema que se observó, fueron las dudas ante la procedencia o significado de varios de los parámetros que se manejan y se introducen por el panel de control, aspecto que podría dificultar la comprensión del funcionamiento de la equilibradora aunque la práctica se terminara de forma completa por parte del alumno.

- A continuación se enuncian las acciones realizadas la máquina Equilibradora para llevar a cabo las mejoras sobre esta parte de las prácticas de Mantenimiento:
- Inicialmente se obtuvieron los resultados a partir de los desequilibrios que proponía el antiguo guión fijando también los parámetros que se indicaban en éste. Los desequilibrios provocados eran los siguientes:

DESIGNACIÓN DEL DESEQUILIBRIO	DESEQUILIBRIO PROVOCADO EN EL MACIZO
0	En Vacío (ningún peso)
I	26,3 g / 120º / Izquierda
II	26,1g / 30º / Centro
III	26,1g - 40,3g / 30º - 210º / Centro - Centro

TABLA 1: Designación de los desequilibrios del antiguo guión provocados en el macizo

Y los resultados obtenidos de simular dichos desequilibrios fueron:

RESULTADOS	DESEQUILIBRIO PROVOCADO			
	0	I	II	III
PANEL IZDO.	1,5g/220º	22g/256º	17g/172º	2,5g/334º
PANEL DCHO.	1g/287º	3g/326º	2,5g/186º	7,5g/344º

TABLA 2. Resultados de los desequilibrios enunciados en el antiguo guión

**NOTA 3:** Los ángulos para simular los desequilibrios se miden en la ruleta del eje. Los ángulos anotados tras los resultados se anotan de los vectorímetros del panel de control.

- Después se pensó en como se podría solucionar el inconveniente de no poder realizar físicamente la comprobación de equilibrio.

La situación requería de algún dispositivo que cumpliera ciertos requisitos como:

- Que permitiera colocar diferentes pesos a la vez a ambos lados del eje
- Que se pudieran colocar en cualquier ángulo de la parte lateral del macizo del eje
- Que dicho dispositivo no añadiera más desequilibrio al eje del que inicialmente tuviera

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se diseñaron dos acoples laterales con las siguientes características:

- Se trata de dos discos idénticos que al ser solapados idénticamente a los laterales del macizo, no añaden ningún desequilibrio al eje (se comprueba tras la medición en vacío con los discos)

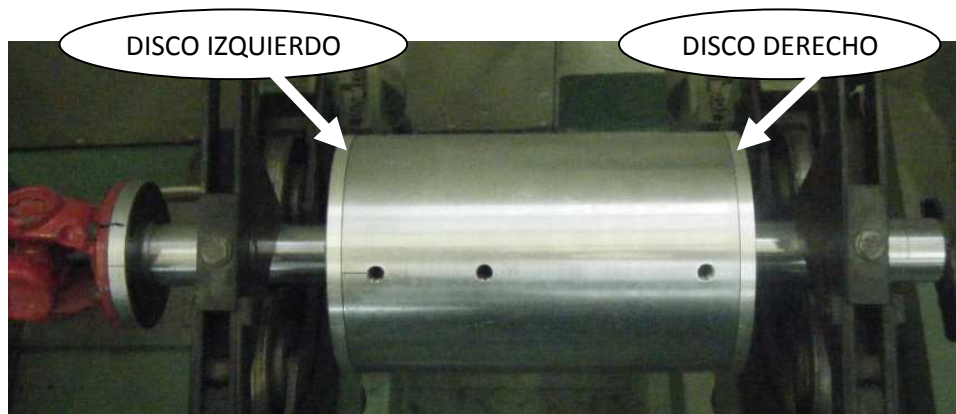


FIGURA 1: Macizo del eje con los acoples solapados



- Su diámetro coincide con el del macizo para evitar salientes peligrosos al girar el conjunto. Y su espesor es pequeño para no añadir demasiado peso al macizo y evitar el contacto con los laterales de los apoyos del eje
- Se han roscado 72 agujeros (uno cada 5°) a lo largo de un diámetro algo inferior a exterior del disco para poder colocar pesos en cualquier ángulo (se asume el error aproximando por arriba o por abajo cuando el ángulo no sea múltiplo de 5)

A continuación se muestra un croquis del diseño de uno de los dos discos idénticos que se han mecanizado para la equilibradora:

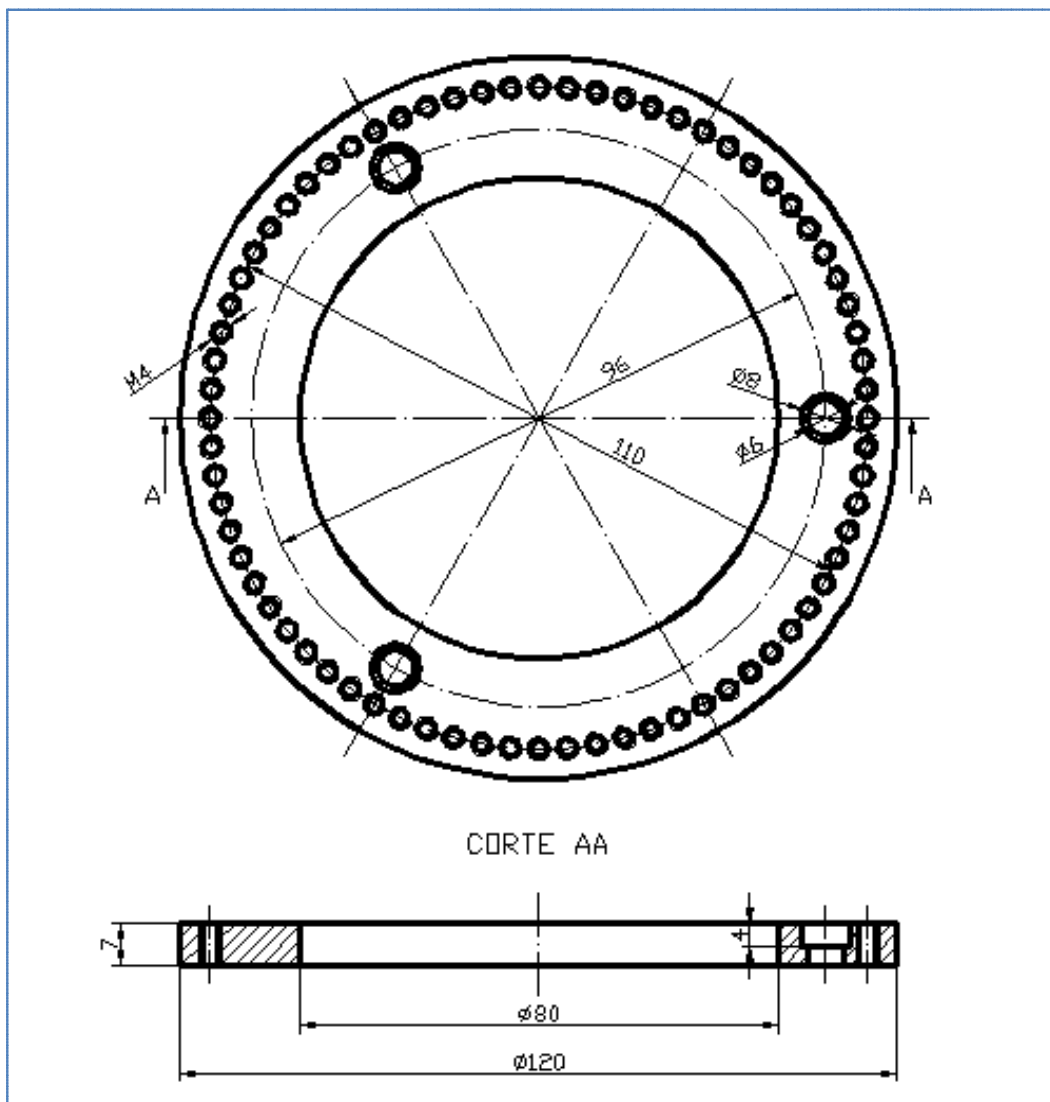


FIGURA 2: Croquis de uno de los discos laterales acoplados al macizo

**NOTA 4:** Para ver con mayor detalle el disco consultar el plano "2. 01" del anexo "PLANOS".

- Tras atornillar al macizo los dos discos, se procedió a medir el desequilibrio de la máquina trabajando en vacío (con los nuevos acoples laterales y sin pesas). Antes de realizar la medición, hubo que cambiar una serie de parámetros respecto de los iniciales ya que se necesitan fijar los puntos (zonas que identifica la máquina de las cuales nos da información del desequilibrio existente) por los cuales iba a pasar el centro de gravedad de las nuevas pesas a colocar en los acoples laterales con misión de equilibrar el eje:

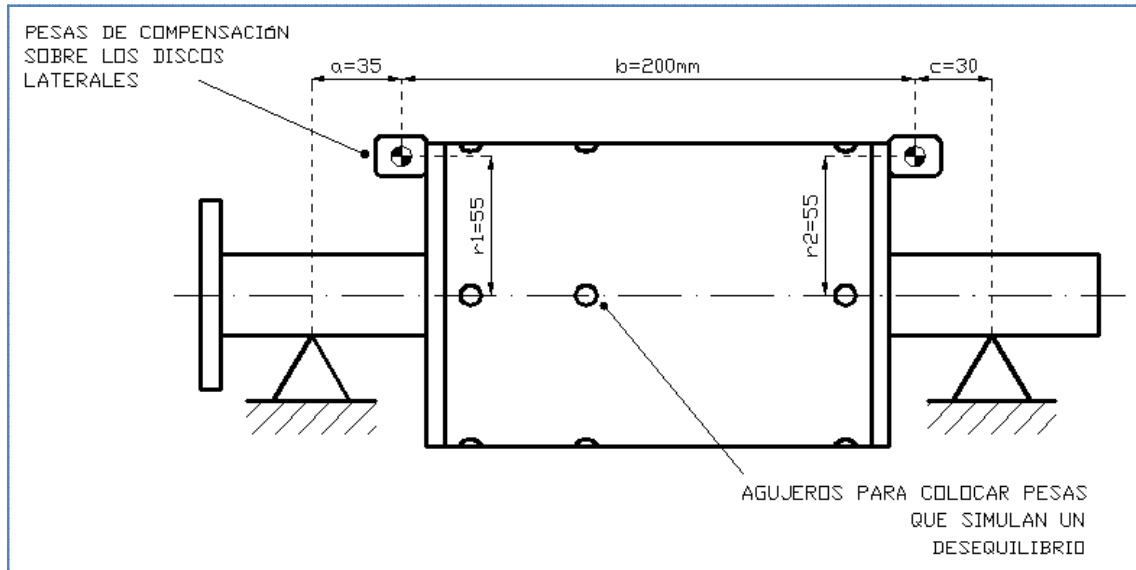


FIGURA 3: Croquis de los parámetros a modificar

**NOTA 5:** Después de sacar el macizo para acoplar los discos se volvió a colocar en su sitio pero exactamente a  $30^\circ$  más medidos en la ruleta del eje respecto de su posición inicial, por tanto, para una misma simulación de equilibrio respecto de la inicial, el ángulo en el que se coloca la pesa de simulación se ve incrementado en  $30^\circ$ . Por ejemplo:

Una simulación de 26,3g. a  $120^\circ$  en la Izquierda  $\rightarrow$  26,3g. a  $150^\circ$  en la Izquierda

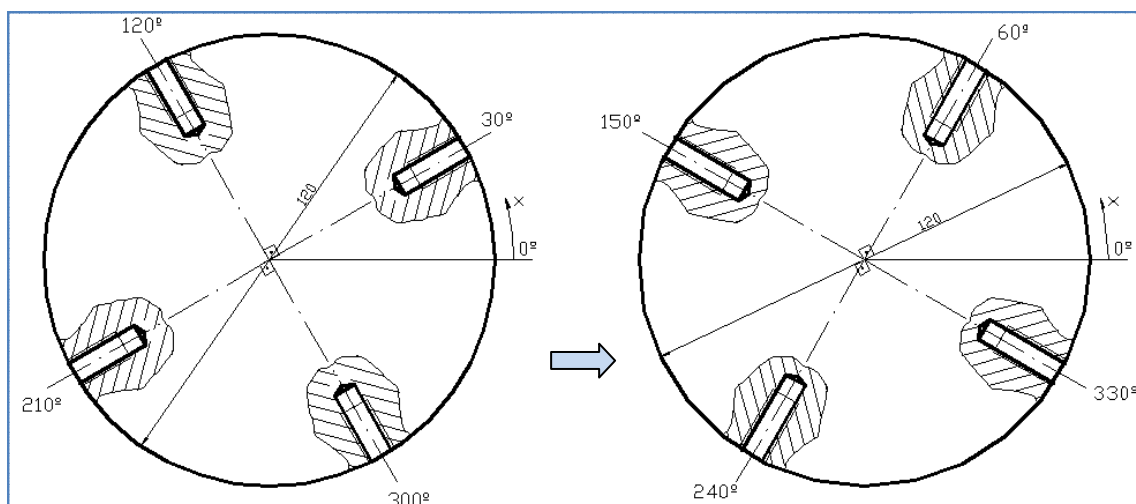


FIGURA 4: Croquis aclarativo de las explicaciones de la **NOTA 5**

Debido a dicha variación en la colocación de eje, se produjeron variaciones en los desequilibrios propuestos por el antiguo guión quedando su enunciado así:

DESIGNACIÓN DEL DESEQUILIBRIO	DESEQUILIBRIO PROVOCADO EN EL MACIZO
0	En Vacío (ningún peso)
I	26,3 g / 150° / Izquierda
II	26,1g / 60° / Centro
III	26,1g - 40,3g / 60° - 240° / Centro - Centro

TABLA 3: Variación de los enunciados de los desequilibrios tras la nueva colocación del eje

No se produjeron variaciones en los resultados obtenidos de los desequilibrios respecto de los de la "TABLA 7" ya que con el cambio de los enunciados de la "TABLA 8" tras la variación en la colocación del eje se pretendía conseguir eso.

Por último se comprobó lo que se pretendía inicialmente en este apartado que era verificar el equilibrado del eje trabajando en vacío con los nuevos discos acoplados al macizo:

	DESEQUILIBRIO PROBAOCADO
<b>RESULTADOS</b>	En vacío
PANEL IZQUIERDO	0,5 g/° (despreciable)
PANEL DERECHO	1g/° (despreciable)

TABLA 4. Resultados del desequilibrio del eje con los discos y en vacío

Los resultados anteriores indicaron que si el macizo de la equilibradora trabajaba en vacío con los discos acoplados, mostraba un mínimo desequilibrio que podría considerarse despreciable, por lo tanto el eje está equilibrado en dicha situación.

**NOTA 6:** (Eje equilibrado → Desequilibrio mostrado  $\leq 2,5g$ .)

- Después de fijar los nuevos parámetros y comprobar el equilibrado del eje con los discos, se volvieron a simular los desequilibrios iniciales (0,I,II y III) propuestos en el antiguo guión, para observar las variaciones de los resultados:

	DESEQUILIBRIO PROVOCADO			
RESULTADOS	0	I	II	III
PANEL IZQUIERDO	Despreciable	25g/297°	17,5g/209°	9g/22°
PANEL DERECHO	Despreciable	4,5g/297°	12g/206°	7g/24°

TABLA 5. Resultados de los desequilibrios enunciados en el antiguo gui3n con los discos ya montados

Adem3s se realizaron un par de pruebas m3s (IV y V), con el fin de simular desequilibrios en la zona derecha del macizo para probar el eje m3quina en toda su distancia longitudinal:

DESIGNACI3N DEL DESEQUILIBRIO	DESEQUILIBRIO PROVOCADO EN EL MACIZO
IV	26,1g / 330º / Derecha
V	39,9g / 330º / Derecha

TABLA 6. Designaci3n de los desequilibrios inventados provocados en el macizo

Y los resultados de los nuevos desequilibrios provocados fueron los siguientes:

RESULTADOS	DESEQUILIBRIO PROVOCADO	
	IV	V
PANEL IZQUIERDO	4,5g/135º	8g/135º
PANEL DERECHO	24,5g/114º	39g/118º

TABLA 7. Resultados de los nuevos desequilibrios propuestos

- Tras obtener los resultados de los desequilibrios se deb3a disponer de tantas pesas para colocar en los discos como pesos diferentes hubieran resultado de las "Tablas 8 y 9". Los diferentes pesos obtenidos de las mediciones fueron: 4.5g, 7g, 8g, 9g, 12g, 17.5g, 24.5g, 25g y 39g. Para mecanizar las pesas, se dise1o un perfil que tuvo en cuenta lo siguiente:
  - o Mecanizar el menor n3mero de pesas posible ya que debido a la aproximaci3n de alguno de los resultados, una misma pesa podr3a servir para varias situaciones
  - o Que el tornillo de sujeci3n de la pesa al disco acoplado al macizo fuese el mismo para todas las pesas para simplificar el trabajo a los alumnos y evitar confusiones.
  - o Que el tornillo que sujeta la pesa entrara lo suficiente en el disco roscado para agarrarla con total seguridad
  - o Dise1o en forma de "seta" para que el cuello de la pesa pudiera salvar el tornillo de sujeci3n del disco al macizo, por ello, el cuello de todas las pesas deb3a ser el mismo

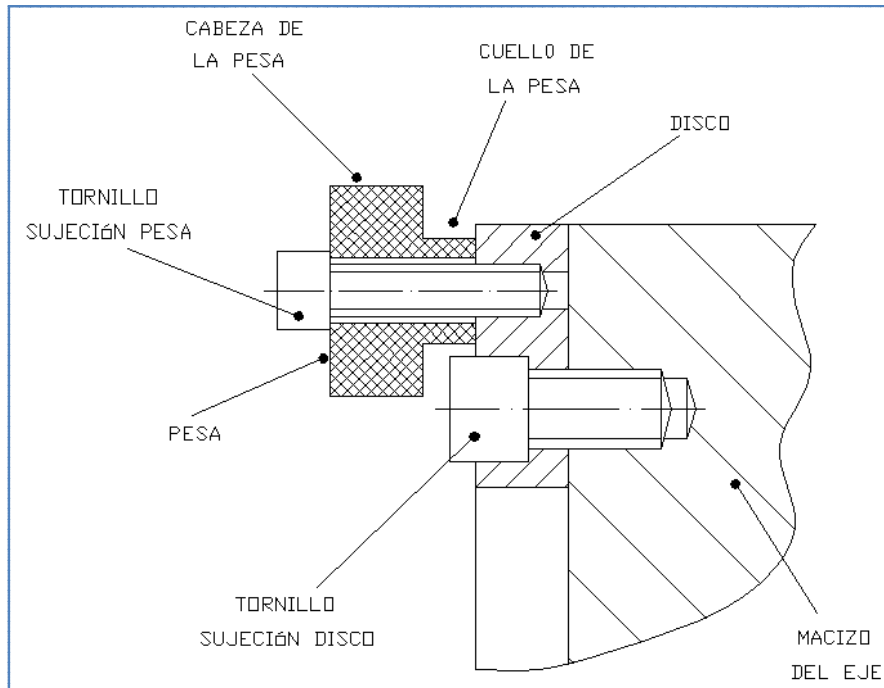


FIGURA 5: Detalle del porqué del diseño en forma de “seta”

- o Que las dimensiones de la cabeza (grosor y diámetro) de la pesa no superasen ciertas dimensiones para evitar contacto el con los apoyos del eje (grosor) y la pesa no sobresaliera demasiado respecto del diámetro exterior del macizo (diámetro)
- o Que los cálculos que se realizaran debían tener también en cuenta:
  - La densidad del material ( $\rho_{\text{material}} = 7,8 \text{ g/cm}^3$ )
  - Que al dimensionar la cabeza de la pesa, se restarían de la masa necesitada; el tornillo (2,1g) y el cuello de la pesa (0,956g [ver cálculos]) ya que son fijos para todas las pesas

Siguiendo las especificaciones anteriores se muestran a continuación los cálculos que se realizaron:

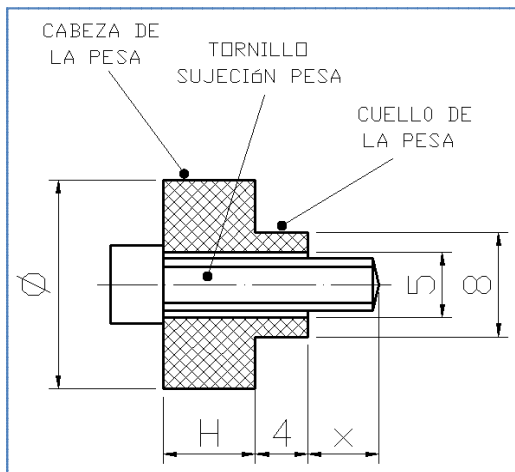


FIGURA 6: Croquis diseño pesa

Cálculo de la masa del cuello de la pesa:

$$M_{\text{cuello}} = \rho_{\text{material}} [\text{gr/mm}^3] \times \text{Vol}_{\text{cuello}} [\text{mm}^3] =$$

$$= 7,8 \times 10^{-3} \times \pi \times (4^2 - 2,5^2) =$$

$$M_{\text{cuello}} = 0,956\text{g}$$

Masa del tornillo de sujeción de las pesas:

$$M_{\text{tornillo}} = 2,1\text{g}$$

Serán “H” y “∅” los parámetros que varíen en función de la masa que se necesite calcular. El procedimiento de cálculo que se siguió fue el siguiente:

1. Calcular las necesidades de material restando del total, el tornillo y el cuello de la pesa, es decir:  $M_{\text{necesaria}} = M_{\text{total}} - (M_{\text{tornillo}} + M_{\text{cuello}})$
2. Siendo fijo el diámetro interior de la cabeza del tornillo ( $\varnothing_{\text{int}} = 5\text{mm}$ ), ir probando\* con distintos diámetros exteriores ( $\varnothing$ ) cualesquiera habiendo fijado el valor de la altura de la cabeza ( $H = 1\text{mm}$ ). Así se conocerá el valor de la masa de un disco de  $H = 1\text{mm}$  y de  $\varnothing$  el que hayamos probado en el cálculo ( $M_{\varnothing, H=1}$ )
3. Habiendo fijado el  $\varnothing$  del disco de  $H = 1\text{mm}$ , se podrá calcular el verdadero valor de la altura de la cabeza de la pesa como:  

$$H_{\text{cabeza}} [\text{mm}] = M_{\text{necesaria}} [\text{g}] / M_{\varnothing, H=1} [\text{g/mm}]$$
4. Para dar como bueno el cálculo, se comprueba si la altura calculada para la cabeza de la pesa ( $H_{\text{cabeza}}$ ) permite que el tornillo se agarre con seguridad al disco ( $x \geq 3,5\text{mm}$ ) y si la distancia del roscado entre el tornillo y el disco es tal que la pesa no baile entre el disco y la parte inferior de la cabeza de dicho tornillo ( $x \leq 7\text{mm}$ ), es decir:  $H_{\text{cabeza}} \rightarrow \text{OK} \leftrightarrow 3,5\text{mm} \leq x \leq 7\text{mm}$

\*También se tuvo en cuenta que el  $\varnothing$  fijado no fuera excesivamente grande por lo ya explicado anteriormente (razones de seguridad)

En base a lo explicado se realizaron los cálculos conforme a las necesidades comentadas y se mecanizaron las pesas. Después, comprobadas y aceptadas sus masas tras ser pesadas en una báscula de 0,1 gramos de sensibilidad, se realizó un marcado a golpe de martillo numerándolas del 1 al 9 para facilitar su identificación.

En la siguiente tabla se resumen todos los resultados obteniendo así las pesas mecanizadas:

DIÁMETRO Ø [mm]	ALTURA H[mm]	MASA TEÓRICA [g]	MASA REAL [g]	PESA Nº
9	4,21	4,5	4,6	1
12	8,15	9	9,2	2
12	5,41	7	7,2	3
22	7,63	24,5	24,3	4
18	4,88	12	11,9	5
30	6,89	39	39,4	6
22	5,14	17,5	17,1	7

TABLA 8: Resultados para la mecanización de las pesas de compensación del eje

- Una vez construidas las pesas, se tuvieron que asignar las correspondientes a cada uno de los desequilibrios para conseguir los equilibrados del eje. Las asignaciones fueron las mostradas a continuación:

DESEQUILIBRIO PROVOCADO EN EL MACIZO	RESULTADOS DE LOS MONITORES		Nº ASIGNACIÓN PESA		MASA TEÓRICA [g] PESA ASIGNADA	
	Izda.	Dcha.	Izda.	Dcha.	Izda.	Izda.
I	25g/297º	4,5g/297º	4	1	24,5	4,5
II	17,5g/209º	12g/206º	7	5	17,5	12
III	9g/22º	7g/24º	2	3	9	7
IV	4,5g/135º	24,5g/114º	1	4	4,5	24,5
V	8g/135º	39g/118º	3	6	7	39

TABLA 9: Asignación de las pesas a cada desequilibrio

Después de las asignaciones, se volvieron a simular las cinco situaciones de desequilibrio (tres del guión antiguo + dos inventadas) para comprobar que el eje quedaba equilibrado en cada una de las situaciones (Recordar que: Eje equilibrado → Desequilibrio mostrado  $\leq 2,5g$ ). La tabla muestra los resultados al colocar las pesas de compensación de los desequilibrios:

RESULTADOS	DESEQUILIBRIO PROVOCADO				
	I	II	III	IV	V
P. IZQUIERDO	12,5g/2º	9g/262º	5g/80º	2g/208º	4g/234º
P. DERECHO	2g/0º	7g/255º	3,5g/79º	15,5g/180º	21,5g/186º

TABLA 10: Resultados para comprobar el equilibrado del eje tras la colocación de las pesas

Los resultados indicaron que no se alcanzó en equilibrado del eje en ninguno de los casos.

- Como no se alcanzó el propósito de equilibrar el eje, se pensó en las causas que podrían haber provocado el error en nuestro propósito y se procedió a su revisión para encontrar la causa del problema.
  - Causas posibles:
    - Error en fijar los parámetros del panel de control
    - Realización incorrecta de las medidas de los desequilibrios
    - Fallos en los cálculos de conversión (divisiones a gramos, etc.)
    - Fallos en los cálculos del dimensionamiento de las pesas de compensación
    - Fallo de la máquina: falta de sincronismo entre los ángulos indicados por los vectorímetros y los marcados en la ruleta del eje (debido a la antigüedad de la máquina, tratamiento inadecuado, transporte indebido en su día, etc.)
  - Comprobaciones realizadas:
    - Revisión de los parámetros a introducir en el panel de control midiendo todos ellos con la cinta métrica → OK
    - Repetición de todas las medidas realizadas y comprobación de resultados obtenidos → OK
    - Realización de los cálculos de conversión de las divisiones a gramos así como redimensionamiento de las pesas para verificar los cálculos realizados → OK
  - Conclusión:
    - Por descarte se asumió el error de la máquina como causa del problema en cuestión.
- Para solucionar el problema del sincronismo entre los ángulos resultantes de los desequilibrios mostrados en los vectorímetros y los que se deberían medir en la ruleta del eje para colocar las pesas de compensación, se optó por intentar “engañar” a la máquina para obtener los resultados que equilibraran el eje dentro del margen permitido (desequilibrio  $\leq 2,5g$ ). Para conseguir este propósito se procedió así:
  - De los resultados obtenidos de los “falsos equilibrados” (TABLA 10), se eligió para empezar, uno de los cuales los gramos indicados en uno de los vectorímetros, izquierdo o derecho, estuviera lo más cercano posible al rango de “eje equilibrado” para reducir a priori el trabajo
  - Para engañar a la máquina, se probó cambiando la pesa del lado desequilibrado al siguiente o anterior grado contiguo del disco y se observaba como variaban los resultados de los vectorímetros respecto de la posición escogida



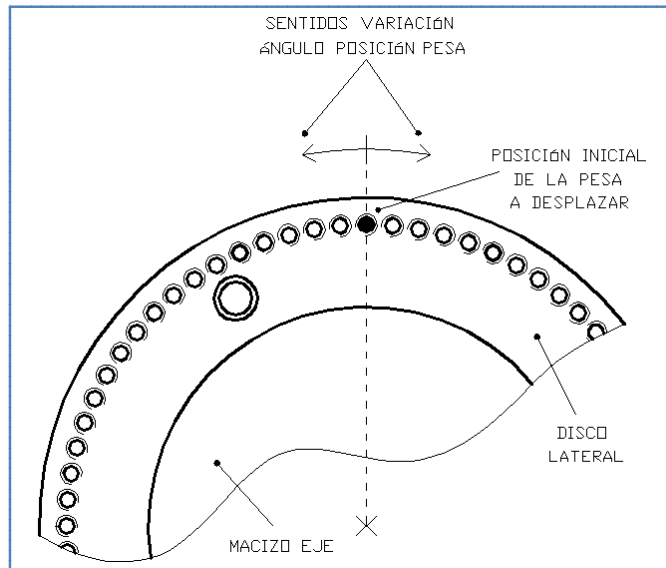


FIGURA 7: Croquis del movimiento de la pesa respecto de la posición del equilibrio erróneo

- En función de cómo variaban esos resultados, se seguía desplazando la pesa a un lado o a otro una mayor distancia hasta conseguir el equilibrado del eje en ese lado
- Se tenía en cuenta en todo momento que el vectorímetro del lado en que la pesa estaba inmóvil no se saliera de los márgenes de “eje equilibrado”
- Cuando se salían los resultados del margen en este último, se movía la pesa de ese extremo a un lado u otro hasta volver a equilibrar ese lado sin afectar al primero
- Tras jugar con la variación de los resultados de los dos vectorímetros y conseguir el equilibrado “trucado” del eje para ese caso de desequilibrio, se anotaron los incrementos de los ángulos variados
- Se probó en otro de los desequilibrios incrementar los ángulos anotados anteriormente respecto de los resultados de equilibrio fallido para ese caso. De esa manera, se pudo observar si los incrementos de los ángulos eran válidos también para este otro desequilibrio
- Así se procedió hasta encontrar un incremento de los ángulos de colocación de las pesas respecto del equilibrio fallido, que satisficiera y fuera el mismo en cada lado, para todos los casos de desequilibrio

Después de realizar varias pruebas siguiendo los pasos anteriores se llegó a la forma más aproximada de obtener los resultados que nos interesaban, es decir, conseguir

el equilibrado del eje para todos los desequilibrios con el mismo trucado de la máquina. Lo que se hizo fue, a partir de la posición que indicaban los vectorímetros que daban los resultados de los “falsos equilibrados” (TABLA 10), aumentar la posición 37º para las pesas a colocar en el lado izquierdo, y 41º para las del derecho medidas en la ruleta del eje. A continuación se explica como se preparó el trucado de la máquina:

- o Si se designó como:
  - $I_0$  = grados del vectorímetro que indicaban el desequilibrio en el lado izquierdo en cualquier caso
  - $D_0$  = grados del vectorímetro que indicaban el desequilibrio en el lado derecho en cualquier caso
  - $I$  = grados de la ruleta que indican la posición de la pesa que provoca el equilibrado correcto del eje en el lado izquierdo en cualquier caso de desequilibrio
  - $D$  = grados de la ruleta que indican la posición de la pesa que provoca el equilibrado correcto del eje en el lado derecho en cualquier caso de desequilibrio

Así, as nuevas posiciones para las pesas que equilibrarían el eje en cada uno de los casos podrían expresarse como:

$$\boxed{I = I_0 + 37^\circ} \quad (1) \quad \boxed{D = D_0 + 41^\circ} \quad (2)$$

- o Luego se volvieron a simular cada uno de los desequilibrios (I, II, III, IV, y V) y se colocaron las pesas en base a las dos expresiones anteriores (1) y (2). Se comprobó que para todos y cada uno de los casos, el eje quedaba equilibrado dentro del margen permitido (desequilibrio  $\leq 2,5g$ ). Los resultados se muestran más adelante (TABLA 12).
- o Tras esta comprobación se calibraron los discos laterales con ángulos de 30 en 30 desde 0º a 360º colocando sus ceros así:
  - Se hizo coincidir el grado nº 0 del disco izquierdo con el 37 de la ruleta
  - Se hizo coincidir el grado nº 0 del disco derecho con el 41 de la ruleta
  - Ambos ceros de los dos discos, se calibraron respecto del centro de un agujero para que cada uno de los 72 de cada disco indicara una posición concreta que pudiera medirse de cinco en cinco grados
  - Los sentidos de conteo de los grados tanto de la ruleta como de los dos discos se colocaron en el mismo sentido para que pudieran cumplirse las expresiones anteriores (1) y (2)

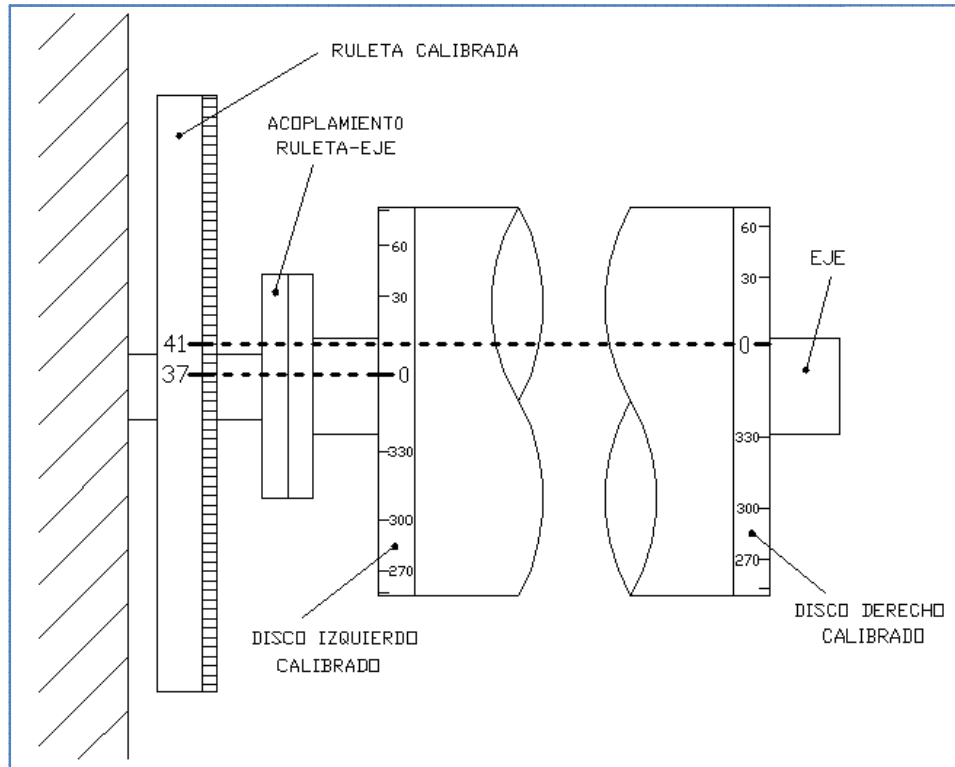


FIGURA 8: Croquis posición final de los discos calibrados respecto de la ruleta

Al calibrar los discos y fijarlos como la figura anterior muestra, se consiguió reducir el tiempo de ejecución de la práctica puesto que ya no habría que ir midiendo los resultados respecto de los desequilibrios e ir sumando los grados correspondientes respecto de la ruleta para calcular la posición en la que tendría que colocarse la pesa, sino que midiendo directamente en la calibración de los discos se podrían colocar las pesas y alcanzar el equilibrado correcto.

- Después de colocar los discos, se calcularon los resultados que indicarían en que posición deberían colocarse las pesas para equilibrar el eje. La tabla siguiente muestra para cada lado los siguientes resultados:
  - Grados ( $^{\circ}$ ) de cada desequilibrio (I, II, III, IV y V)
  - Las pesas necesarias en cada caso
  - Relación de dichos grados con la ruleta para equilibrar el eje ( $I = I_0 + 37^{\circ}$  y  $D = D_0 + 41^{\circ}$ )
  - La correspondencia de grados ( $^{\circ}$ ) entre la ruleta y los discos

	DESEQUILIBRIO PROVOCADO									
	I		II		III		IV		V	
LADO	Izdo.	Dcho.	Izdo.	Dcho.	Izdo.	Dcho.	Izdo.	Dcho.	Izdo.	Dcho.
º DESEQUILIB.	297	297	209	206	22	24	135	114	135	118
PESA/MASA[g]	4/24,5	1/4,5	7/17,5	5/12	2/9	3/7	1/4,5	4/24,5	3/7	6/40
º RULETA	334	339	247	247	59	65	172	155	172	159
º DISCOS	295	290	210	205	20	20	135	110	135	115

TABLA 11: Relaciones ángulos entre desequilibrios, ruleta y discos

**NOTA 7:** La correspondencia entre los ángulos de la ruleta y de los discos se hace de forma aproximada ya que éstos últimos se miden de 5 en 5. Por lo tanto se aproxima por arriba o por abajo según se esté más cerca de uno o de otro.

- Por último, se muestran los resultados que se obtuvieron después de realizar las modificaciones resumidas en la tabla anterior para conseguir el equilibrado del eje (margen de desequilibrio  $\leq 2,5g$ ) para cualquier desequilibrio provocado (I, II, III, IV y V):

RESULTADOS	DESEQUILIBRIO PROVOCADO				
	I	II	III	IV	V
P. IZQUIERDO	2g/272º	2g/168º	1g/42º	1g/20º	2g/25º
P. DERECHO	0,5g/213º	1g/127º	1g/210º	1,5g/132º	2,5g/22º

TABLA 12: Resultados definitivos de los equilibrados del eje

Evaluando estos resultados, se puede decir que se ha cumplido el objetivo propuesto de obtener de manera homogénea el equilibrado del eje para diferentes situaciones de desequilibrio propuestas.

- Por otra parte, se ha reorganizado guión existente de la Equilibradora incluyendo una serie de imágenes, explicaciones, notas, etc. para facilitar al alumno la comprensión de aquello que ya constaba con anterioridad en la práctica y de las nuevas variaciones introducidas. A continuación se enumeran dichos cambios:
  - Para empezar se ha reestructurado el guión en cuatro partes: objetivo, descripción desarrollo y anexo para delimitar de forma clara y ordenada cada una de las partes de las que consta dicho guión
  - Se han reeditado todas las imágenes existentes ya que en varias de ellas no se apreciaba con demasiada nitidez lo que querían mostrar

- Se han incluido nuevas fotos y croquis realizados en Autocad para complementar todas las explicaciones realizadas
- Se ha explicado el significado de todos los parámetros relevantes que se manejan en el panel de control ya que anteriormente no se tenía claro su cometido
- Se ha decidido realizar un anexo para explicar el significado de los conmutadores “S5” y “S6” ya que mediante un caso práctico que no se realiza en la práctica, es como mejor se llega a comprender sus funcionamientos

Todos los cambios realizados pueden observarse al comparar el antiguo guión de la Equilibradora con el nuevo guión reeditado llamado “Equilibradora SCHENCK”.

### **4.3. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

La serie de mejoras propuestas tras realizar los estudios que se detallan a continuación tienen el cometido de facilitar al alumno la realización de las mediciones, optimizar la calidad de los resultados e incrementar el número de instrumentos de medida manipulados.

Los estudios realizados a continuación, repasan aspectos como el comportamiento del sonido, las vibraciones de las máquinas y la habilitación de la zona más adecuada para cada caso requerido: “Ubicación de las zonas destinadas a las prácticas” y “Estudio de vibraciones”. No se han realizado estudios en cuanto al comportamiento de la temperatura.

#### **4.3. A) UBICACIÓN DE LAS ZONAS DESTINADAS A LAS PRÁCTICAS**

El objetivo del presente estudio es concretar en el taller las zonas que van a ocuparse para realizar las prácticas de Mantenimiento.

Dicho estudio se centra principalmente en la Afiladora, Máquina Nueva y Simulador. La razón principal de este propósito se debe a que los resultados de las mediciones de estas tres máquinas en cuanto al sonido, son fácilmente alterables si interactúan unas con otras durante su funcionamiento y medición. También existen otras razones de espacio, iluminación, etc.

Aun así, este estudio también concreta y razona las posiciones destinadas a las otras tres partes (Aceites, Equilibradora y Conjunto).

### DESARROLLO DEL ESTUDIO

Para empezar, se fijaron las posiciones de la Equilibradora los Aceites y el Conjunto ya que por sus requerimientos, el abanico de posibilidades de ubicación en el taller era menor:

- EQUILIBRADORA

Su ubicación final queda previamente definida ya que por razones de peso y volumen se desestimó su recolocación

- ACEITES

Para llevar a cabo las mediciones con el viscosímetro se necesitaba que la zona destinada se caracterizara por:

- Una buena iluminación para facilitar la lectura de las mediciones de aquellos aceites más oscuros
- Una temperatura acorde a la que marcase el termómetro del taller, por lo que se evitó la proximidad a las rejillas de ventilación de las máquinas de mecanizado
- Un lugar a poder ser amplio y libre de herramientas que pudiesen dejarse al lado para evitar que algún bote de aceite chocase con algún obstáculo y se derramase el líquido

- CONJUNTO

Se buscó un lugar que facilitase la labor al alumno en tiempo y comodidad. Para ello la zona destinada debía constar de:

- Un panel a mano del alumno con todas las herramientas necesarias para montar y desmontar el conjunto
- Una superficie de trabajo amplia para trabajar con comodidad ya que se iban a manipular herramientas de diversas dimensiones
- Y, puesto que para dicha subpráctica debía utilizarse la prensa, se procuró que el camino desde la zona de montaje a dicha prensa fuera cercano y no interfiriese con otras zonas destinadas a las prácticas

Tras fijar la posición de las partes anteriores, se procedió a realizar un estudio del sonido de las máquinas Afiladora, Máquina Nueva y Simulador evaluando la interacción del ruido emitido entre unas a otras. Para ello se procedió así:

- Se colocaron la Máquina Nueva y la Afiladora en el departamento de la izquierda del taller y el Simulador se colocó en la zona de la derecha tal y como indica la imagen:

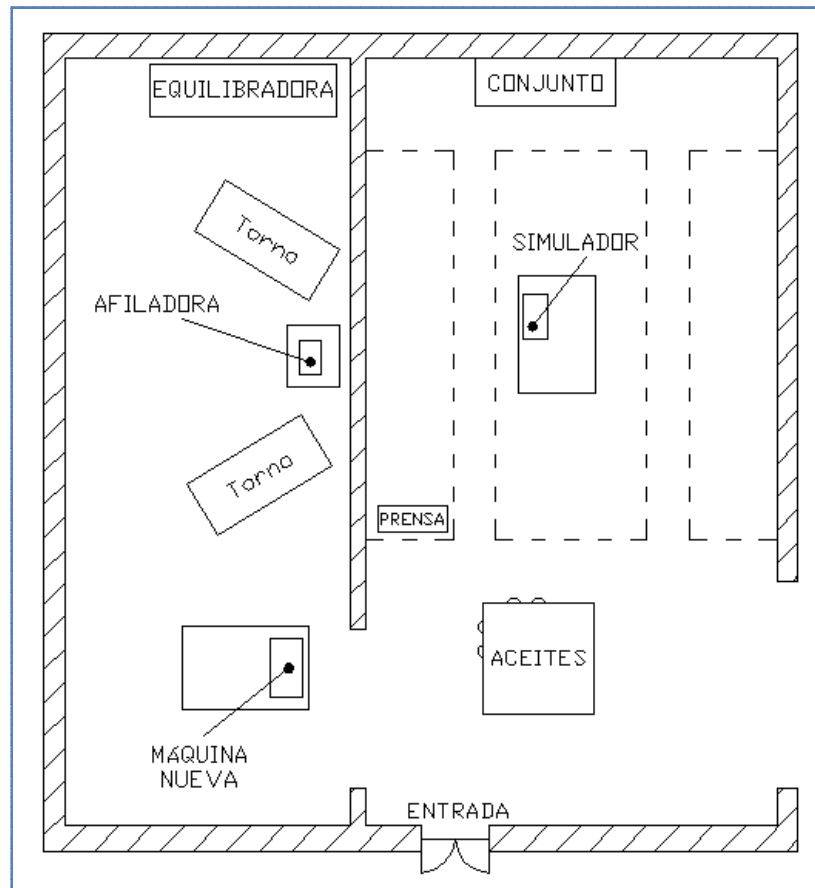


FIGURA 1: Croquis en planta de la 1ª distribución de zonas propuesta

Según esta distribución, se midió individual y simultáneamente el ruido producido por las máquinas Equilibradora, Afiladora y Máquina Nueva para ver como influían unas sobre otras. Para ello se procedió así:

- Se seleccionó una máquina como referencia, en este caso la Máquina Nueva, y se midió su ruido sin tener ninguna máquina encendida a su lado. La finalidad fue conocer la situación o situaciones más susceptibles, es decir, las más débiles e influenciadas por otros sonidos se produzcan al mismo tiempo. Los resultados fueron:

MODULO COLOCADO EN LA MAQUINA NUEVA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Eje en perfectas condiciones	93,6	91,6	101,6
Eje con un rodamiento lateral dañado	95,0	92,0	102,0
Eje con su engranaje roto	99,3	94,7	104,7
Eje con disco y tornillo colocado en $\varnothing_{INTERIOR}$	97,1	94,3	104,3
Eje con disco y tornillo colocado en $\varnothing_{EXTERIOR}$	96,7	93,3	103,3

TABLA 1: Resultados del ruido de la Máquina Nueva funcionando en solitario

- En base a estos resultados, se seleccionaron las dos primeras situaciones (eje correcto y rodamiento dañado) para observar si se alteraban sus resultados al encender una máquina de su entorno, por ejemplo la Equilibradora:

COMBINACIÓN M. NUEVA - EQUILIBRADORA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Eje en perfectas condiciones + Equilibradora	93,2	90,5	100,5
Eje con rodamiento dañado + Equilibradora	93,4	91,1	101,1

TABLA 2: Resultados del ruido de la Máquina Nueva funcionando simultáneamente con la Equilibradora

Los datos obtenidos indicaron que las mediciones del ruido de la Máquina Nueva no se veían alteradas en sus casos más susceptibles al funcionar al mismo tiempo que la Equilibradora por tanto, la ubicación de una y otra se considera aceptable.

- A continuación se quiso añadir a la Máquina Nueva y la Equilibradora el ruido de la Rectificadora en su situación más sonora para ver si podía afectar a esta primera. Por tanto, se midió el ruido individual de la Afiladora para seleccionar su disposición más ruidosa:

COMBINACIÓN TORNILLOS AFILADORA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Sin tornillos	75,1	74,0	84,0
1 tornillo	83,3	78,9	88,9
2 tornillos seguidos	80,8	79,5	89,5
2 tornillos en diagonal	78,0	73,4	84,4
3 tornillos	78,2	77,2	88,2
4 tornillos	74,7	72,2	82,2

Tabla 3: Resultados del ruido la Afiladora en solitario

Así, la situación más sonora pareció ser la que el disco derecho de la Afiladora portaba 2 tornillos seguidos.

- Después, se accionaron simultáneamente las tres máquinas para detectar posibles variaciones en los resultados del ruido de la Máquina Nueva:



COMBINACIÓN MÁQUINA NUEVA - EQUILIB. - AFILADORA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
M.N. menor ruido + Equilibradora + Afiladora mayor ruido	93,6	90,8	100,8

Tabla 4: Resultados del ruido de la M. Nueva combinada con la Equilibradora y la Afiladora

En base a estos resultados, se concluyo que el ruido de la Equilibradora y Afiladora funcionando al mismo tiempo que la Máquina Nueva no le afectaban (probablemente por la mayor sonoridad de esta última).

- Siguiendo con la misma distribución en planta de la Figura 1, se tomó como nueva referencia la Afiladora para observar como se veía influenciada por la Equilibradora, la Máquina Nueva y ambas a la vez. Sabiendo que la situación más susceptible se daba cuando Rectificadora 4 tornillos en su disco, se procedió a la medición del sonido de ésta al mismo tiempo que funcionaba la equilibradora. Lo que se obtuvo fue:

COMBINACIÓN AFILADORA - EQUILIBRADORA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Afiladora 4 tornillos + Equilibradora	70,1	69,4	77,4

TABLA 5: Resultados del ruido de la Afiladora funcionando al mismo tiempo que la Equilibradora

Según las medidas obtenidas, se pudo afirmar que el funcionamiento simultáneo de la Afiladora en su situación menos ruidosa y la Equilibradora no afectaba a los resultados de sonido de la primera por tanto, era aceptable la situación propuesta para ambas máquinas.

- Para confirmar la posición final de la Afiladora, tuvo que entrar en juego la Máquina Nueva que parecía ser la más sonora. Así, se accionó la Máquina Nueva en su situación más ruidosa con la Afiladora y la Equilibradora, para ver que resultados se obtenían del ruido de la Afiladora:

COMBINACIÓN AFILADORA - EQUILIBRADORA - M.NUEVA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Rectificadora 4 tornillos + Equilibradora + M.N. mayor ruido	80,5	79,0	89,0

TABLA 6: Resultados del ruido de la Afiladora funcionando la Equilibradora y la Máquina Nueva

Comparando estos resultados con los sonidos que produce la Afiladora al funcionar sola se observa que se ven claramente alterados y no pueden considerarse aceptables.

- Para solucionar el problema anterior se propuso una nueva distribución de estas tres máquinas alejando la Afiladora de la Máquina Nueva:

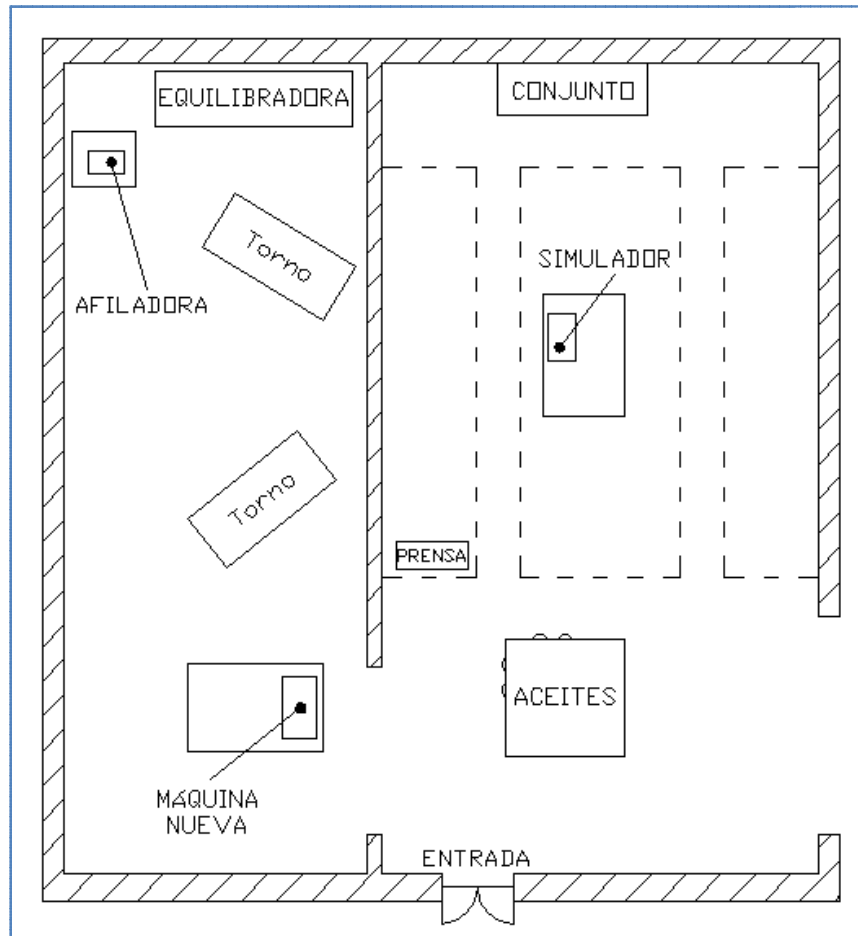


FIGURA 2: Croquis en planta de la 2ª distribución de zonas propuesta

- Según esta nueva distribución se volvió a medir el ruido de la Afiladora en solitario y con 4 tornillos (disposición menos sonora) para ver si variaba según la acústica de su nueva ubicación:

COMBINACIÓN AFILADORA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Rectificadora 4 tornillos en nueva situación	70,4	69,3	77,2

Tabla 7: Funcionamiento de la Afiladora en solitario según la 2ª distribución

Así, se comprobó que la acústica no variaba los resultados del sonido de la rectificadora en solitario respecto de la 1ª distribución.

- Después, se accionaron a la vez la Afiladora y la Equilibradora dada su mayor proximidad, para ver como afectaba el sonido de la segunda a la primera:

COMBINACIÓN AFILADORA - EQUILIBRADORA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Afilador 4 tornillos + Equilibradora	70,5	69,8	77,5

Tabla 8: Resultados del ruido de la Afiladora funcionando con la Equilibradora

Aun siendo próxima la ubicación de ambas máquinas, el ruido de la Afiladora no se veía alterado. Las razones podrían ser: que el propio panel de la Equilibradora y la máquina que se encuentra entre medio de ambas haga de pantalla, y que el ruido producido por la Equilibradora no fuera demasiado elevado como para alterar el de la Afiladora a la distancia que se encuentran.

Se midió el ruido de la Equilibradora en solitario colocando pesas en sus agujeros para simular la situación más ruidosa que pudiera producirse:

SITUACIÓN DE LA EQUILIBRADORA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Funcionamiento con pesas, en solitario	81,2	80,5	90,4

Tabla 9: Resultados del ruido de la Equilibradora simulando su situación más ruidosa

Los resultados, aunque algo mayores que los de la Afiladora en solitario, no parecían ser de una magnitud tan elevada como para afectar a esta máquina.

- Por último y según la 2ª distribución se conectó la Máquina Nueva, en su situación más ruidosa, al mismo tiempo que las Equilibradora y Afiladora para ver las variaciones de los resultados en esta última:

COMBINACIÓN AFILADORA - EQUILIBRADORA - M.NUEVA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Afiladora 4 tornillos + Equilibradora + M.N. mayor ruido	79,0	77,6	87,6

Tabla 10: Resultados del ruido de la Afiladora combinada con las otras dos máquinas

Aun estando más separadas la Afiladora de la Máquina Nueva, los resultados indicaron un aumento notable en el sonido emitido por la Afiladora por lo que la distribución de zonas planteadas no fue viable.

- La conclusión obtenida tras estas dos disposiciones en planta inviables, fue que la Máquina Nueva debía estar lejos de las demás (Afiladora y Simulador) ya que su fuerte ruido afectaba a cualquier otra máquina a la hora de las mediciones con el sonómetro. Por tanto, se optó por dejar la Máquina Nueva en la parte izquierda del taller ya que el ruido de la Equilibradora no le afectaba en ningún caso, y se buscó una nueva ubicación para la Afiladora en la zona de la derecha teniendo en cuenta la posición del Simulador:

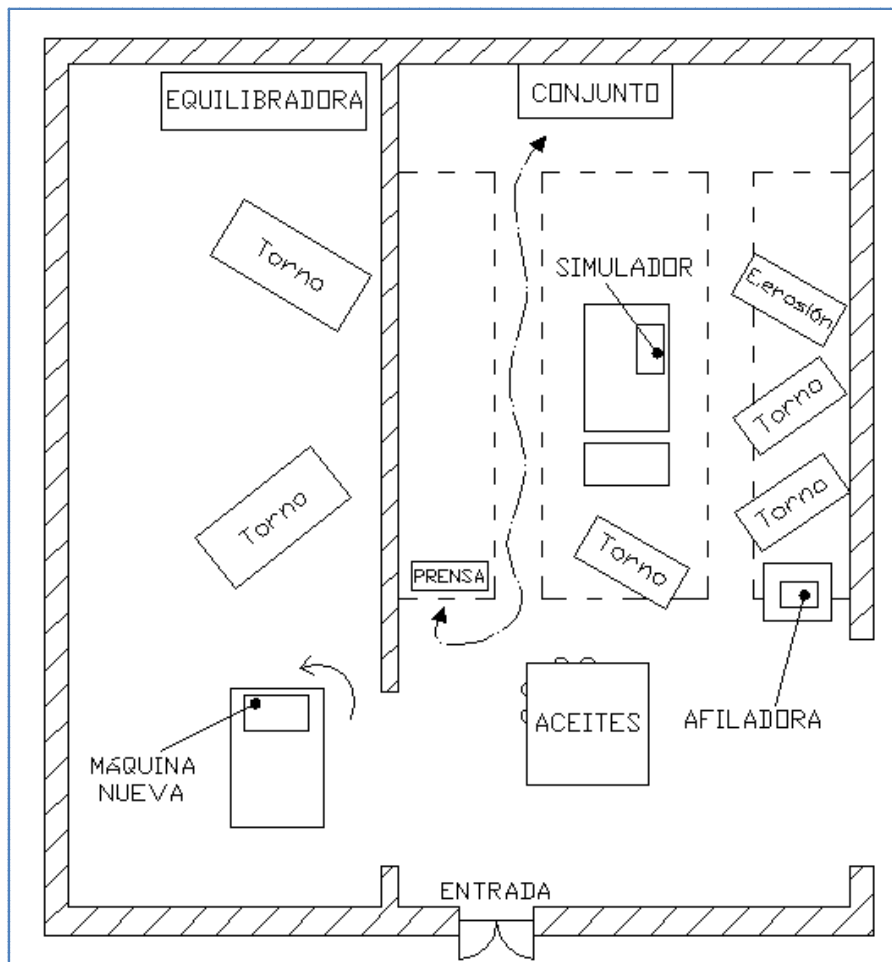


FIGURA 3: Croquis en planta de la 3ª distribución de zonas propuesta

Tal y como se observa en el croquis en planta del taller, se optó por las siguientes modificaciones:

- Se aisló la Máquina Nueva en el departamento de la izquierda y se giro 90° hacia la izquierda de dicha sala para dirigir el sonido hacia dentro
- Se colocó el Simulador al otro lado de la mesa para evitar entorpecer el continuo camino que tendrían que realizar los alumnos que realizaran el montaje y desmontaje del Conjunto entre dicho puesto y la Prensa

→ Se colocó la Afiladora en la esquina al lado de la puerta de salida a la calle y se intentó aislar del ruido del Simulador colocándola justo delante de un torno a medio camino entre las dos máquinas. Como la Afiladora era de menor altura que dicho torno, éste hacia de pantalla

Por tanto, solo quedaba comprobar si según esta 3ª distribución el ruido producido por estas 3 máquinas interaccionaba de forma que pudiera alterar los resultados de cada una por separado. Consideraciones:

→ No se realizaron mediciones de comprobación tomando como referencia la Máquina Nueva porque su ruido era de tal magnitud que el de las demás máquinas no le afectan, y menos estando más lejos todavía

- Por otro lado, se volvió a medir el ruido de la Afiladora forma individual para ver si variaba según la acústica de la sala derecha:

COMBINACIÓN TORNILLOS AFILADORA	L <sub>Amax</sub> [dB]	L <sub>Aeq</sub> [dB]	L <sub>AE</sub> [dB]
Sin tornillos	76,1	74,4	84,4
1 tornillo	83,2	78,1	88,1
2 tornillos seguidos	80,7	77,9	87,9
2 tornillos en diagonal	76,6	75,2	85,2
3 tornillos	77,2	75,2	85,2
4 tornillos	72,2	71,1	81,1

TABLA 11: Resultados del ruido de la Afiladora en la sala de la derecha

Se comprobó así que no variaban manteniendo como caso menos ruidoso el de la colocación de los 4 tornillos en el disco.

- Después, se puso en marcha el Simulador también de forma individual en la ubicación propuesta, para observar los casos en los que producía mayor o menor sonido para elegir el que nos conviniese:

COMBINACIÓN SIMULADOR	L <sub>Amax</sub> [dB]	L <sub>Aeq</sub> [dB]	L <sub>AE</sub> [dB]
Eje correcto	91,4	90,3	100,3
Engranaje roto	91,5	89,9	99,9
Rodamiento dañado	96,0	97,7	107,7

TABLA 12: Resultados del ruido del Simulador en la sala de la derecha

- Tomando con primera referencia la Rectificadora, se conectó ésta en su situación menos sonora, y se observó como variaban los resultados al enchufar el Simulador al mismo tiempo:

COMBINACIÓN AFILADORA - SIMULADOR	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Afiladora menor sonido + Simulador mayor sonido	75,6	73,7	83,7

TABLA 13: Resultados del sonido de la Afiladora funcionando con el Simulador

Comparando los resultados anteriores con los del sonido producido por la Rectificadora en solitario, se observó que no se notaban variaciones significativas

- Luego, se conecto la Máquina Nueva al mismo tiempo que las otras dos, para comprobar que, aun estando mas lejos la primera de las dos últimas, no alteraba los resultados del sonido de la Rectificadora:

COMBINACIÓN AFILADORA - SIMULADOR - M.NUEVA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Afiladora ↓sonido + Simulador ↑sonido + M.N. ↑sonido	75,9	74,1	84,1

TABLA 14: Resultados del sonido de la Afiladora funcionando con el Simulador y la Máquina Nueva

Con esta información pudo confirmarse la posición de la Afiladora ya que según la disposición propuesta, ni la Máquina Nueva ni el Simulador alteraban sus resultados al funcionar simultáneamente.

- Por último, se tomo como referencia el Simulador en su situación menos ruidosa y se conecto al mismo tiempo primero con la Afiladora, y segundo con las tres máquinas a la vez para ver si se producían alteraciones en los sonidos emitidos por el Simulador:

COMBINACIÓN SIMULADOR - AFILADORA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Afiladora mayor sonido + Simulador menor sonido	92,4	90,8	100,8

TABLA 15: Resultados del sonido del Simulador funcionando con la Afiladora

COMBINACIÓN AFILADORA - SIMULADOR - M.NUEVA	$L_{Amax}$ [dB]	$L_{Aeq}$ [dB]	$L_{AE}$ [dB]
Simulador ↓sonido + Afiladora ↑sonido + M.N. ↑sonido	93,1	91,9	101,9

TABLA 16: Resultados del sonido del Simulador funcionando con la Afiladora y la Máquina Nueva

Las dos situaciones evaluadas, tomando como referencia el Simulador, indican que dicha máquina no sufre alteraciones notables al accionarse al mismo tiempo que cualquiera de las otras dos máquinas.

- Tras este estudio, se llegó a la conclusión de que la distribución propuesta en el tercer croquis era la que satisfacía los propósitos buscados. Por ello, se tomó como modelo para ubicar las máquinas y zonas destinadas a cada una de las subpartes de las que se componen las prácticas de taller de Mantenimiento

#### 4.3. B) ESTUDIO DE VIBRACIONES

El objetivo principal de este estudio es introducir el equipo de vibraciones en las prácticas de Mantenimiento para que el alumno experimente con él. Para ello:

- Se han sujetado aquellas máquinas que lo necesitaran y se han comparado las variaciones de los espectros de sus resultados respecto de sus posiciones sin amarrar
- Se ha buscado simplificar el proceso competitivo que requiere la medición: búsqueda de puntos de medidas, valores característicos de los puntos de cada máquina, realización de guías para que el alumno tenga las menores dudas posibles ante una medición, etc.

A continuación se explica por partes lo desarrollado hasta llegar a los anteriores objetivos:

##### B1) AMARRE DE LAS MÁQUINAS Y COMPARACIÓN DE ESPECTROS RESULTANTES

El objetivo de esta parte del estudio de vibraciones tiene como finalidad principal comparar las siluetas resultantes de los espectros procedentes de las vibraciones de las máquinas no amarradas con las de las amarradas y decidir que hacer en base a los resultados. Las cantidades numéricas se controlan aunque no influyen en el estudio.

Este ámbito atañe únicamente a las máquinas Afiladora y Máquina Nueva que son las que presentan problemas de movimiento durante su funcionamiento debido a las excentricidades que se provocan.

Para poder realizar las comparaciones de “amarre” y “no amarre”, se han estudiado las situaciones de ambas máquinas en las que la disposición de sus elementos no provocaba movimiento de las máquinas. Se ha tomado esta decisión en el caso de la excentricidad ya que, si se ejerciera alguna fuerza de presión cuando se estudia el “no amarre”, se producirá involuntariamente un “amarre”.

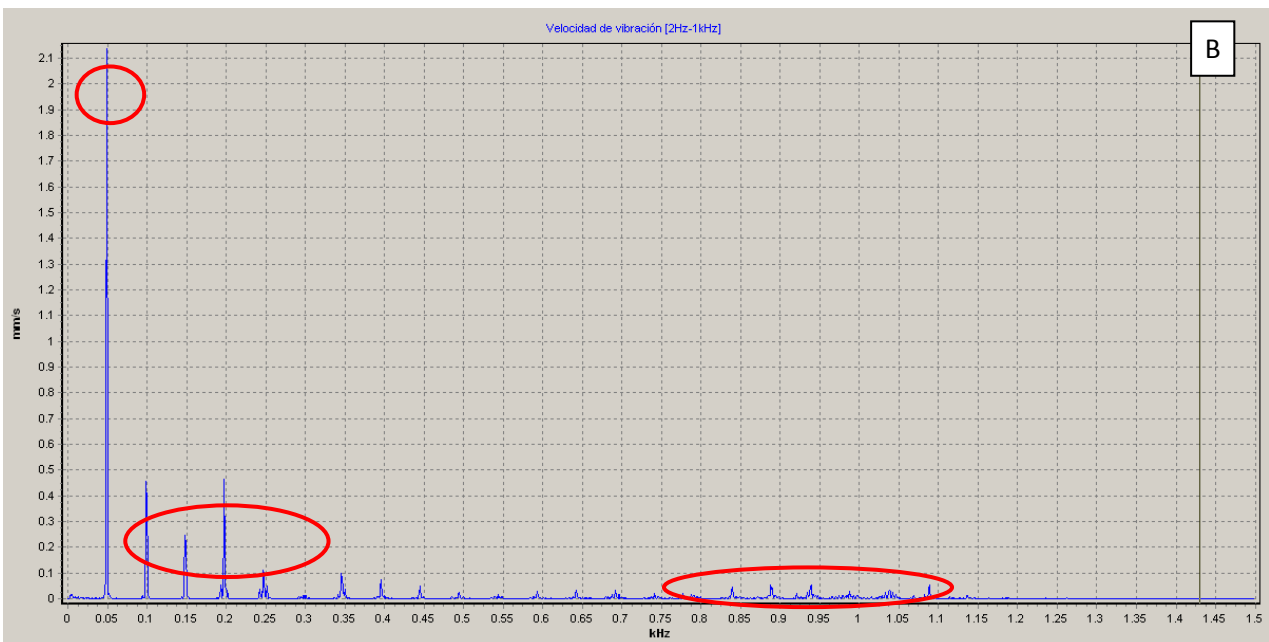
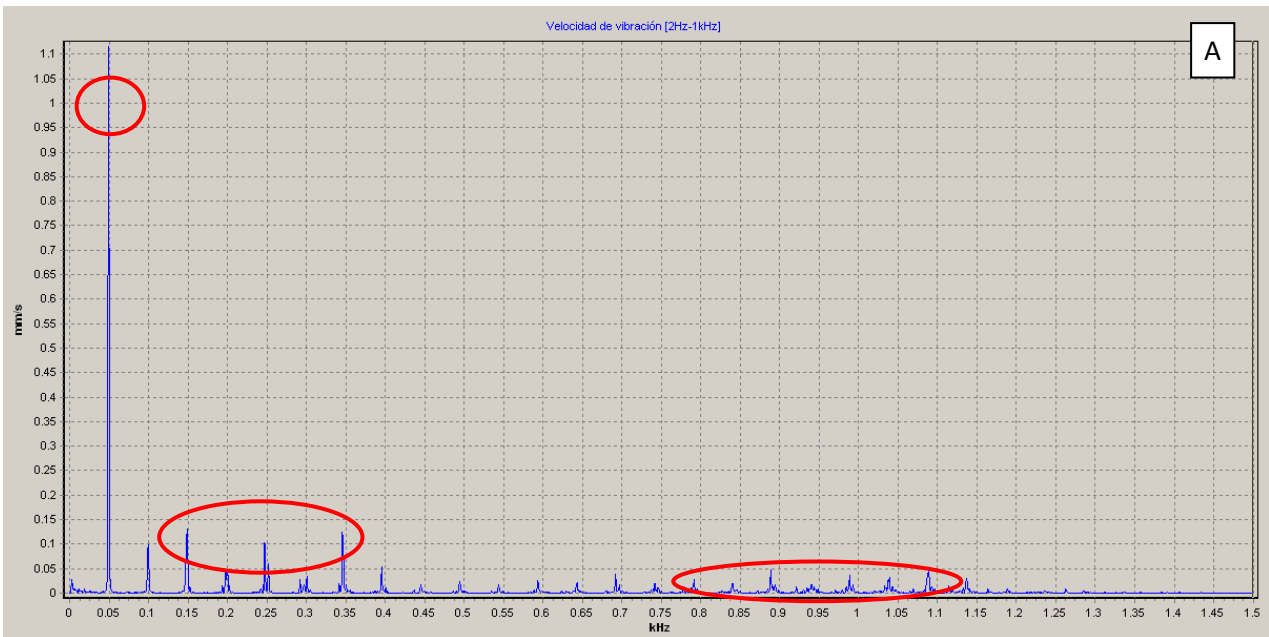
##### ➤ AFILADORA

Los casos susceptibles de ser comparados, ya que no se genera movimiento de traslación de la máquina durante su medición, son los de “Sin tornillos” y “2 tornillos en diagonal”.

Casos:

1. A) Máquina sin amarrar sin tornillos VS B) Máquina amarrada sin tornillos

Valor comparado: Velocidad

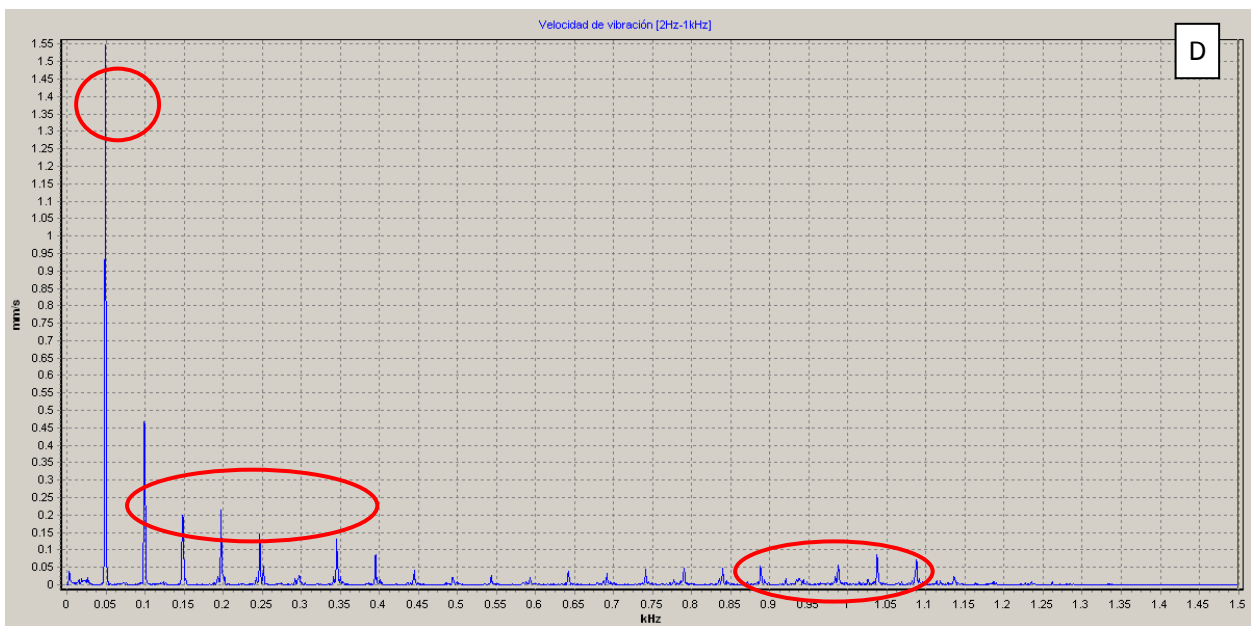
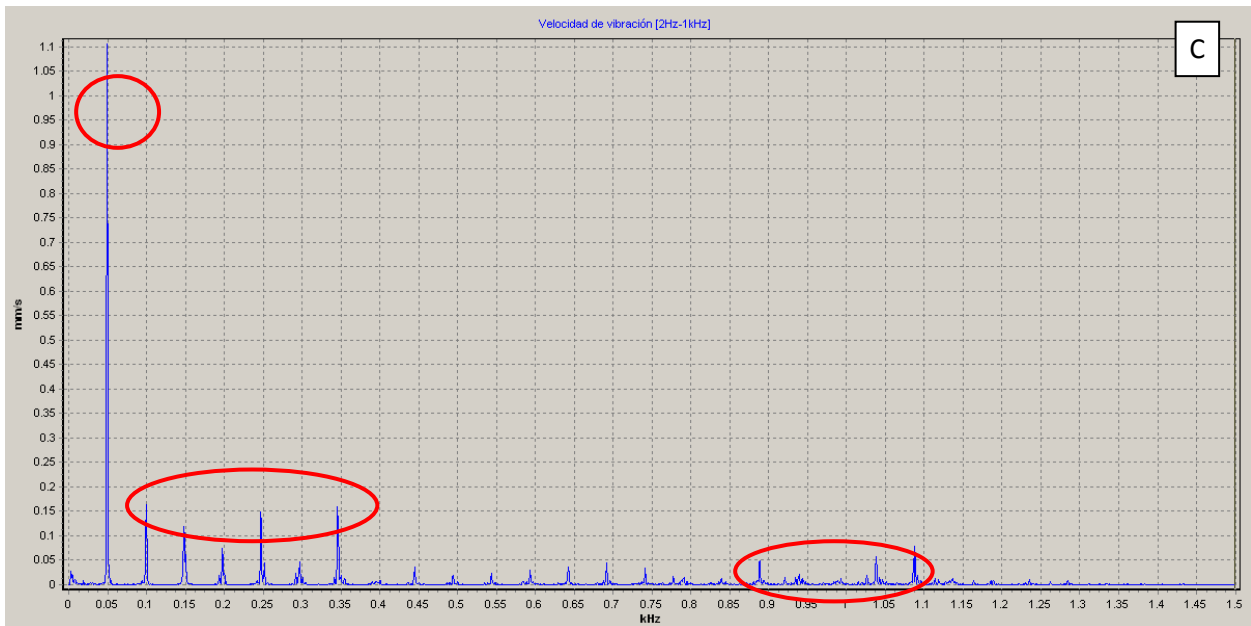


Aunque la cantidad de velocidad mostrada es algo mayor en el caso amarrado, la silueta del espectro se conserva en ambos casos informando de una pequeña desalineación que pudiera tener el eje de la Afiladora.



2. C) Máquina sin amarrar 2 t. en diagonal VS D) Máquina amarrada 2 t. en diagonal

Valor comparado: Velocidad



Para esta situación sucede algo similar a la del caso sin tornillos en que la cantidad de velocidad recogida es mayor para la opción amarrada. Los espectros de ambas gráficas "C" y "D" muestra esa desalineación que pudiera tener el eje de la Afiladora. Si se observan los datos numéricos, esta desalineación se ve allanada quizá por la disposición simétrica de los tornillos que llega a absorber parte de dicho fallo.

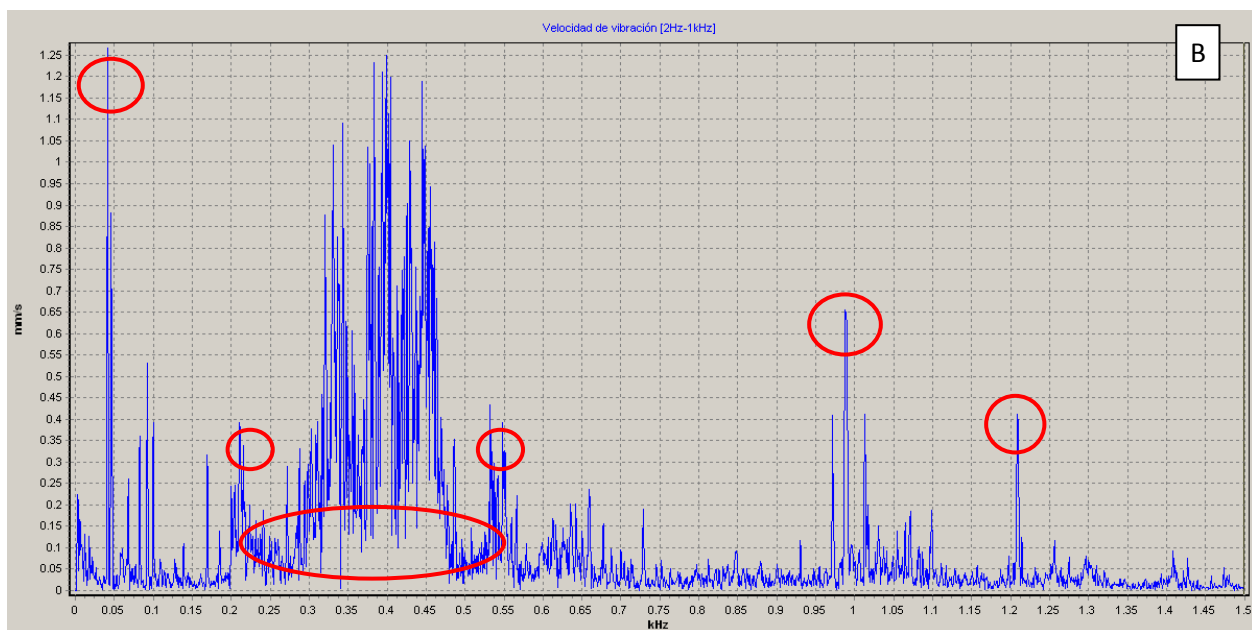
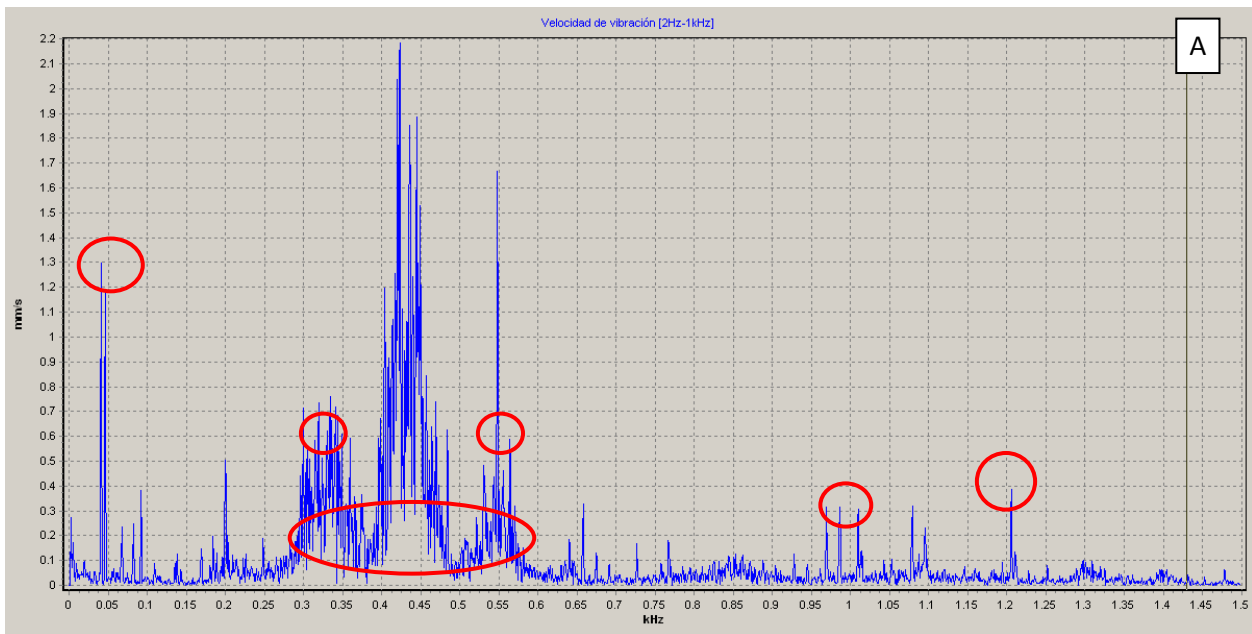
➤ MÁQUINA NUEVA

Los casos que no generan movimiento de la máquina y por lo tanto pueden compararse según lo explicado anteriormente, son los designados como “Eje correcto” y “Rodamiento dañado”

Casos:

1. A) Máquina sin amarrar y eje correcto VS B) Máquina amarrada y eje correcto

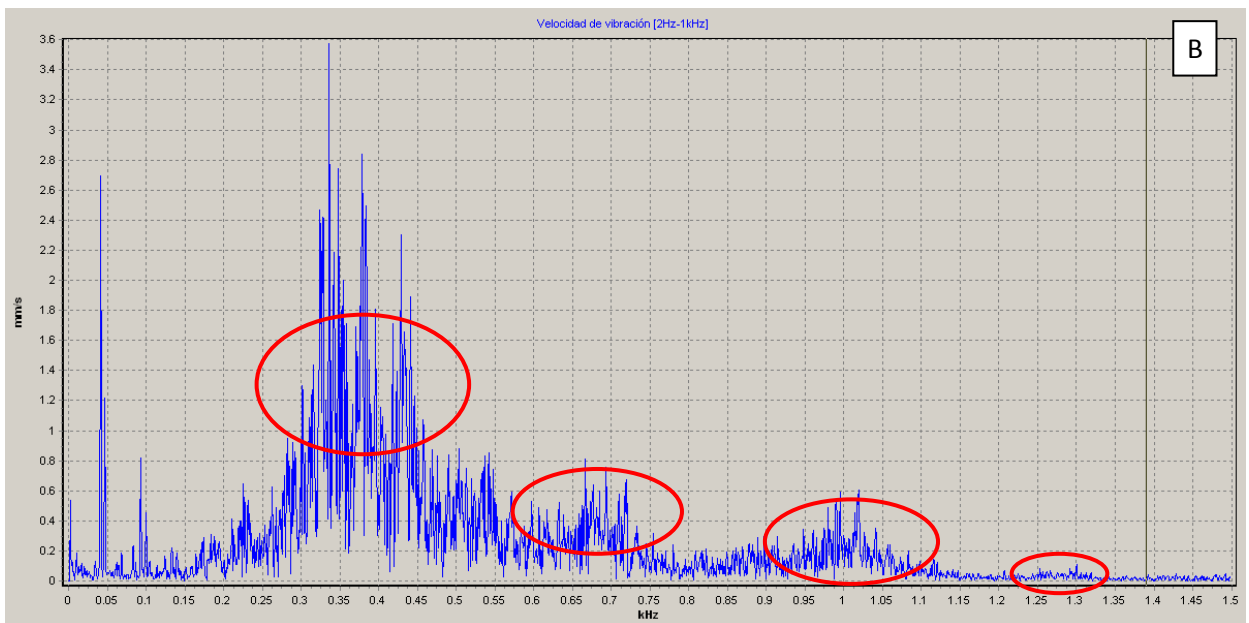
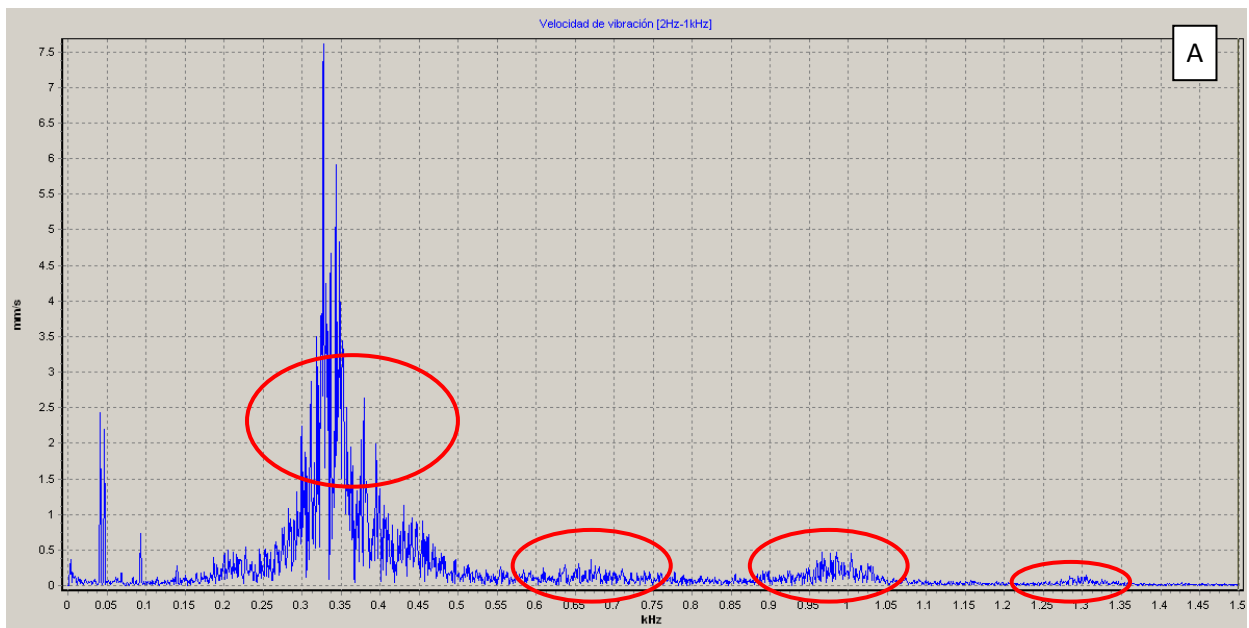
Valor comparado: Velocidad



Al comparar el espectro descrito por las dos situaciones se observa que en ambos existe una zona de mayor actividad con un pico central y uno más pequeño a cada lado de éste. También aparecen otros dos picos al las mismas frecuencias en ambos casos.

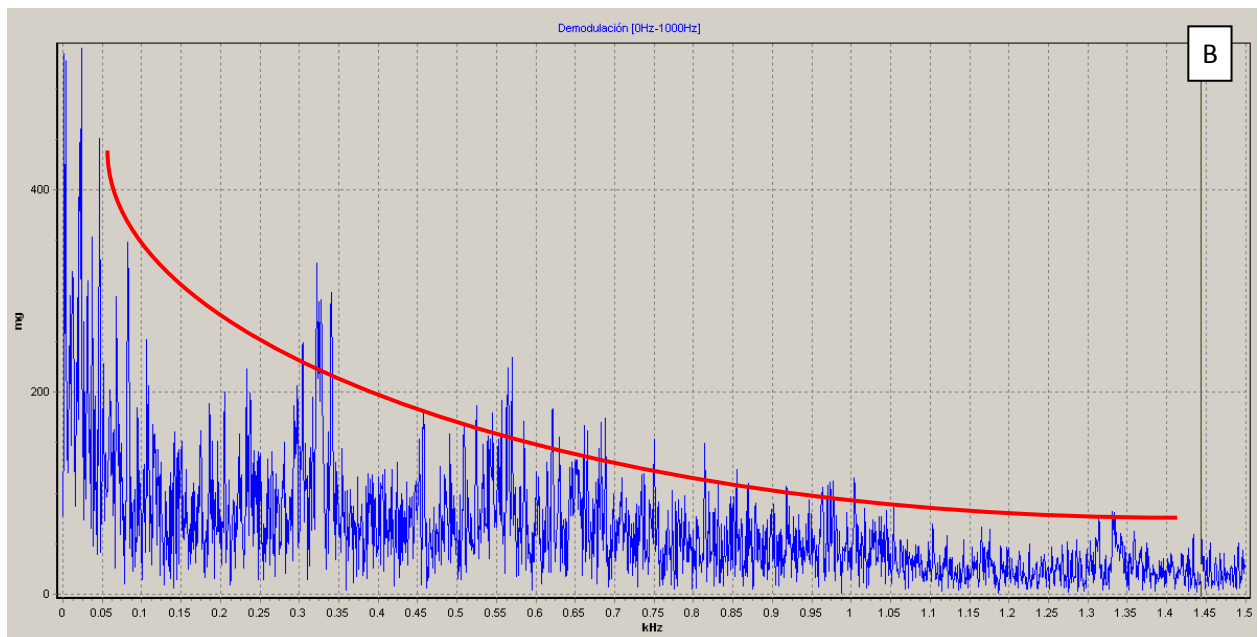
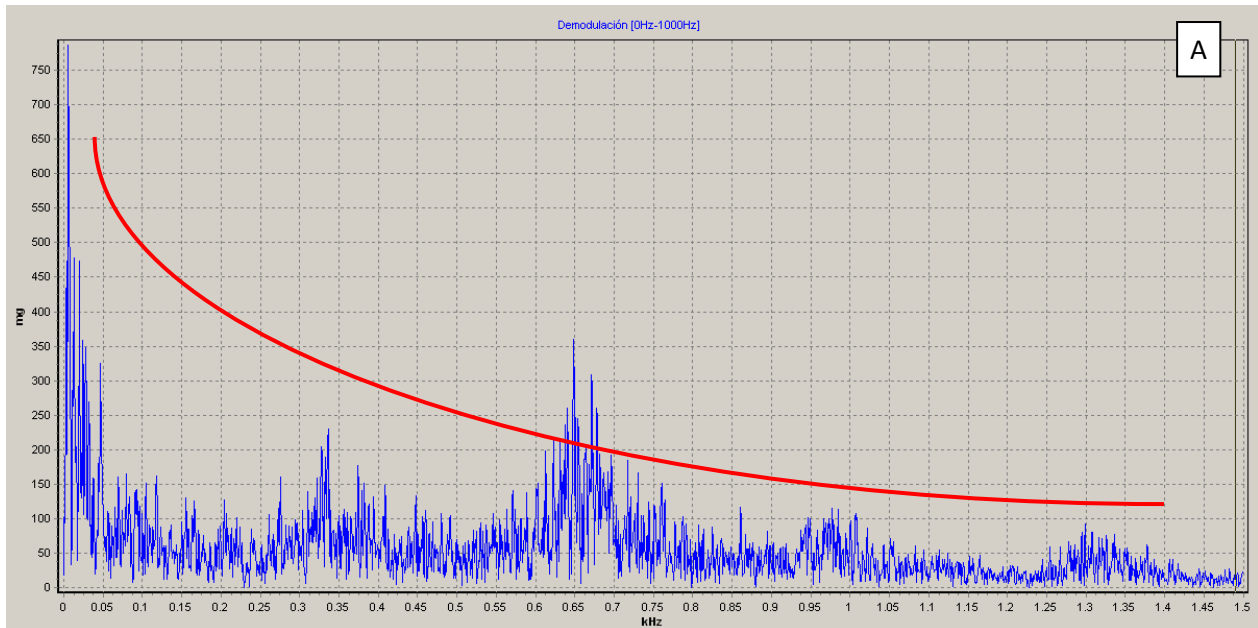
2. A) Máquina sin amarrar y rodamiento dañado VS B) Máquina amarrada y rodamiento dañado

Valor comparado: Velocidad



Los picos de ambos espectros vuelven a coincidir a las mismas frecuencias.

Valor comparado: Demodulación



Las gráficas de demodulación de ambos espectros expresan la forma curva característica del rodamiento dañado. En el caso "B" se pronuncia más la pendiente de la curva pero solo es debido a la escala de la gráfica

Como conclusión, tras estudiar las máquinas Afiladora y Máquina Nueva según se amarren o no, se puede decir que las siluetas de los espectros de ambas tienen las mismas características y por tanto describen de la misma forma el fallo.

De esta forma se permite amarrar las dos máquinas durante el análisis de vibraciones teniendo garantía de que los espectros obtenidos seguirán el mismo perfil que si la máquina no se amarra.

## **B2) FIJACIÓN DE LOS VALORES CARACTERÍSTICOS DE LOS PUNTOS DE CADA MÁQUINA**

Inicialmente, se partió de las configuraciones creadas en el Tredline para las prácticas de años anteriores para los puntos de medición de las tres máquinas. En base a esto, se pretendió buscar el punto de cada máquina donde los resultados fuesen más característicos en relación con los espectros tipo de los fallos provocados para que el alumno pudiera identificar dichos errores mediante sus correspondientes gráficas procedentes de las medidas tomadas.

Lo observado y concluido para cada una de las tres máquinas fue lo siguiente:

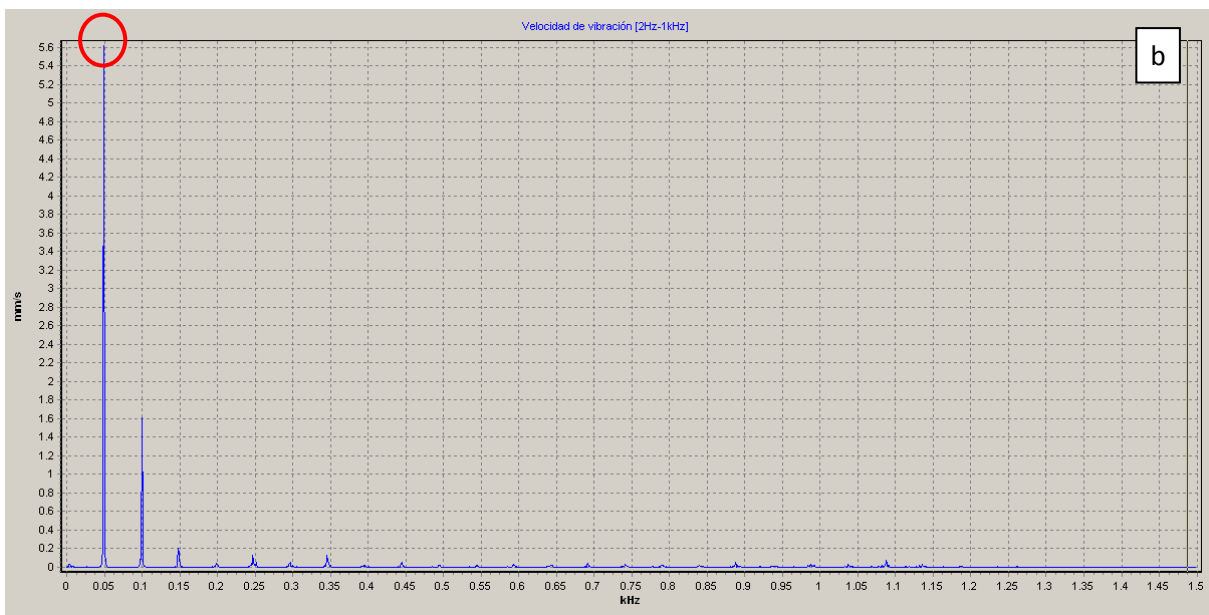
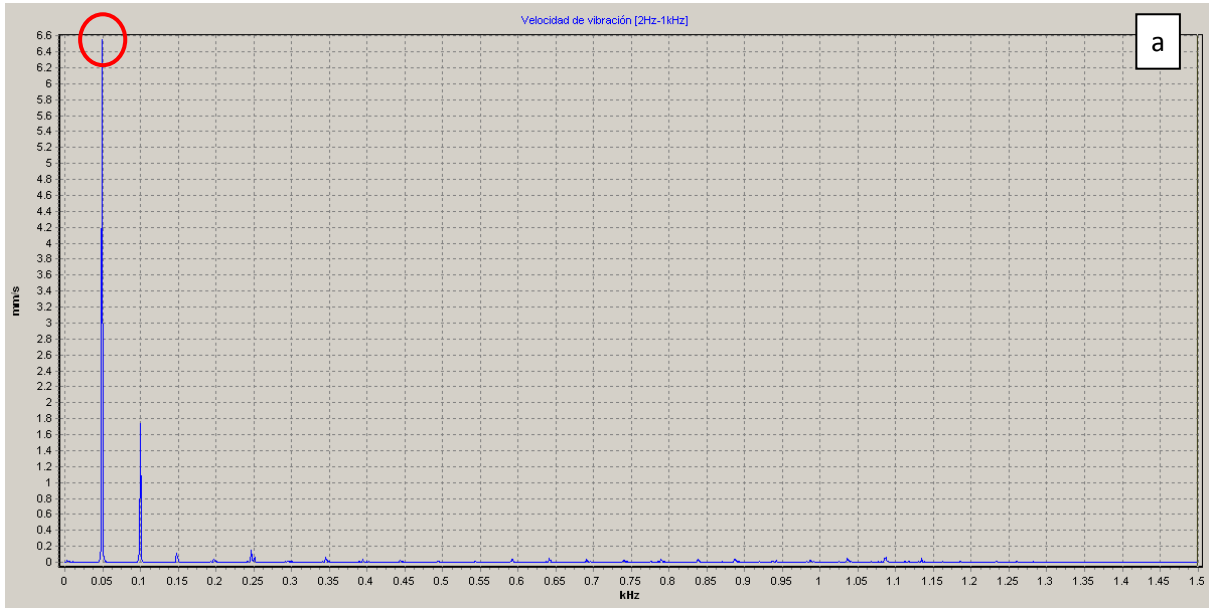
### ➤ AFILADORA

Problemas que surgieron durante la medición y soluciones adoptadas:

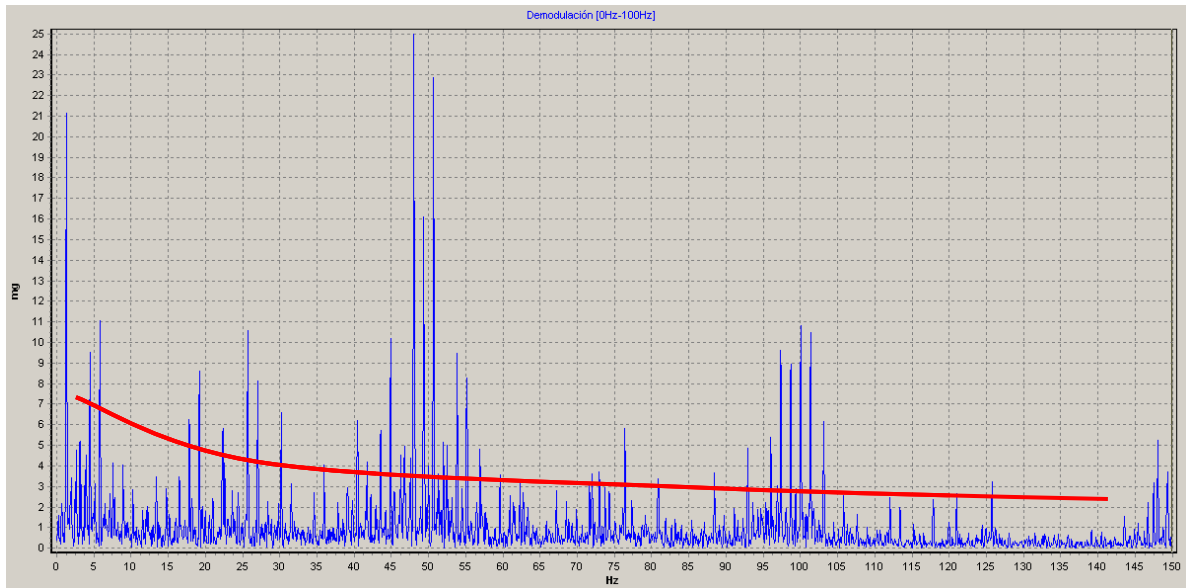
- La afiladora se desliza al vibrar → Amarre a la mesa
- El sensor no toma algunas de las mediciones porque no se solapaba bien → Sujetarlo en posición vertical ejerciendo la fuerza justa para que no se desplace durante la medición
- No se tenía conocimiento de si la máquina tenía algún error interno o desalineación inicial → Numeración de los agujeros de los tornillos para colocar los tornillos siempre en las mismas posiciones a fin de evitar variaciones en los resultados de origen desconocido

Así, se midieron las vibraciones de la Afiladora para comprobar los espectros de todos los casos y relacionarlos con los desequilibrios provocados. Los datos más relevantes fueron estos:

1. El desequilibrio obtenido para las situaciones a) sin tornillos y b) con 4 tornillos muestra que en el segundo caso se llega a compensar por el propio peso de los tornillos:



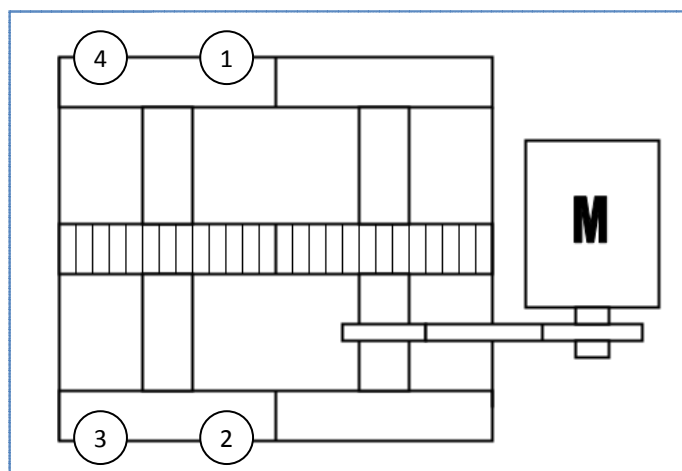
2. En el caso en que los 4 tornillos están colocados, la gráfica de demodulación tiene una ligera forma de curva característica de fallo por rodamiento dañado por lo que puede que alguno de los de su interior esté comenzando a fallar. La gráfica correspondiente a lo comentado se muestra a continuación:



### ➤ MÁQUINA NUEVA

El principal problema que surgió fue el de dar con la solución de porqué las mediciones se salían fuera de rango. Para ello, se actuó de la siguiente forma:

- Se realizaron mediciones sobre un punto cualquiera con el Detector usando la configuración de anteriores mediciones y simulando las 4 situaciones posibles (eje correcto, rodamiento dañado, engranaje roto, disco con  $\emptyset$  interior y con  $\emptyset$  exterior). El resultado obtenido indicaba que la medición fuera de rango
- Se probó en todos los puntos posibles de la máquina:

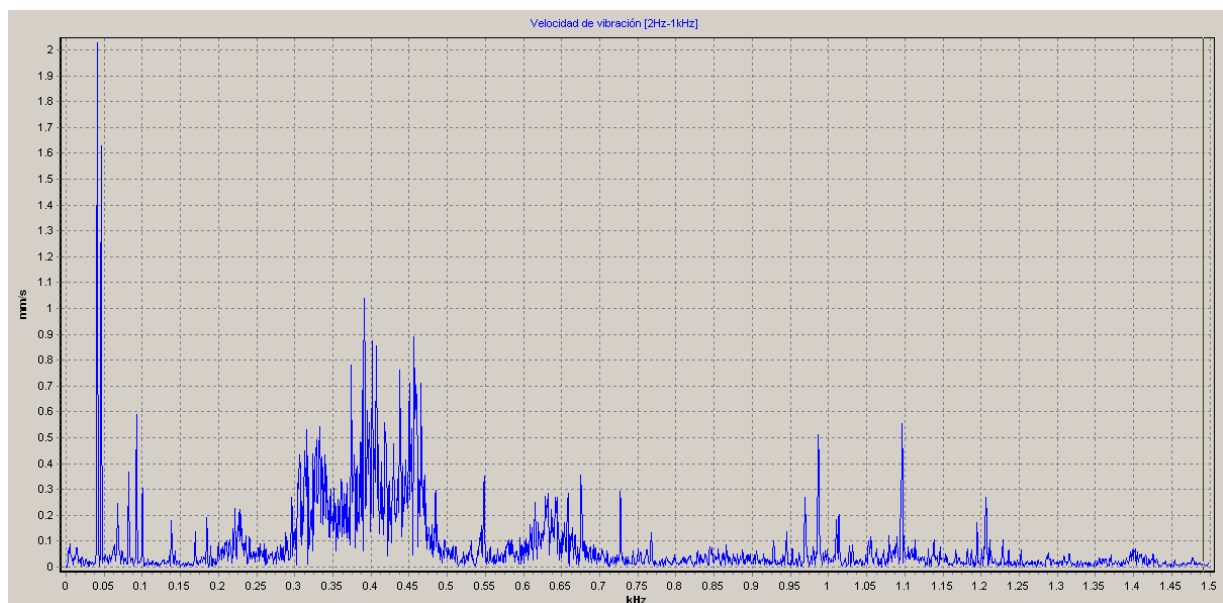


Las mediciones en las zonas 1, 2, 3 y 4 en sus caras superiores y laterales dieron también resultados fuera de rango

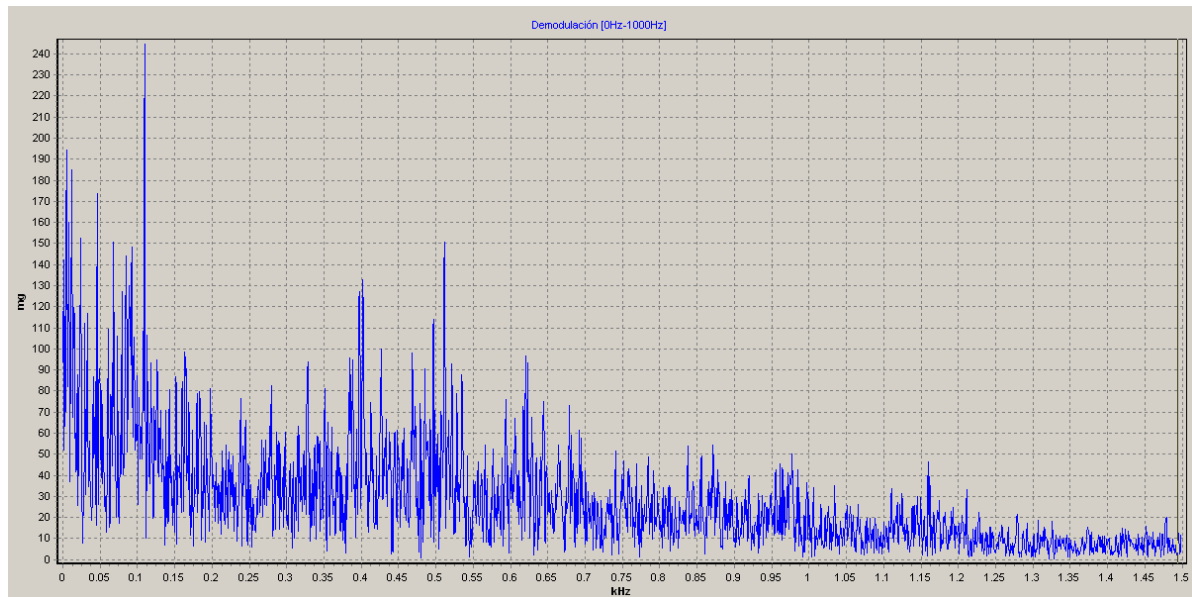
- Y ya por último, se probó por variar la configuración de los parámetros característicos del punto de dicha máquina. Lo que se hizo pueda cambiar la frecuencia de paso bajo demodulación de los 100 Hz iniciales a 1000 Hz para ver que ocurría. Se procedió así:
  - Se volvió a realizar un barrido para ver si en alguna de las 4 zonas el sensor aceptaba la medición:
    - El sensor soportaba las mediciones con el eje correcto en todas las zonas
    - El sensor soportaba las mediciones con el rodamiento dañado en todas las zonas excepto la 4, en la que se encontraba dicho rodamiento
    - El sensor soportaba las mediciones con el disco y los tornillos en las zonas 4 y 1 pero no en las 3 y 2 (zona donde estaba colocado el disco)
  - Tras lo acontecido, la única opción que quedaba fue cambiar el rodamiento dañado al otro lado del módulo y ver si en la zona 4 “tragaba” la medición → Sucedió lo que se esperaba
  - Entonces se marco dicha parte lateral de la zona 4 y se comento en el manual del alumno como y donde realizar la medición. También se guardó esa nueva configuración de los valores característicos del punto de medida en la Máquina Nueva para volcarla al Detector cuando se necesitase

A continuación, se muestran los resultados de los espectros obtenidos según el módulo colocado comparando sus resultados con los del “eje correcto” para que las gráficas puedan ser identificadas y asociadas a su error por parte del alumno:

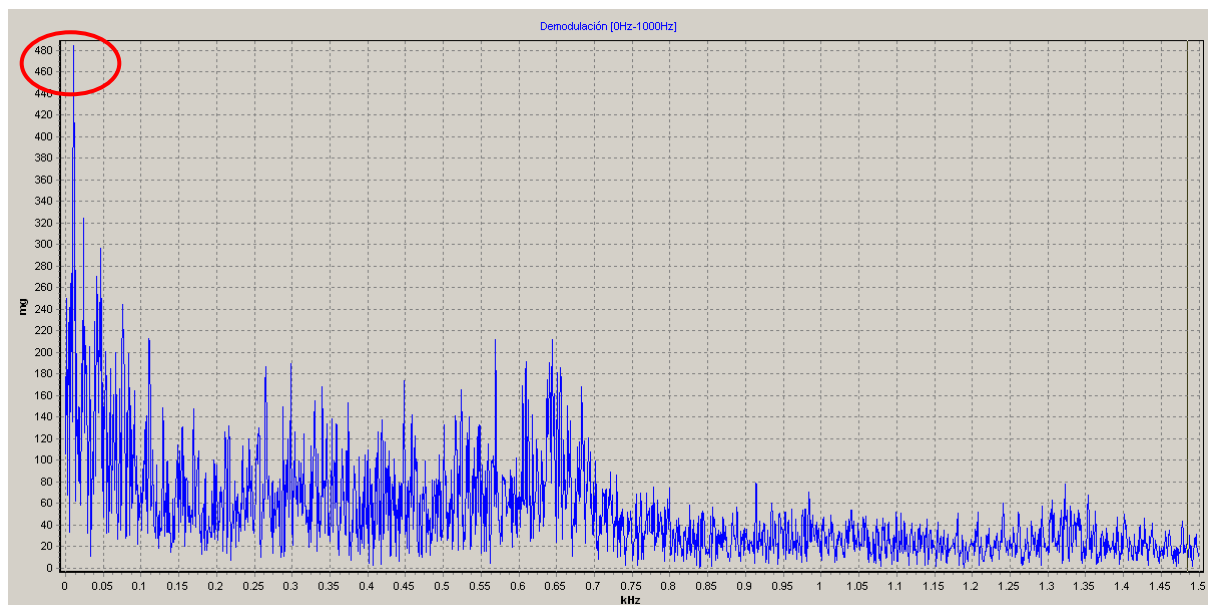
→ Eje correcto. Velocidad y demodulación:





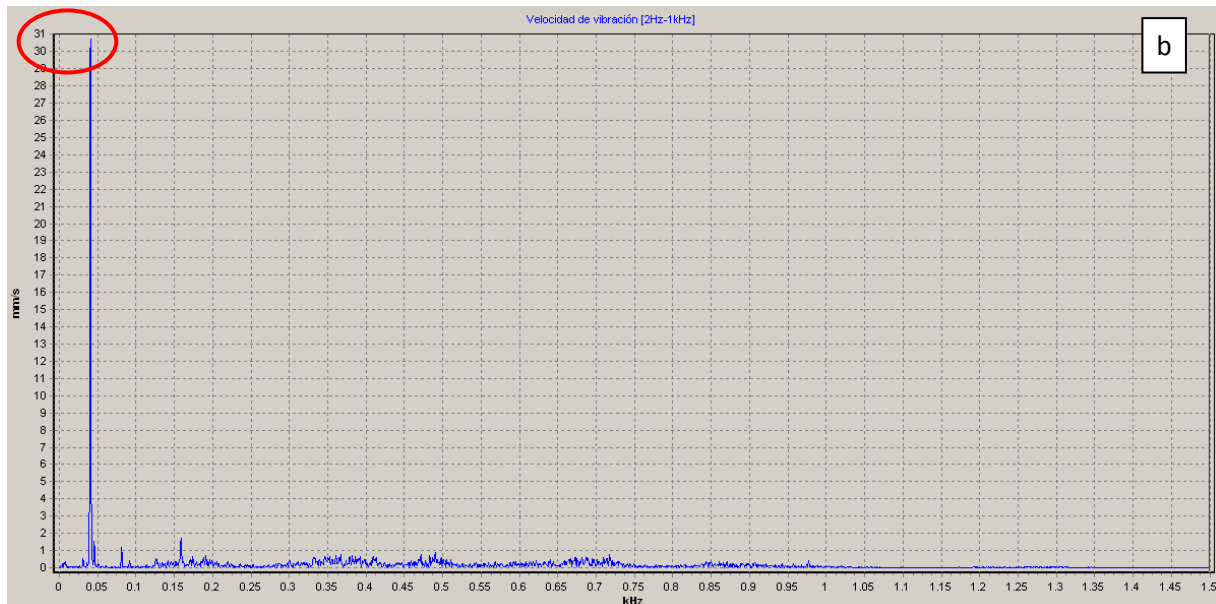
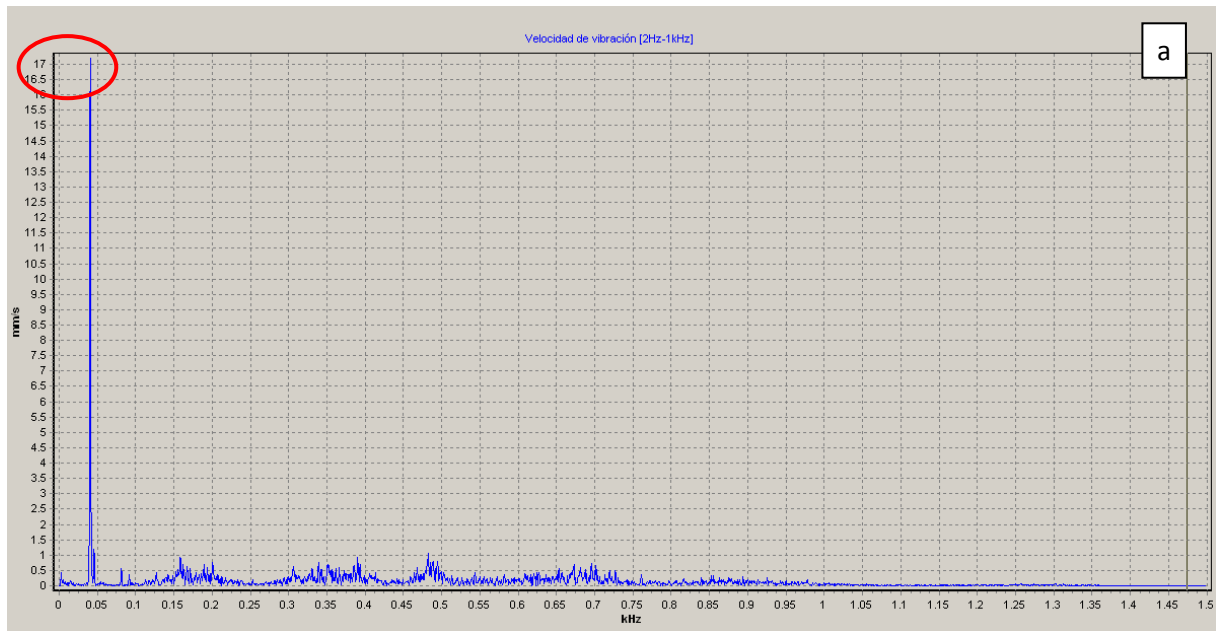


→ Rodamiento dañado. Demodulación:



Aunque no lo parezca, la curva de demodulación con el rodamiento dañado es de mayor pendiente que la del eje correcto ya que el extremo izquierdo de la curva es el doble de la magnitud

→ Disco con tornillo en diámetro interior (a) y disco con tornillo en diámetro exterior (b):

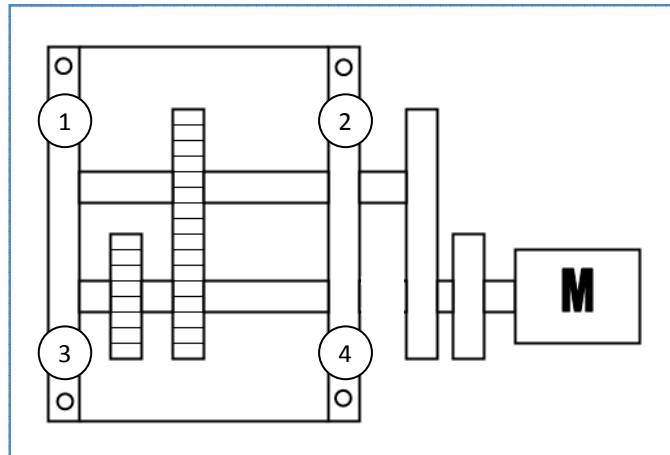


Los resultados mostraron los desequilibrios producidos en ambos caso siendo el del tornillo en el diámetro exterior el mayor de ellos como era de esperar

#### ➤ SIMULADOR

Al igual que en la máquina anterior las acciones llevadas a cabo sobre el Simulador tienen como fin el facilitar al alumno las mediciones con el analizador de vibraciones. En este caso se procedió de la siguiente manera hasta dar con la solución más adecuada:

- Primero, se volcó al Detector la configuración ya existente del punto de medida del el Simulador para ver si las tomas de datos se salían de rango en alguna zona de la máquina:



Tras probar en las zonas 1, 2, 3 y 4 y en puntos intermedios de éstas se observó que el analizador aceptaba todas las mediciones por lo que no surgió el problema de que se fueran de rango

- Para fijar el único punto donde los alumnos fueran a realizar la medición en las prácticas, se compararon las gráficas obtenidas de las vibraciones producidas por la máquina en los 4 puntos anteriormente mencionados. Así, el que mostrara las siluetas de las gráficas más similares a los espectros tipo de cada fallo correspondiente sería el seleccionado.

**NOTA:** El total de gráficas resulta ser excesivo para indicarlas todas ya que  $4 \text{ puntos} \times 3 \text{ valores característicos} \times 3 \text{ simulaciones distintas} = 36 \text{ gráficas}$ , por tanto se indican y comentan los resultados obtenidos y se muestran sólo aquellas que se han considerado relevantes a la hora de elegir el punto final.

Comentarios:

- Los picos indican una mayor desalineación cuando se coloca el “eje correcto” y “el engranaje roto” que cuando se trabaja con el “rodamiento dañado” pudiendo deberse a la existencia de un disco pesado en el extremo.
- Para los tres distintos casos que se simulan en la máquina, los picos de las gráficas que indican desequilibrios y desalineaciones son mayores en el eje conductor (1,2) que en el eje conducido (3,4). En la tabla siguiente se recogen los resultados de la velocidad de giro pudiendo identificarse cada medición según el siguiente orden:

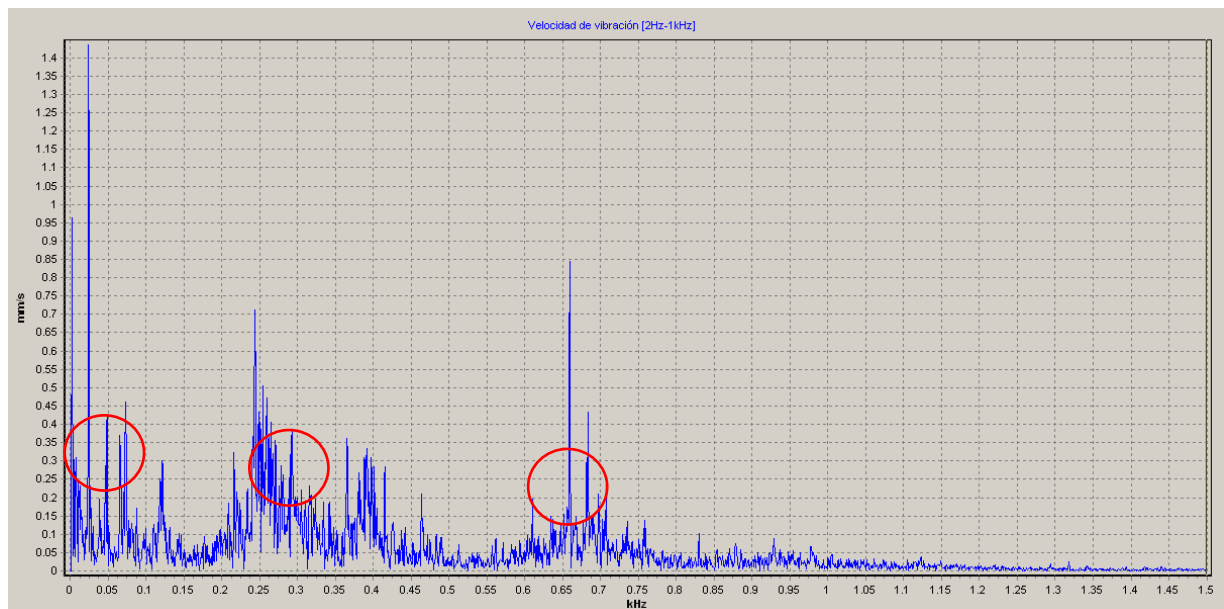
→ Medición con el eje correcto (puntos 1,2,3 y 4)

- Medición con engranaje roto (puntos 1,2,3 y 4)
- Medición con rodamiento dañado (puntos 1,2,3 y 4)

Así, el punto de debajo de la tabla será el punto 1 con el eje correcto, y el de arriba el punto 4 del rodamiento dañado:

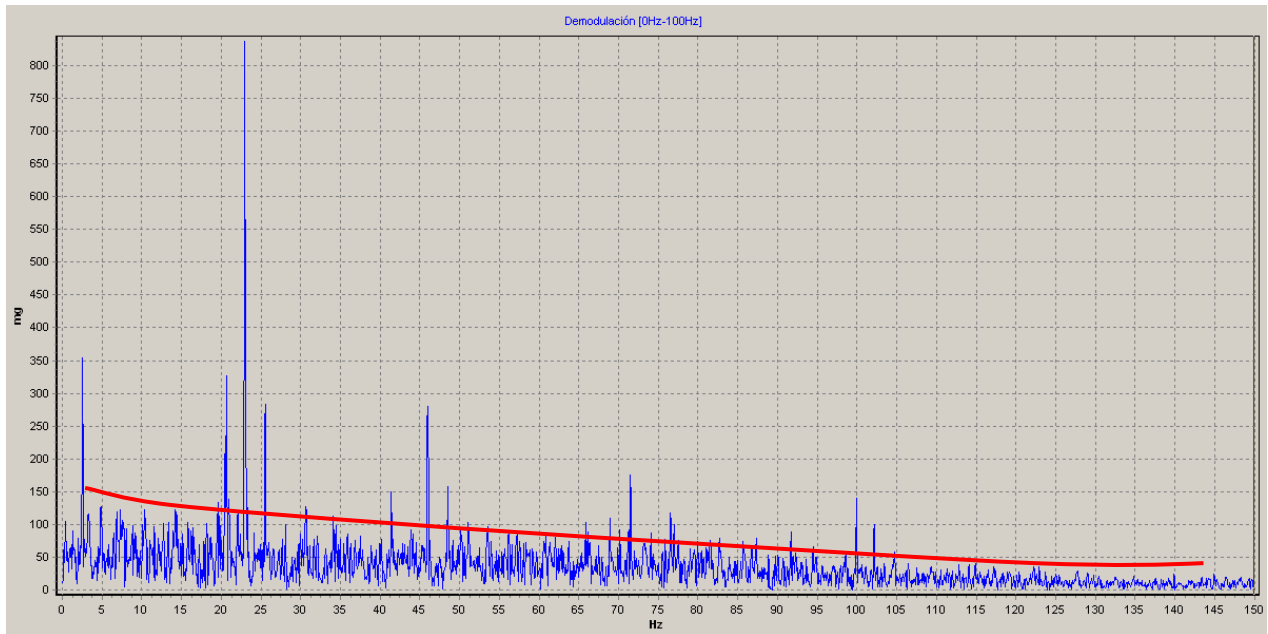
	Fecha	ISO 10816/ mm/s	Alarma principal/ mm/s	Pre alarma/ %
▶	16/08/2010 15:52:04	1,96	35,00	45,00
	16/08/2010 15:47:18	2,04	35,00	45,00
	16/08/2010 15:45:22	1,24	35,00	45,00
	16/08/2010 15:43:54	1,72	35,00	45,00
	16/08/2010 15:36:53	2,56	35,00	45,00
	16/08/2010 15:35:35	2,05	35,00	45,00
	16/08/2010 15:34:30	1,76	35,00	45,00
	16/08/2010 15:31:45	1,85	35,00	45,00
	16/08/2010 15:20:58	2,67	35,00	45,00
	16/08/2010 15:19:29	2,27	35,00	45,00
	16/08/2010 15:18:11	1,64	35,00	45,00
	16/08/2010 15:16:24	1,54	35,00	45,00

- En el caso del “engranaje roto”, dicha desalienación debería ir acompañada de un espectro que pudiera describir dicho fallo (picos simétricos decrecientes a mismos múltiplos de la frecuencia). De los 4 puntos marcados, es en el 1 donde mejor se observa lo comentado:



- Analizando los espectros de los 4 puntos de medida tras recoger los datos cuando se introduce un rodamiento dañado, se observa una ligera tendencia por parte de sus gráficas de demodulación de adoptar la forma de la curva

característica, aunque la pendiente no es muy pronunciada. Por tanto, cualquiera de las 4 curvas podrían solucionar o generar las mismas dudas en cuanto a que tipo de fallo describen dicho espectros. A continuación se muestra el espectro de demodulación del punto 1 para ver como queda la gráfica (aunque pudiera haber sido la de cualquiera de los otros tres puntos):



Como conclusión, tras evaluar los espectros de todos los puntos analizados se ha optado por fijar el punto número 1 como punto para la medición principalmente porque:

- Describe de forma más clara que todos los demás puntos la situación del engranaje dañado
- La curva que muestra cuando el rodamiento se encuentra dañado no es demasiado pronunciada pero se considera aceptable si la comparamos con los resultados de los otros puntos

Así, se marcó en la máquina el punto designado para la medición, se guardó la configuración de sus valores característicos para volcarlos al Detector y se informó en el manual del profesor de los resultados obtenidos en dicho punto.

#### 4.4. NUEVO CONJUNTO

Como se comentó al principio, a fin de completar las prácticas de Mantenimiento se pensó en crear algo para que los alumnos se pusieran en contacto físico con algunos elementos que habitualmente forman parte de cualquier máquina existente. Se pretendía además que identificaran y manipularan las herramientas y aprendiesen los procesos a seguir para montar y desmontar dichos elementos.

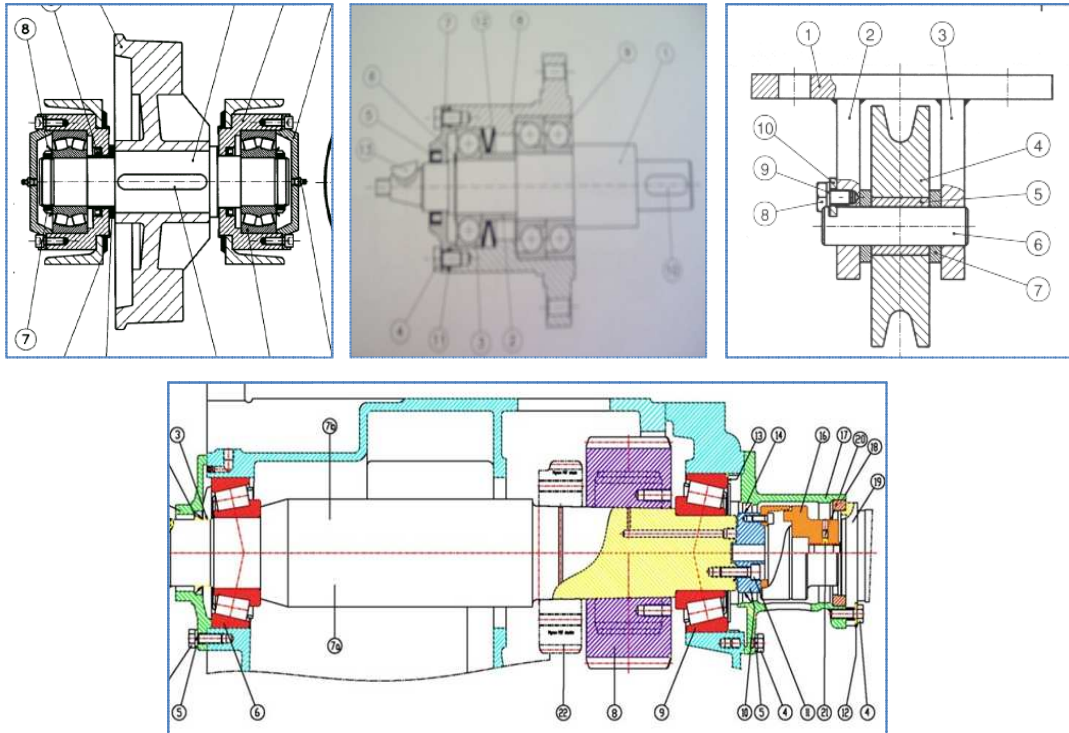
Inicialmente se diseñó un montaje partiendo de la nada del cual se tendrían que comprar o mecanizar todos los materiales y elementos que lo compusieran pero, finalmente se reutilizó un reductor que iba a destinarse como chatarra y pudo sustituirse parte del montaje diseñado inicialmente porque contenía varios de los elementos que constituía el montaje primero.

➤ A continuación se desarrolla en orden cronológico el proceso seguido para alcanzar el montaje definitivo destinado a completar las nuevas Prácticas de Mantenimiento:

- Lo primero que se hizo fue definir a grandes rasgos las características de aquello que se quería diseñar:
  - Se quería realizar un montaje sobre un eje que tuviese distintos elementos y el conjunto no fuera excesivamente grande por cuestiones de peso, comodidad, maniobrabilidad, seguridad, etc.
  - Se pretendía que los elementos que compusieran el conjunto fueran los más comunes y habituales existentes en cualquier sistema mecánico
  - Se pretendía que los elementos fueran de fácil montaje y desmontaje sobre dicho conjunto
  - Se buscaba la variedad en los elementos así como en las herramientas necesarias para manipularlos
  
- Tras aclarar lo anterior, se realizaron diversas consultas para tener alguna idea global (de la totalidad de un conjunto) y particular (cada elemento de un conjunto) para afrontar el diseño a realizar.

Para obtener ideas globales se consultaron:

- Conjuntos y despieces procedentes de libros de dibujo industrial como los mostrados a continuación:



FIGURAS 1: Ejemplos de conjuntos de dibujo industrial consultados

- o Montajes pertenecientes a ejes de máquinas, conjuntos mecánicos, etc.

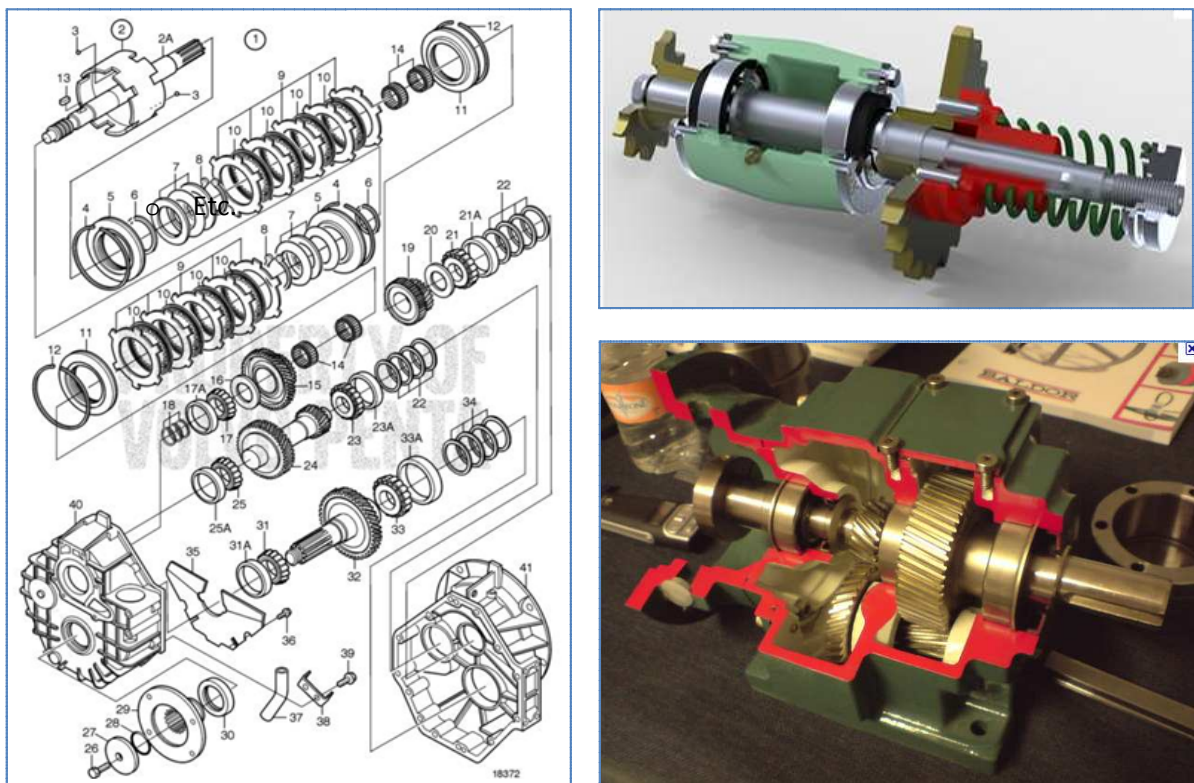


FIGURA 2: Ejemplos de montajes de partes de máquinas o conjuntos mecánicos



Para obtener ideas particulares de cómo colocar los elementos se consultaron:

- o Tipos de rodamientos y técnicas de montaje y sujeción
  - Tipos: rígidos a bolas, con contacto angular, rodillos cilíndricos, etc.
  - Técnicas: sujeción por tuerca de fijación y arandela de seguridad, manguitos cónicos elásticos de tracción o compresión, etc.

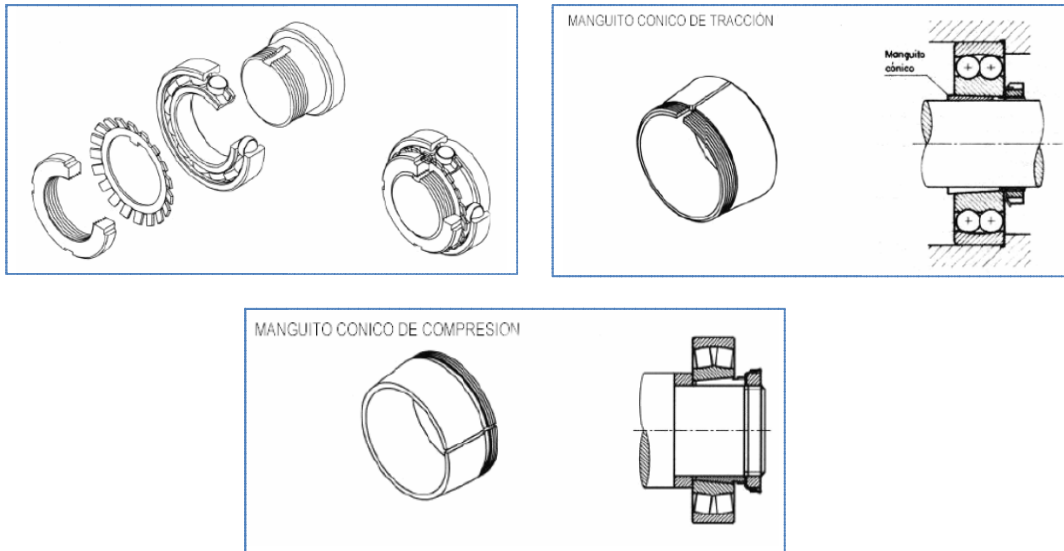


FIGURA 3: Técnicas de montaje y sujeción de rodamientos

- o Diseños de ejes para facilitar la extracción de sus elementos. De los cuales se extrajeron las siguientes conclusiones:
  - Escalonar el diseño de forma ascendente desde el extremo por el que se introducen los elementos a colocar en el conjunto
  - Durante el dimensionado del eje, tener en cuenta el proceso de montaje y desmontaje de los elementos del eje y de aquellos elementos auxiliares que por necesidad pudieran ser colocados para facilitar los montajes
  - A igualdad de diámetro del eje entre dos elementos contiguos que se sacan por el mismo lado, ser exacto en definir las tolerancias y ajustes para favorecer la extracción de ambos sin dañar el eje
- o Que tipos y como se colocan los retenes para separar unas zonas de otras:

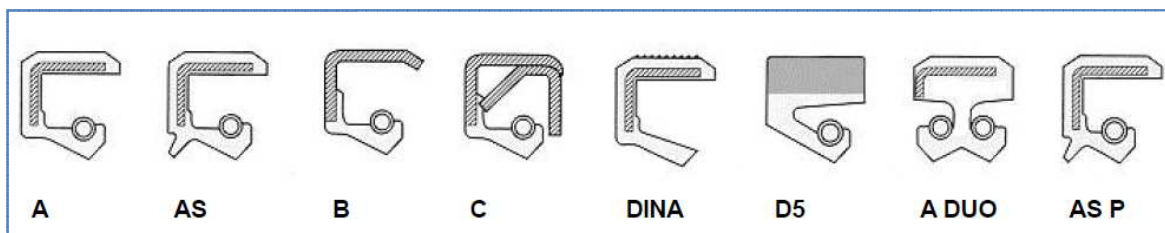


Figura 4: Perfiles típicos de retenes



Existían múltiples perfiles en el mercado en función de su material, el aceite con el que entran en contacto, el tipo de montaje, etc. (consultas realizadas en catálogos específicos de retenes)

- o Como hermetizar un cierre colocando juntas tóricas:

Al igual que con los retenes se dispuso de un catálogo específico donde se indicaban los tipos de juntas, material, dimensiones, montaje, etc.

- o Elementos de transmisión de movimiento. Acoplamientos elásticos. Tipos: de estrella, de pivote, de lámina, de engranaje interno, de muelles, de manguito, etc.



FIGURA 5: Ejemplos de acoplamientos elásticos

- A partir de la recopilación de ideas anterior se planteo un diseño inicial que se describe a continuación:
  - o Lo primero que se hizo fue dividir el conjunto total en dos subconjuntos bien diferenciados que fueran unidos por una unión de algún tipo:

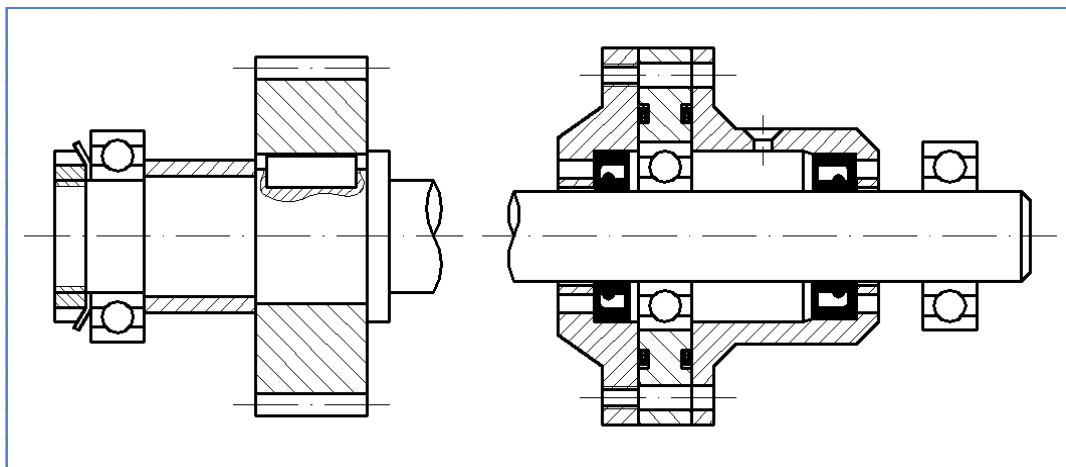


FIGURA 6: Croquis del diseño inicial del conjunto (partes izquierda y derecha)

La parte izquierda del conjunto constaría de:

- Un rodamiento rígido de bolas sujetado por una tuerca y una arandela de seguridad (método común de sujeción)
- Un soporte (no dibujado) que abrazaría el rodamiento anterior sustentando el eje por ese lado
- Un engranaje sujeto mediante chaveta al eje del subconjunto izquierdo
- Un eje sobre el que se monta todo el subconjunto

La parte derecha del subconjunto constaría de:

- Dos tapetas que irían atornilladas a un soporte central constituyendo una especie de cámara interior
  - Dos retenes dispuestos para sellar la cámara con la ayuda de dos juntas tóricas colocadas en el apoyo central
  - Un sistema de lubricación: orificio en la tapeta derecha para la entrada del aceite y agujero en el eje (no dibujado) que condujera el aceite hasta la salida por su extremo derecho
  - Dos apoyos con rodamiento rígido de bolas para sustentar el eje: el central siendo el principal pilar de sujeción y el del extremo derecho para repartir la carga
  - Un eje sobre el que se monta todo el subconjunto
- o La parte central debería ser un nexo de unión entre los dos ejes de los subconjuntos izquierdo y derecho, capaz de transmitir el movimiento y absorber las desalineaciones y vibraciones causadas por el movimiento giratorio del eje producido en cualquier caso real. Interesaba también que elemento escogido debería poder montarse y desmontarse con cierta facilidad.

Tras informarnos sobre los tipos de acoplamientos existentes, características y precio en el mercado, se optó por buscar alguno en desuso que pudiera haber por el Taller de Fabricación y se adecuarse a nuestras necesidades ya que su coste era bastante alto ( $\approx 50$  € el más barato).

Finalmente se encontró por el taller un acoplamiento elástico tipo Rotex que por sus características y dimensiones podría servirnos perfectamente como elemento de unión entre los dos subconjuntos.

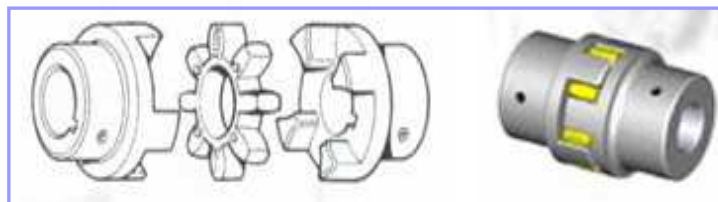
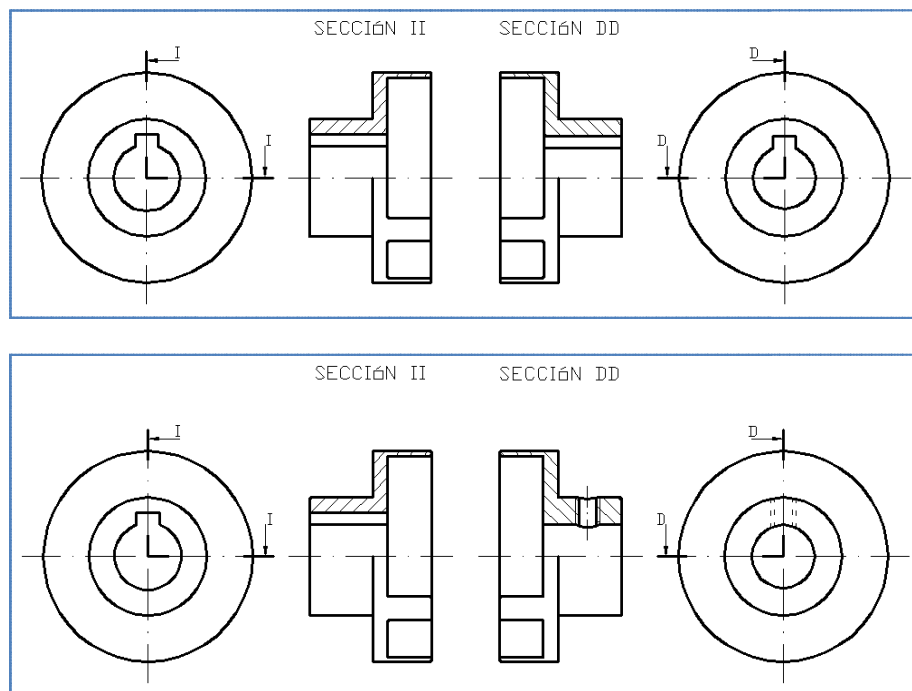


FIGURA 7: Acoplamiento elástico Rotex, separado y unido

El tipo de unión de dicho acoplamiento con los dos ejes que pretendía unir, constaba de un tornillo y un agujero pasante en cada uno de los mangones. Además el agujero de entrada del eje para cada uno de los mangones era del mismo diámetro.

El diseño inicial del acoplamiento que se muestra a continuación, pretendió que cada uno de ejes entrantes a los mangones fuera de un diámetro diferente para evitar errores a la hora de realizar el montaje. Además, se propusieron dos diseños distintos para las dos partes: unión por doble chaveta y unión por chaveta y tornillo. El mecanizado final propuesto para cada una de las opciones del acoplamiento sería el siguiente:



FIGURAS 8: Croquis unión doble chaveta y chaveta-tornillo

Por tanto, quedaba bien definido el diseño inicial compuesto por los dos subconjuntos derecho e izquierdo y la doble opción del acople intermedio. A partir de aquí surgirían nuevas ideas, variaciones necesarias, etc. que llevarían a modificar parte del diseño del conjunto.

- Como hemos comentado anteriormente, se encontró un eje reductor que iba a ser desechado como chatarra. Su tamaño reducido y compacto se adecuaba a nuestras necesidades por lo que se procedió a examinarlo para ver si podría utilizarse sustituyendo parte del montaje inicial y así ahorrarnos el tiempo y coste del mecanizado o compra de ciertos elementos. Lo que se hizo fue lo siguiente:
  - Observar y seleccionar aquellas partes del reductor que pudieran extraerse de manera más rápida y sencilla:

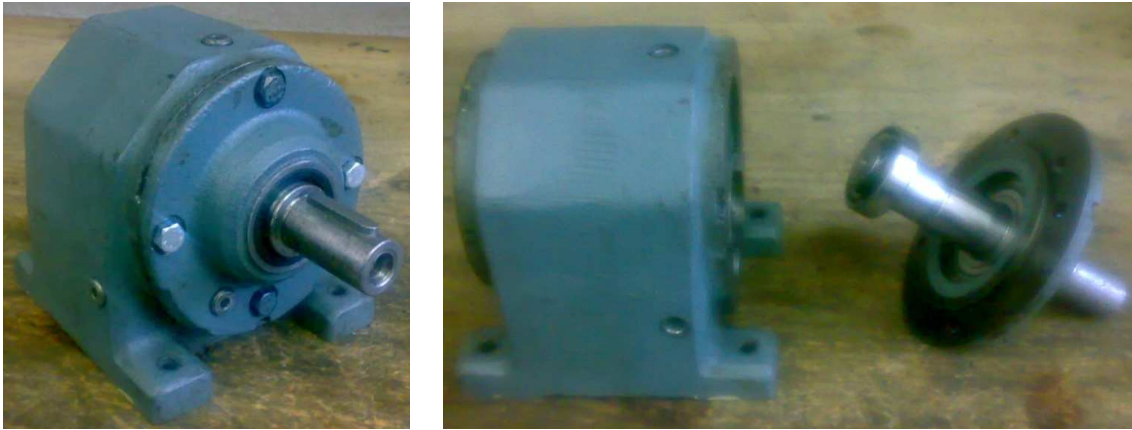


FIGURA 9: Reductor y eje principal desmontado

Como muestra la figura anterior, el reductor contiene un eje principal de fácil extracción compuesto por una serie de elementos de interés que serán mostrados más adelante. Consta también de dos eje secundario cuyas extracciones son más complicadas y costosas, además, no tienen elementos nuevos respecto de los que ya se fueran a ver en otras partes del conjunto total. Se puede identificar dichos ejes secundarios en la siguiente figura:

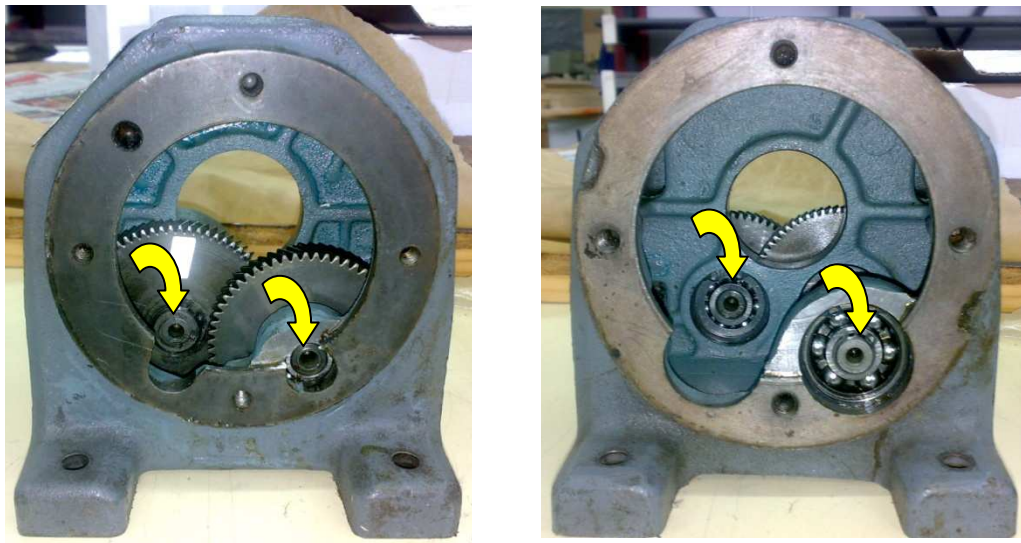


FIGURA 10: Cara y dorso del reductor para identificar los ejes secundarios (el eje principal y la tapeta han sido desmontados)

- Desmontar el reductor para hacer un listado de los elementos existentes para ver si eran conformes a nuestras necesidades y evaluar también la dificultad y tiempo de su montaje y desmontaje. Además, en el caso de escoger dicha opción, también nos serviría para concretar que herramientas, máquinas y

elementos auxiliares serían necesarios para llevar a cabo en montaje y desmontaje del reductor:

– Listado de elementos extraídos:

1. Rodamiento
2. Grupilla
3. Anillos finos de acero
4. Retén
5. Tapeta
6. Chaveta
7. Tornillos\*
8. Eje
9. Tornillos\*\*
10. Bloques\*\*\*

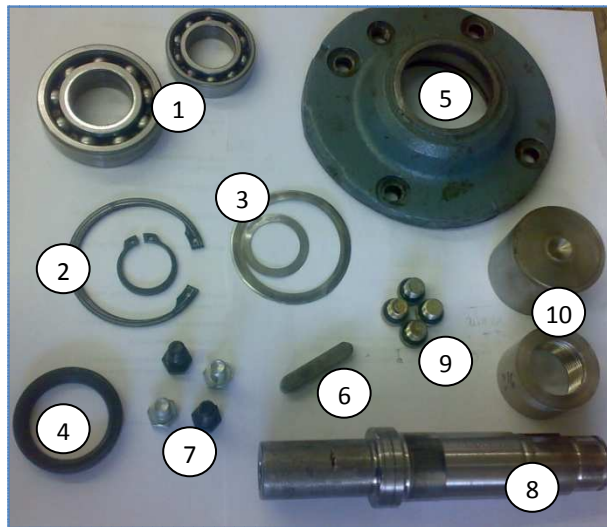


FIGURA 11: Elementos extraídos del reductor

\* Para sujetar la tapeta a la carcasa del reductor

\*\* Para hermetizar la cámara interior del reductor, cada uno dispone de una junta tórica en su cuello para sellar la zona en cuestión

\*\*\* Elementos auxiliares (no extraídos) sacados de la chatarra del almacén y usados para extraer algunos de los elementos (más adelante se explicará como se han mejorado y adecuado al montaje final)

– Listado de útiles y herramientas necesarias:

- Llaves fija, ajustable, de gancho y Allen
- Destornillador plano
- Alicates de presión, de extracción de grupillas exteriores e interiores
- Martillo y maza de plástico
- Punzón metálico y cortafríos
- Extractores universales de tres brazos grande y pequeño
- Tornillo de banco
- Prensa hidráulica

– Tiempo empleado (ver estudio de tiempos). Se midió el tiempo y se estimo al alza que:

- Montaje de los elementos del reductor  $\approx$  1 hora
- Desmontaje de los elementos del reductor  $\approx$  1 hora

Por tanto, conocidas las características del reductor, las herramientas necesarias para manipular sus elementos y el tiempo empleado en ello, se tomo la decisión final de incluirlo como parte del montaje final.

- Así, se decidió sustituir el reductor con sus elementos a extraer, por el subconjunto izquierdo del diseño inicial. La decisión se basó en los siguientes aspectos:
  - El reductor contenía prácticamente todos los elementos que se pretendían mostrar en el subconjunto izquierdo del diseño inicial
  - El mecanizado del subconjunto izquierdo era mucho más complicado que el derecho
  - Se consideraba interesante mostrar a los alumnos como se fija un rodamiento al eje como ocurre en el extremo del subconjunto derecho
  - El engranaje es el único elemento diferente que contiene el reductor y no se ha podido desmontar y casualmente en el subconjunto derecho tenemos uno
- Tras fijar definitivamente la parte derecha del montaje, se pasó a estudiar el subconjunto izquierdo para ver que variaciones o mejoras respecto del diseño inicial podrían introducirse. Como consecuencia, surgieron los siguientes cambios ilustrados en el croquis posterior:
  - El subconjunto izquierdo solo constaba de un apoyo por lo que se creyó conveniente colocar otro para equilibrar el peso del engranaje y evitar dañar el acoplamiento central
  - Se podría escalonar el eje del subconjunto en su lado derecho para favorecer la colocación del nuevo apoyo y la entrada del acoplamiento central
  - Se practico una ranura en el extremo izquierdo del eje, que en el diseño inicial no se detallaba, para poder introducir la arandela de seguridad
  - Se varió ligeramente el diseño del extremo izquierdo del eje y se colocó una arandela gruesa auxiliar para apoyar el rodamiento, a fin de favorecer la salida de éste evitando así que rozara con la rosca de dicho extremo además de garantizar el apriete longitudinal

*(El siguiente croquis muestra las variaciones descritas atrás. Para mayor detalle consultar el plano 1.00 "Pate Diseñada Conjunto")*

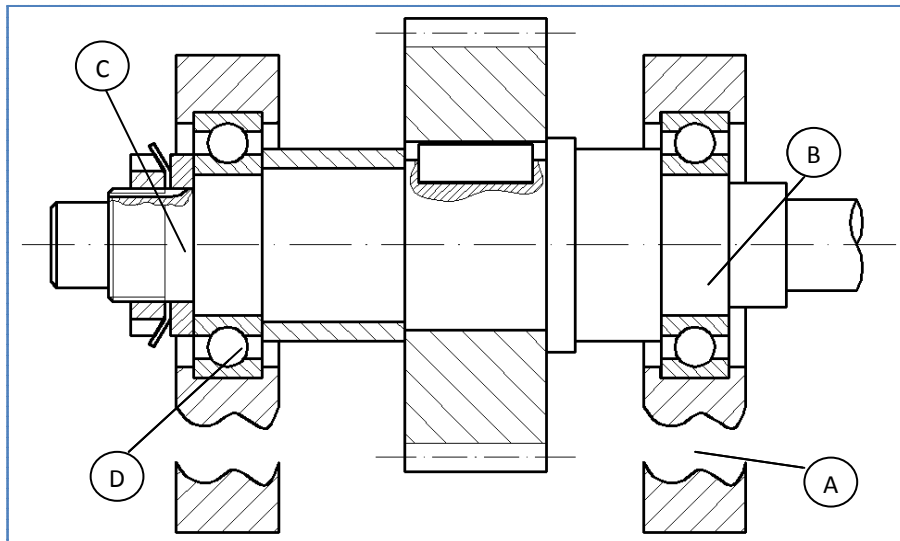


FIGURA 12: Croquis de las variaciones del subconjunto izquierdo respecto del diseño inicial

- Después de realizar el croquis del subconjunto izquierdo, se tuvieron que fijar las medidas nominales de todos los elementos que lo compusieran para poder dimensionar eje sobre el que se iban a colocar dichos elementos. Posteriormente se realizó el dimensionado final. Para ello:
  - Se adquirieron los elementos normalizados y se dimensionaron los demás elementos conforme a las medidas nominales que nos interesasen:
    - Elementos normalizados adquiridos:
      1. Tuerca ranurada serie KM4 (M20x1)
      2. Arandela de seguridad serie MB4 (correspondiente a la tuerca KM4)
      3. Rodamiento rígido de bolas (ref. 6005 [25x47x12])
      4. Chaveta paralela tipo B 8x7x20
    - Elementos mecanizados:
      5. Arandela gruesa (mecanizado íntegro)
      6. Anillo separador o casquillo (mecanizado íntegro)
      7. Apoyos (mecanizado íntegro, más adelante se detallan las opciones barajadas hasta conseguir el diseño final)
      8. Engranaje (es un elemento comercial pero no se ha comprado porque se ha mecanizado uno que había en el taller adecuándolo a las medidas que necesitábamos, más adelante se detalla su diseño final)
  - Conocidas las medidas de los elementos, se hizo un dimensionado inicial del eje del eje con las medidas nominales de las zonas afectadas por la colocación de los dichos elementos anteriores:



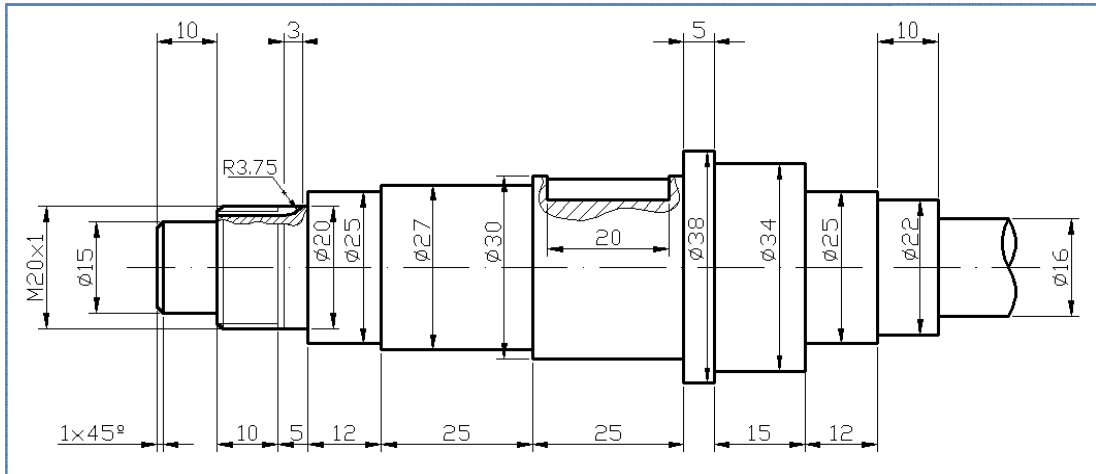


FIGURA 13: Croquis de las medidas nominales del eje del subconjunto izquierdo

- Tras definir todas las medidas nominales, se recopiló información acerca de las tolerancias y ajustes necesarios para cada tipo de elemento del subconjunto izquierdo en función de sus medidas y cometido y después, se procedió a dimensionar cada una de las partes afectadas:

ELEMENTOS QUE INTERACCIONAN	CARACTERÍSTICAS DEL ASIENTO	TOLERANCIA DEL AJUSTE (AGUJERO)	TOLERANCIA DEL AJUSTE (EJE)
Eje y rodamientos	Forzado ligero. Montaje a mano	Ø25 H7 (+21,0)	Ø25 j6 (+9,-4)
Eje y arandela mecanizada	Juego desde perceptible a amplio	Ø20 H8 (+33,0)	Ø20 e9 (-40,-92)
Eje y casquillo	Deslizante sin lubricación	Ø27 H8 (+33,0)	Ø27 h9 (0,-52)
Eje y engranaje	Juego desde perceptible a amplio	Ø20 H8 (+33,0)	Ø20 e9 (-40,-92)
Eje y chaveta	Enchavetado normal	8 N9 (0,-36)	8 h9 (0, -36)
Engranaje y chaveta	Enchavetado normal	8 Js9 (+18,-18)	8 h9 (0, -36)
Mangones del acoplamiento y ejes	Giratorio con poco juego	Ø 15 H7 (+18,0) Ø 16 H7 (+18,0)	Ø 15 f7 (-16,-34) Ø 16 f7 (-16,-34)



TABLA 1: Ajustes de los elementos del subconjunto izquierdo

**NOTA 5:** Para fijar la tolerancia se tomó como referencia agujero base porque es más fácil mecanizar el eje que los agujeros interiores de cada uno de los elementos. Las medidas entre paréntesis se indican en micras ( $10^{-6}$  metros). Los manguones del acoplamiento con los ejes pertenecen a la zona central del conjunto.

- Como se citaba al principio del apartado anterior, existían dos elementos a mecanizar cuyo diseño final se alcanzó tras plantear varios diseños. Se trata del engranaje y de los dos apoyos sobre los que se sustenta el eje del subconjunto izquierdo. A continuación, se comentan los diseños propuestos hasta alcanzar el definitivo para cada caso:
  - Engranaje:
    - Inicialmente se busco un engranaje por catálogo para luego comprarlo. Se seleccionó uno y se propuso mecanizar el enchavetado conforme a los ajustes de la tabla anterior

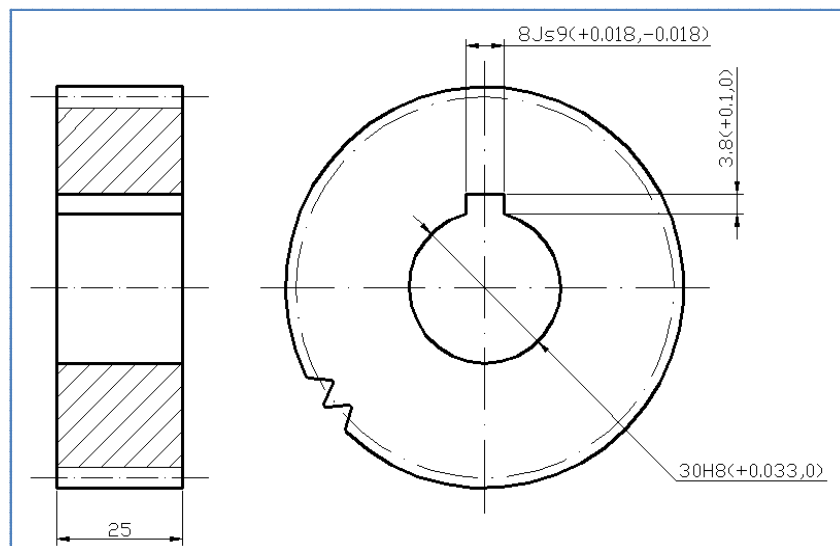


FIGURA 14: Croquis de las dimensiones iniciales del engranaje

**NOTA 6:** No se fijó el diámetro exterior del engranaje ya que en los catálogos existían varias posibilidades para ese mismo grosor y diámetro interior del engranaje. Para nuestro caso valdría cualquiera cuyo  $\varnothing_{EXT} < 85$  mm

- Días más tarde y antes de adquirir el engranaje en cuestión, se observó que en el Taller de Fabricación existían una serie de engranajes que parecían estar inutilizados. Dentro de todos éstos, elegimos aquel que más se aproximase a las dimensiones iniciales que habíamos definido para nuestro engranaje y lo aprovechamos. El diseño final del engranaje sufrió pequeñas variaciones

respecto del inicial debido a la geometría del engranaje aprovechado. Dichas variaciones no alteraron las medidas que nos interesaba mantener fijas:

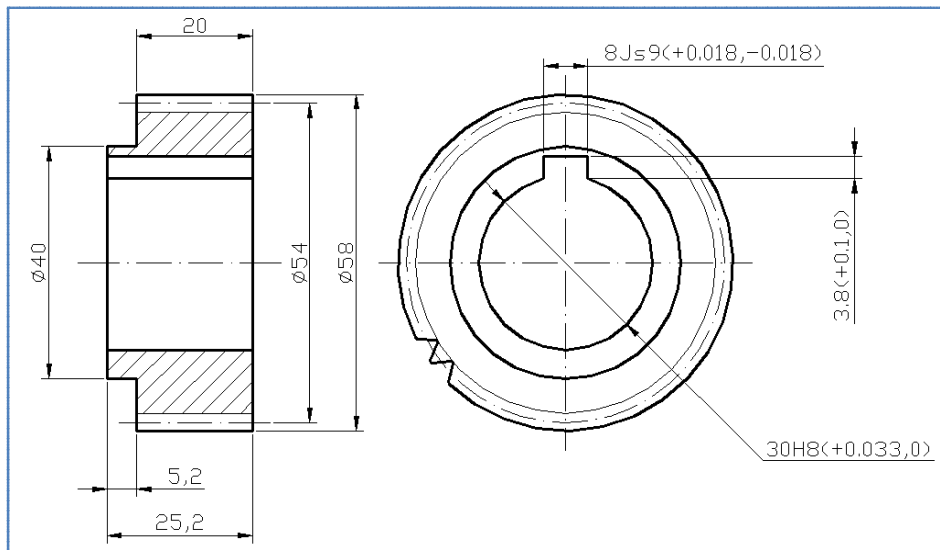


FIGURA 14: Croquis de las dimensiones finales del engranaje

**NOTA 7:** Las dos décimas de más para el grosor del engranaje sirven para asegurar en contacto con el anillo separador colocado tras éste y así fijarlo longitudinalmente.

- o Apoyos de sustentación del eje del subconjunto izquierdo:
  - Para empezar, se propusieron una serie de bocetos para orientar un diseño inicial:

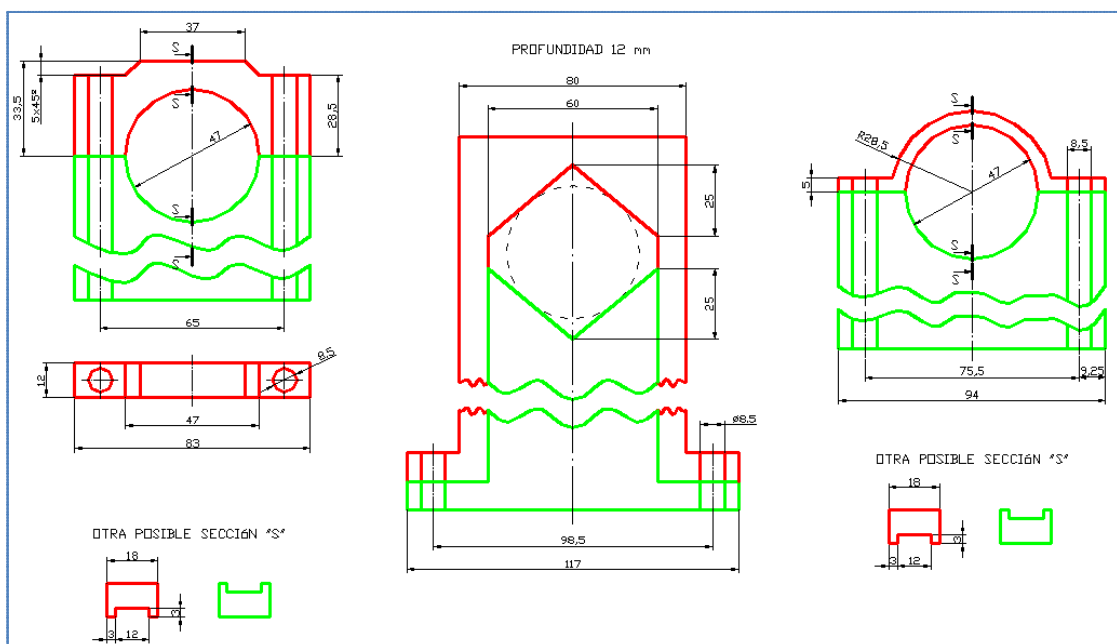


FIGURA 15: Bocetos propuestos para buscar un diseño inicial

- Después, se realizaron dos diseños más definitivos buscando definir las medidas finales de los apoyos, el amarre al la mesa y la sujeción entre las partes superior e inferior de dicho apoyo:

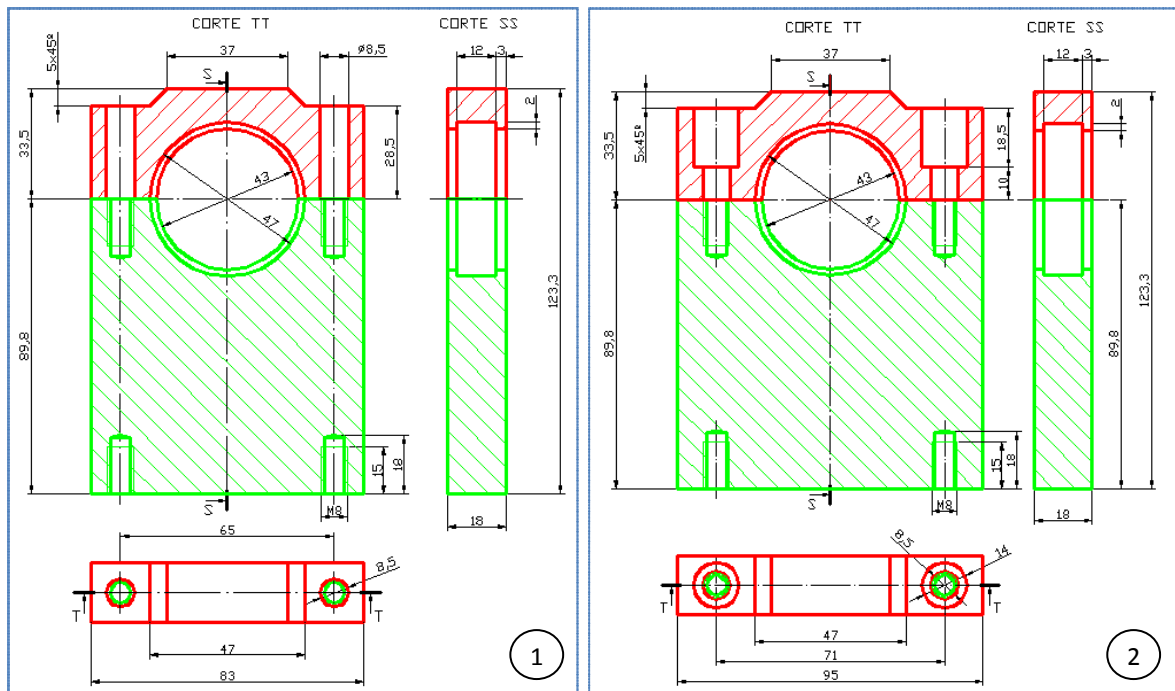


FIGURA 16: Croquis de las dos opciones propuestas

- El diseño final del apoyo se basó en la idea de la opción anterior n°2 ya que en la opción n°1 para amarrar las dos partes del apoyo se necesitaban un par de tornillos muy largos de los cuales no se disponía en ese momento en el taller. El diseño elegido muestra pequeños cambios respecto de la opción n°2 por cuestiones de mecanizado (tiempo, coste y dificultad):

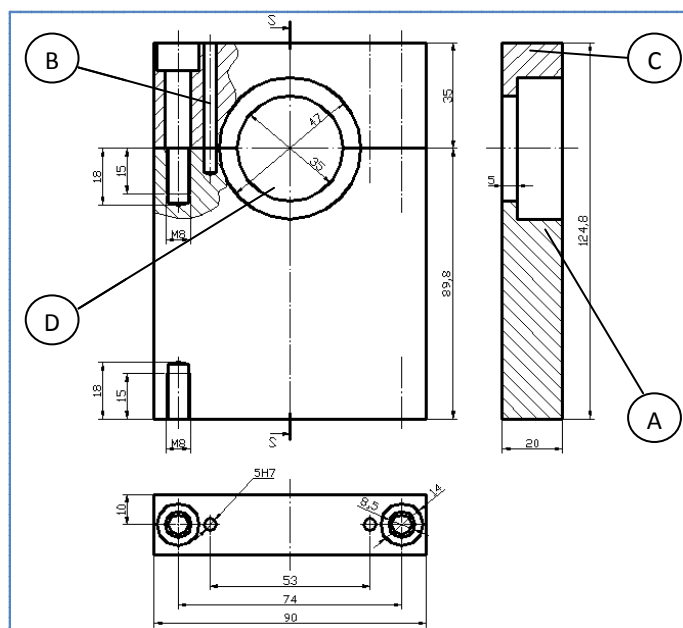


FIGURA 17: Diseño final para los apoyos del subconjunto izquierdo

*(Para mayor detalle de los apoyos consultar el plano 1.09 "Soporte eje subconjunto izquierdo")*

- Los cambios necesarios respecto del diseño nº2 por cuestiones de mecanizado, se enuncian y razonan a continuación:
  - A. Variación del perfil del agujero ya que para realizar el ranurado que se pretendía se necesitaba fabricar una herramienta exclusiva
  - B. Se han mecanizado agujeros pasantes en la parte superior del soporte para colocar pasadores de fijación de la posición
  - C. Se ha simplificado el perfil superior para ahorrar tiempo
  - D. Se ha disminuido el diámetro interior del agujero del soporte para fijar mejor el asiento del rodamiento
  
- Una vez realizados los diseños definitivos de de los subconjuntos izquierdo y derecho quedaba definir el nexo de unión central. Para alcanzar el diseño definitivo se procedió así:
  - Se comenzó por las dos ideas propuestas anteriormente: unión por doble chaveta o unión por chaveta y tornillo (Ver Figura 8 anterior)
  
  - Se decidió que la opción de chaveta y tornillo era más factible porque:
    - De esta forma el alumno veía dos tipos distintos de unión (chaveta y tornillo)
    - Se ahorra trabajo de mecanizado al no tener que hacer el chavetero en uno de los dos lados del acoplamiento, tanto para el eje como para el mangón
  
  - Por otro lado, se observó que ya existían en el conjunto total dos uniones por chaveta e incluir otra más, podría resultar algo repetitivo para el alumno por lo que se propusieron dos nuevas opciones para fijar la unión:
    1. Unión por pasado elástico: Al colocar el pasador elástico a golpe de maza en el interior del agujero pasante, se expande y sujeta el mangón con el eje. El pasador tiene la misma longitud que el diámetro del mangón para evitar choques con otros elementos durante el giro del eje
  
    2. Unión por tornillo prisionero en agujero ciego: Se trata de un tornillo sin cabeza que se aprieta con llave Allen y une el acoplamiento y el eje con una rosca continua entre los dos elementos

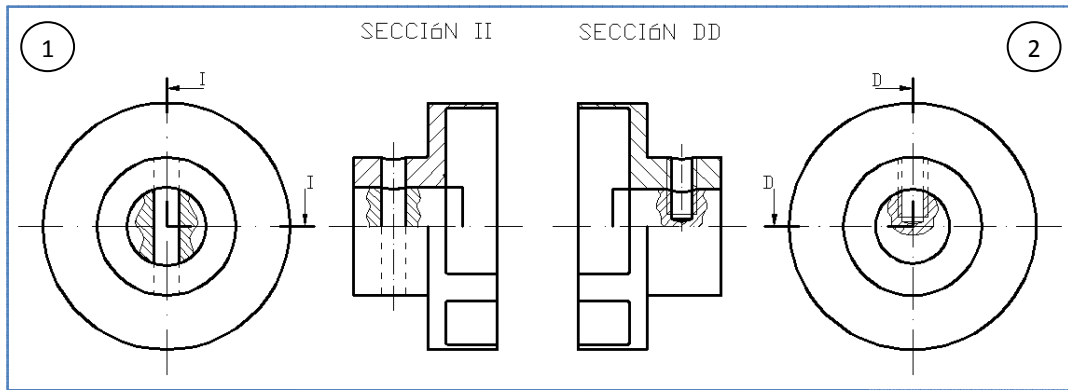


FIGURA 18: Alzado y perfil seccionado de las dos nuevas opciones de la unión acoplamiento-eje

- Finalmente, se decidió que las uniones del nexo central iban a ser las dos anteriores descritas (en un lado por pasador elástico y en el otro por tornillo prisionero) sustituyendo a la idea principal de chaveta-tornillo ya que:
  - Así se ahorra el mecanizado del chavetero en el mangón y en el eje
  - El mecanizado de los agujeros pasante y roscado era más sencillo
  - No se repetía ningún tipo de unión en el conjunto total pudiendo mostrar al alumno tres diferentes: por chaveta, por tornillo prisionero y por pasador elástico
  - Sustituyendo el tornillo normal por uno prisionero sin cabeza y de apriete con llave Allen, daría a conocer al alumno una variante al tornillo normal y corriente
- Las opciones escogidas para unir el acoplamiento con los ejes de uno y otro lado obligo a diseñar los extremos de los ejes de los dos subconjuntos que entraban en el acoplamiento (por la izquierda el eje del subconjunto izquierdo y por la derecha el eje principal del reductor). Debido a las pequeñas dimensiones que inicialmente presentaban los orificios de entrada para los ejes en el acoplamiento, se decidió mecanizarlos y dejarlos a un diámetro mayor que no fuera el mismo en ambos lados facilitando así la labor a la hora de colocar cada uno en su sitio.

**NOTA 8:** Los ajustes entre los orificios de los mangones y los extremos de los ejes se indicaron en la Tabla 1.

Para cada uno de los dos extremos entrantes al acoplamiento se hizo lo siguiente:

- Extremo del eje del subconjunto izquierdo
  - Se cilindró el diámetro del extremo derecho del eje del subconjunto izquierdo hasta 16 mm con un ajuste que permitiera sacar el eje del mangón pero que no tuviera casi juego

- Se taladró un agujero pasante de 5mm de diámetro concéntrico con el realizado también en el mangón de la misma medida para poder colocar el pasador elástico en su interior
- Se calculo una distancia de 22mm con  $\varnothing = 16\text{mm}$  para que la cara siguiente de mayor diámetro del eje izquierdo hiciera tope con la cara del mangón y evitar así el contacto del los dos ejes entrantes al acoplamiento

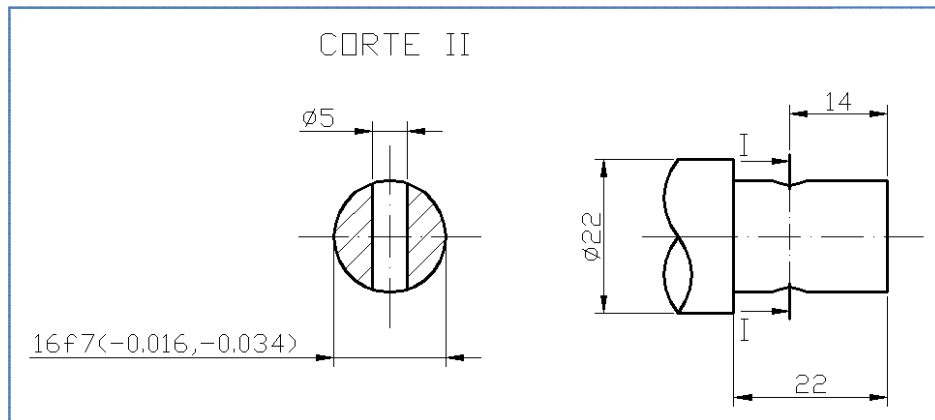


FIGURA 19: Diseño del extremo derecho del eje del subconjunto izquierdo

- o Extremo del eje principal del reductor (subconjunto derecho):
  - La idea principal era reducir el eje del reductor hasta un diámetro de 15mm para que pudiera entrar en el mangón derecho del acoplamiento, pero no se pudo mecanizar directamente sobre dicho eje porque:
    - El eje principal del reductor contenía un chavetero con una chaveta a una distancia muy próxima al extremo entrante al acoplamiento y si se mecanizaba para reducir el diámetro se perdería dicho chavetero
    - El eje principal contenía un agujero interior roscado en dirección longitudinal desde el extremo afectado y de un diámetro similar al que nosotros pretendíamos dejar como exterior
  - Para solucionar el presente problema se opto por aprovechar el roscado interior del eje del reductor colocando un eje auxiliar que por un lado se agarrase a esa rosca y por el otro de diseñara de forma similar al extremo del eje del subconjunto izquierdo. Para diseñar el eje auxiliar:
    - Se tomaron todas las medidas del agujero roscado del eje principal del reductor a partir de las cuales se diseñó la parte derecha del eje auxiliar

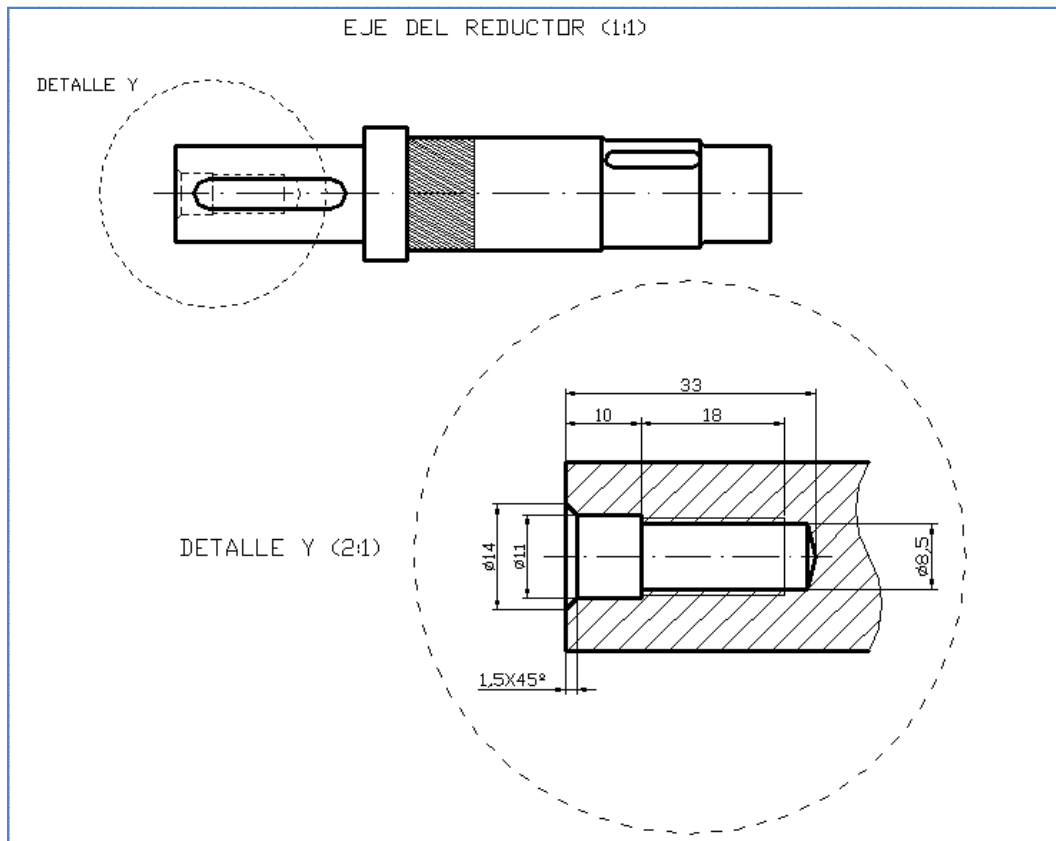


FIGURA 20: Medidas del roscado interior del eje del reductor

Para dar forma al resto del eje auxiliar se consideró que:

- El extremo del eje auxiliar debía medir 15mm de diámetro y su ajuste permitir sacar el eje del mangón, pero sin tener apenas juego
- Para controlar que la longitud de entrada en el mangón con diámetro 15mm no chocase con el eje del subconjunto izquierdo dentro del acoplamiento, debía colocarse algún tope a una distancia de 22mm
- La posición del agujero ciego roscado perpendicular al eje para colocar el tornillo prisionero, dependía de la posición del agujero inicial roscado en el mangón ya que, el repasado de la rosca para conseguir el roscado a métrica 6 continuo para el mangón y el eje se realizaba sobre dicho agujero (Ver SECCIÓN DD de la Figura 18 anterior)

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se obtuvo el siguiente diseño para el eje auxiliar cuyo único cometido era conectar el eje principal del reductor con el acoplamiento:

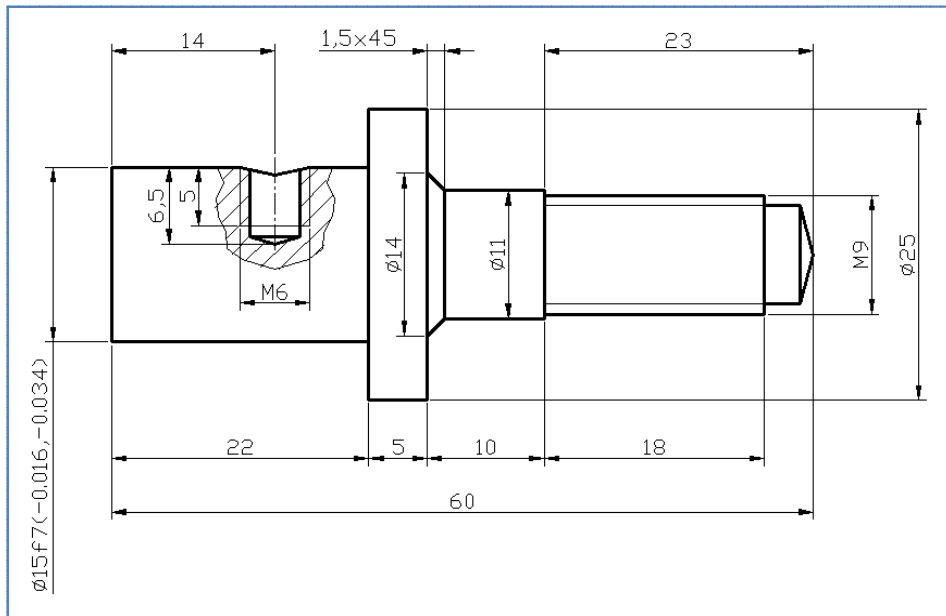


FIGURA 21: Eje auxiliar para conectar el mangón del acoplamiento con el eje del reductor

(Para mayor detalle del eje auxiliar consultar el plano 1.11 "Eje auxiliar")

- Por último, tras definir todos los elementos del montaje se pensó en el soporte donde se colocaría todo el conjunto final. Debería tratarse de una base no demasiado pesada ni voluminosa para trasladar el conjunto si fuera necesario pero que a la vez fuese robusta para aguantar el peso del propio conjunto y soportar golpes involuntarios de herramientas, etc.

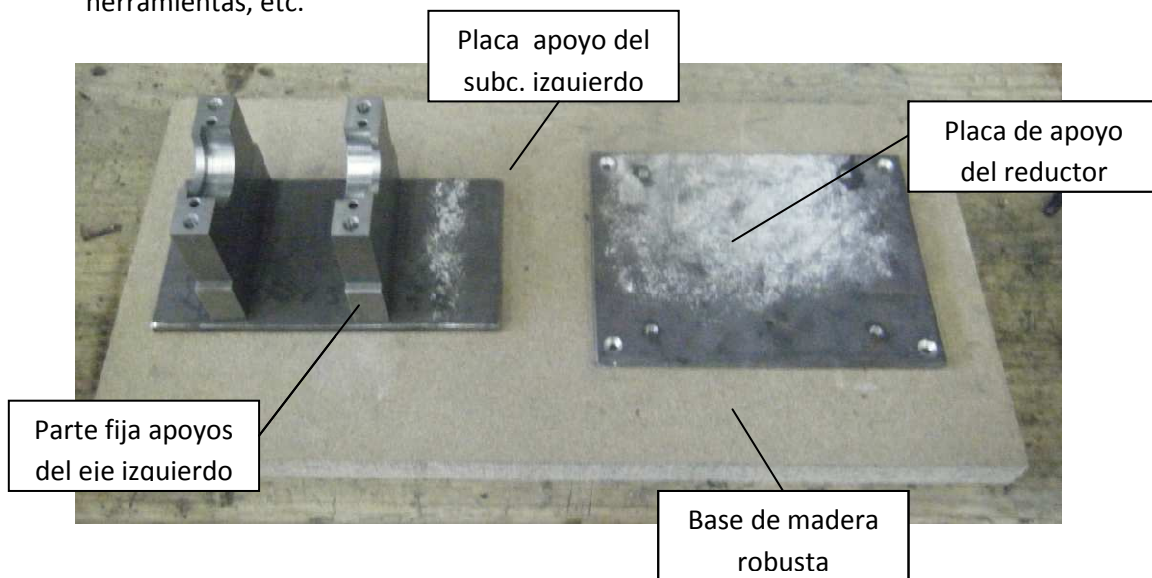


Figura 22: Base del conjunto



- Todo lo explicado hasta ahora ha hecho referencia a los pasos seguidos para conseguir el diseño definitivo de las tres partes diferenciadas del montaje: subconjunto derecho, izquierdo y parte central y también el soporte base.

Después de esto, se realizó varias veces el proceso de montaje y desmontaje completo del conjunto (ver proceso en el guión de prácticas "Montaje") con los siguientes propósitos:

- Identificar las herramientas y máquinas necesarias para realizar el montaje y desmontaje del conjunto por si fuera necesario adquirir alguna
- Definir dentro del taller el lugar concreto más adecuado para realizar el montaje
- Realizar mejoras para facilitar al alumno la práctica y ahorrarle tiempo de trabajo
- Concretar los tiempos de montaje y desmontaje para ajustarlos al horario de las prácticas
- Evaluar el trabajo desde el punto de vista de la seguridad para introducir, si fuera necesario, las medidas de seguridad necesarias

A continuación se explican y definen dichos propósitos:

- Identificación de las herramientas y máquinas necesarias para realizar el montaje y desmontaje del conjunto.
  - Para ello, se realizó el desmontaje y montaje de todas las partes del montaje y se fueron apuntando los útiles necesarios. Para reducir el tamaño de la tabla que muestra ésta información, lo que se hizo fue enumerar las herramientas utilizadas y asignarle las acciones realizadas:

HERRAMIENTA/MÁQUINA	ACCIÓN DESEMPEÑADA/COMENTARIO
Llave fija 13	Quitar/poner tornillos de cabeza hexagonal de la tapeta del reductor
Llave ajustable 3/8"	Hacer palanca sobre el husillo del extractor universal pequeño al sacar rodamientos
Llave ajustable 2"	Hacer palanca sobre el husillo del extractor universal grande al sacar rodamientos
Llave Allen 3	Quitar/poner tornillo prisionero que une el mangón del acoplamiento con el eje auxiliar
Llave Allen 5	Quitar/poner tornillos de lubricación de la tapeta
Llave Allen 6	Quitar/poner tornillos sujeción reductor base
Llave de gancho 1	Quitar/poner la tuerca ranurada
Alicate de presión bocas rectas 10"	Agarrar con presión las chavetas para golpear con maza de plástico y extraerlas
Cortafríos	Apuntar en la muesca de la tapeta del reductor para golpear con maza y sacarla
Botador Ø 5	Apuntar en pista interior del rodamiento para golpear con martillo y casarlo de la tapeta. Apuntar para sacar pasador elástico del mangón
Botador Ø 9	Meter pasador con martillo
Martillo	Golpear sobre los botadores

Maza de plástico	Golpear sobre: chavetas para meterlas, alicates de presión, tapeta del reductor para fijarla, etc.
Alicates para grupillas exteriores	Quitar/poner grupillas exteriores
Alicates para grupillas interiores	Quitar/poner grupillas interiores
Extractor universal 3 brazos grande	Separar tapeta del reductor de su eje con ayuda del tornillo de banco y llave ajustable grande
Extractor universal 3 brazos pequeño	Separar tapeta del reductor de su eje con ayuda del tornillo banco y llave ajustable pequeña
Tornillo de banco	Agarrar un eje en posición vertical con la ayuda de unos bloques auxiliares diseñados para ello
Prensa hidráulica	Quitar/poner el retén de la tapeta del reductor. Poner el eje del reductor y todos los rodamientos con la ayuda de bloques auxiliares

TABLA 2: Herramientas necesarias para montar y desmontar el conjunto

- Definir dentro del taller el lugar concreto más adecuado para realizar el montaje. Para ello, se tuvo en cuenta:
  - Que la situación de la herramientas fuera lo más próxima posible
  - Que la zona no fuera contigua con algunas de las otras prácticas que se realizasen al mismo tiempo para evitar la aglomeración de personas
  - Que no entorpeciera en la menor medida posible la labor del personal del taller

Así, se decidió que el lugar idóneo fuese la mesa del fondo del taller donde se encuentra el tornillo de banco y están colocadas en un cuadro de corcho todas las herramientas de mano a utilizar. Los extractores universales se guardaban en el cajón azul de la derecha de la mesa y el único desplazamiento que tendría que hacerse fuera de la mesa sería para trabajar con la prensa:



FIGURA 23: Zona del taller destinada a realizar la práctica "Conjunto"

- Realizar mejoras para facilitar al alumno la práctica y ahorrarle tiempo de trabajo. Para conseguir éste propósito se hizo lo siguiente:
  - Un guión de prácticas para el alumno con:
    - Fotos para identificar todas las herramientas y máquinas a utilizar
    - Guías con cada uno de los pasos a realizar explicados con detalle complementados con imágenes para facilitar su comprensión  
*(Para más detalles ver guión de prácticas “Conjunto”)*
  - Un guión para el profesor con las explicaciones previas a impartir al alumno para evitar que surgieran dudas durante el desarrollo de la práctica. En él se explican:
    - El funcionamiento de aquellas herramientas menos comunes
    - Las posibilidades y funcionamiento de la prensa
    - Algunas de las partes del conjunto y por qué son de esa manera
    - Etc.  
*(Para más detalles ver guión “Manual del profesor”)*
  - Una serie de bloque auxiliares hechos a medida para montar y desmontar algunos elementos del conjunto con ayuda de la prensa hidráulica.
    - La idea surgió como consecuencia de tener que buscar bloques de la chatarra (ver Figura X con los bloques de chatarra) del taller como elementos auxiliares para quitar y poner algunos elementos del conjunto
    - Su finalidad era agilizar las prácticas evitando que el alumno perdiese el tiempo en tener que inventarse algo para colocar o quitar ciertos elementos con la prensa
    - La situaciones necesarias de un bloque auxiliar para ser quitadas o colocadas fueron las siguientes:
      - Extracción del retén de la tapeta del reductor
      - Colocación del retén en la tapeta del reductor
      - Colocación del rodamiento derecho del eje de la parte izquierda
      - Colocación del rodamiento izquierdo del eje de la parte izquierda
      - Colocación del eje principal del reductor
      - Colocación del rodamiento pequeño del eje principal del reductor
    - Esas seis situaciones se tradujeron en el diseño de cuatro distintos bloques
    1. Bloque auxiliar para sacar/meter el retén en la tapeta del reductor:

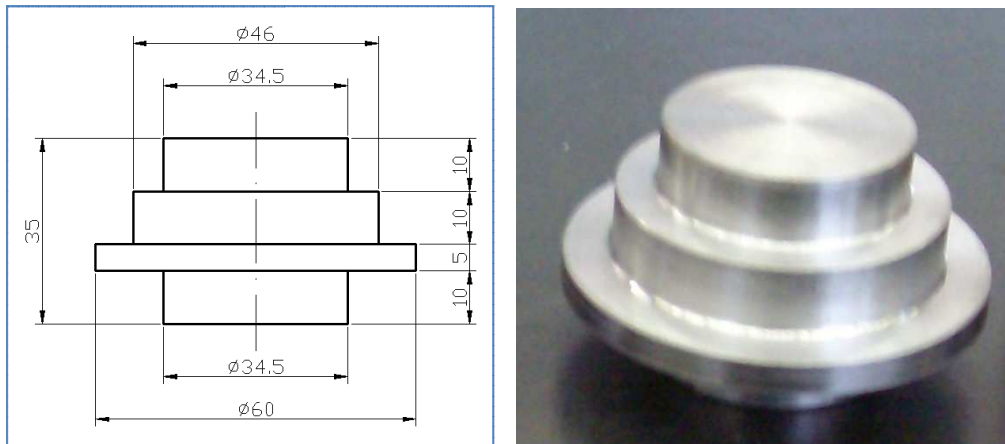


FIGURA 24: Diseño e imagen real del bloque auxiliar nº1

1. A) La disposición sobre la prensa del bloque auxiliar nº1 y los elementos que intervienen para sacar el retén es la siguiente:

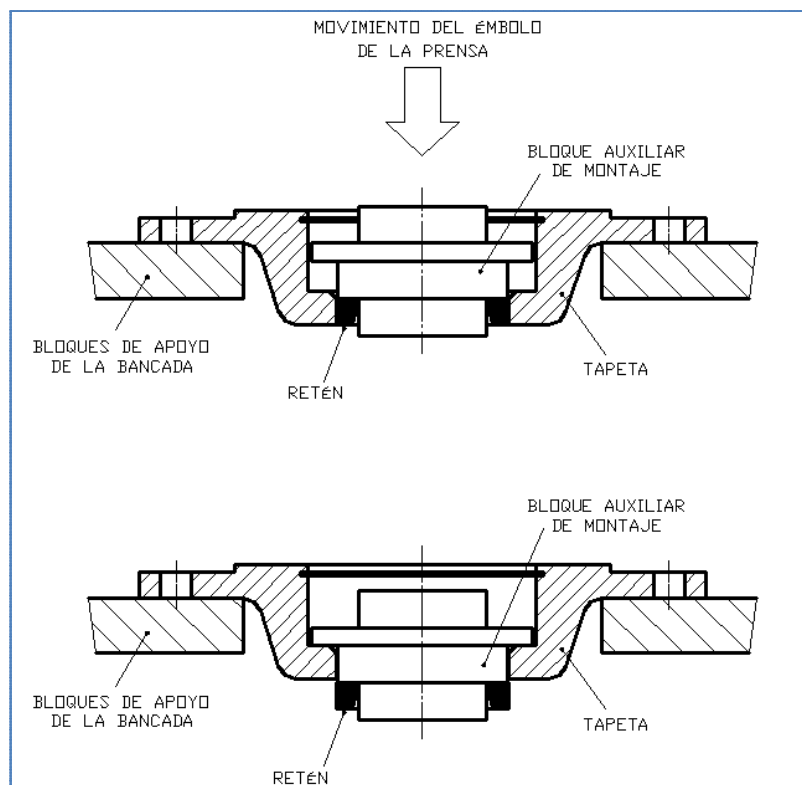


FIGURA 25: Posicionamiento del bloque nº1 y extracción del retén

1. B) La disposición sobre la prensa del bloque auxiliar nº1 y los elementos que intervienen para sacar el retén es la siguiente:

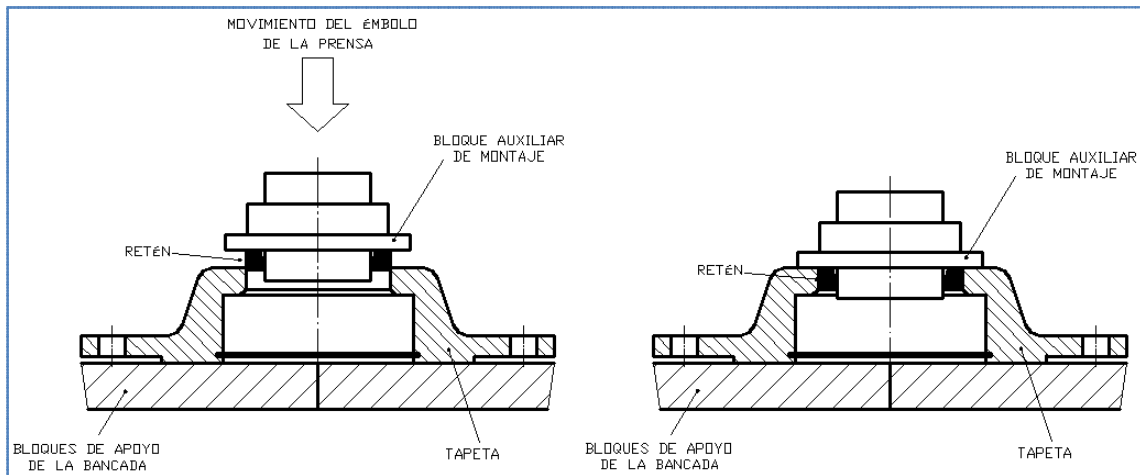


FIGURA 26: Posicionamiento del bloque nº1 y colocación del retén

2. Bloque auxiliar nº2 para poner los rodamientos derecho e izquierdo en el eje del subconjunto izquierdo:

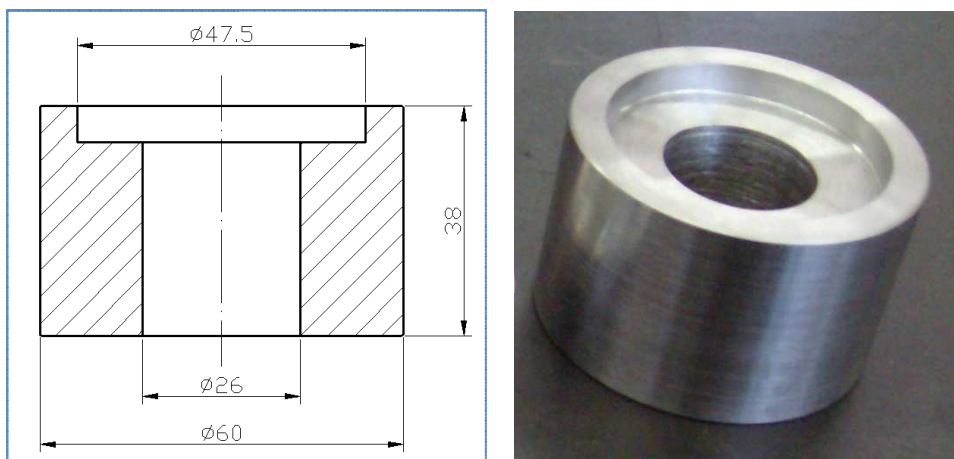


FIGURA 27: Diseño e imagen real del bloque auxiliar nº2

2. A) La disposición sobre la prensa del bloque auxiliar nº2 y los elementos que intervienen para meter el rodamiento derecho del eje del subconjunto izquierdo es la siguiente:

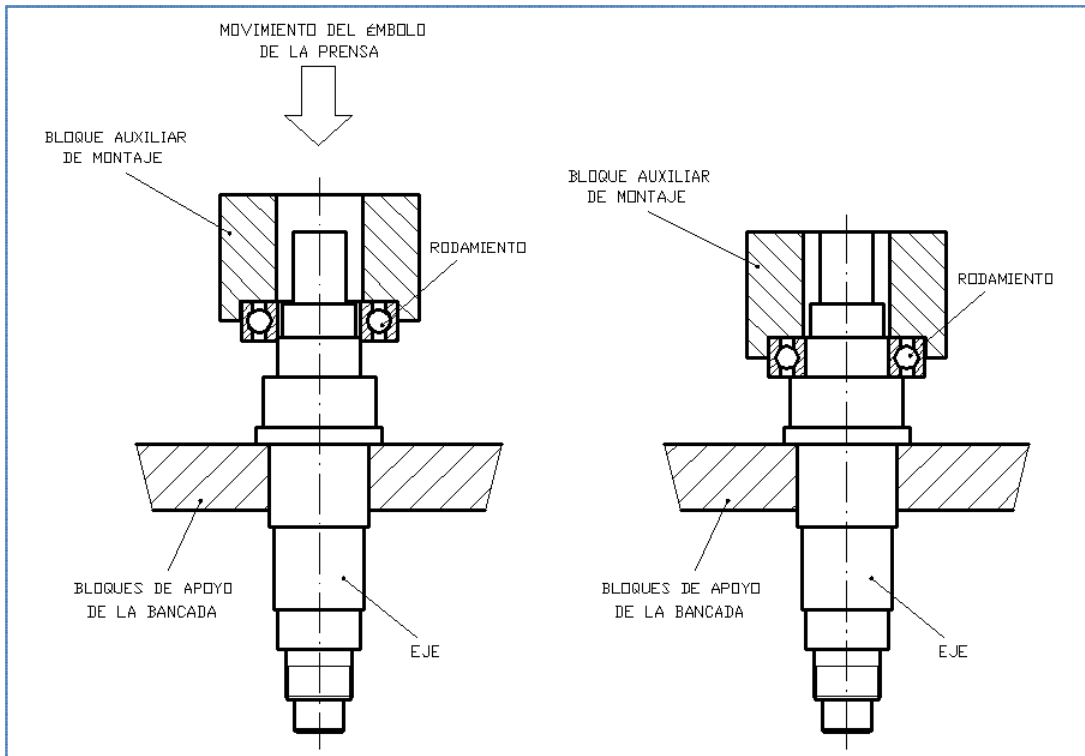


FIGURA 28: Posicionamiento del bloque nº2 y colocación del rodamiento derecho en el eje del subconjunto izquierdo

2. B) La disposición sobre la prensa del bloque auxiliar nº2 y los elementos que intervienen para meter el rodamiento izquierdo del eje del subconjunto izquierdo es la siguiente:

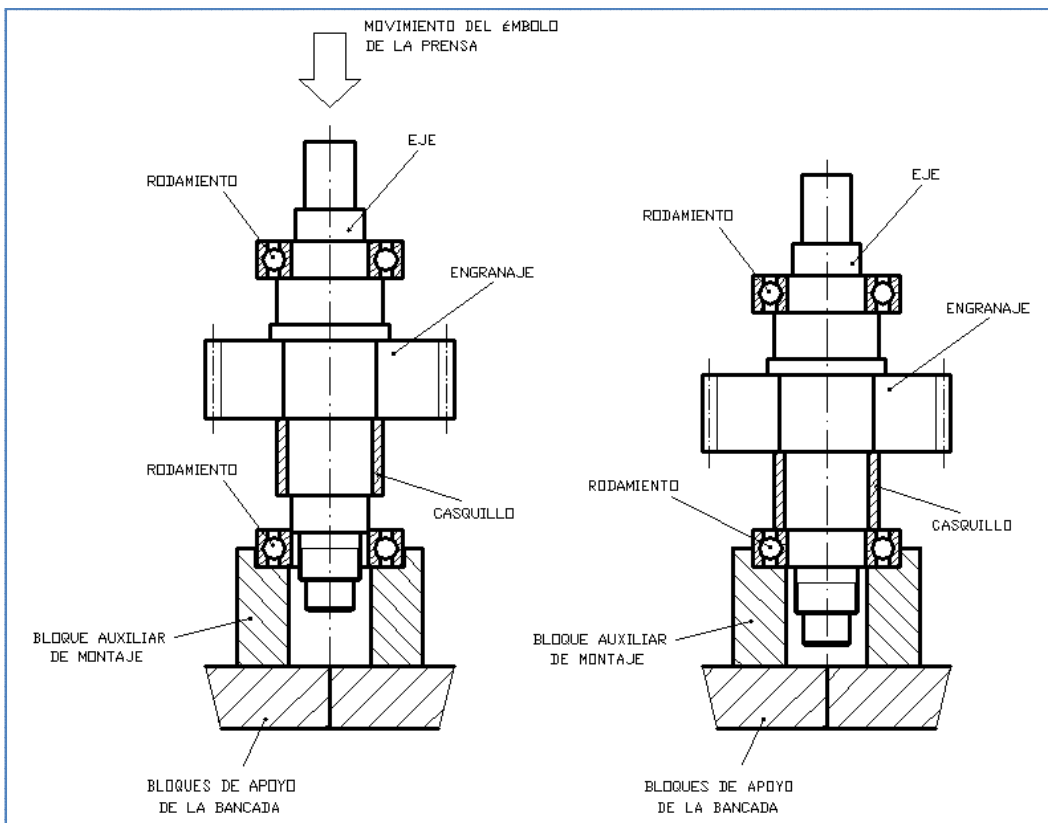


FIGURA 29: Posicionamiento del bloque nº2 y colocación del rodamiento izquierdo en el eje del subconjunto izquierdo

3. Bloque auxiliar para colocar el eje principal del reductor:

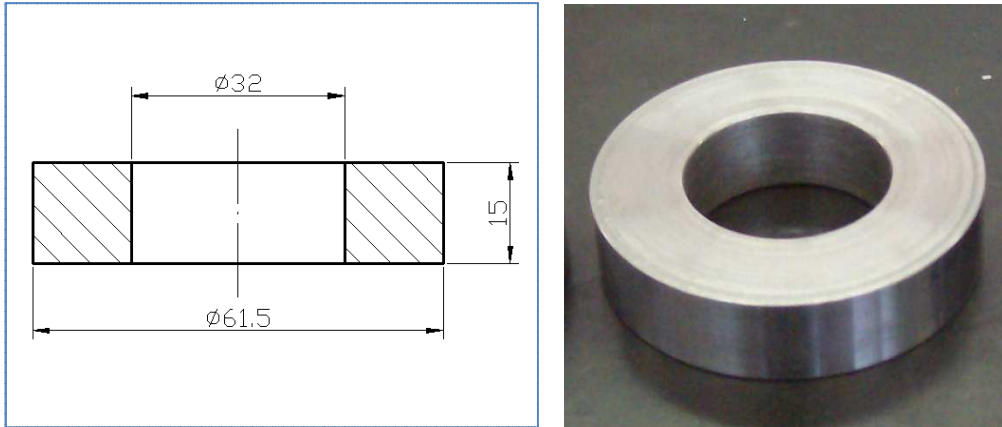


FIGURA 30: Diseño e imagen real del bloque auxiliar nº3

3. A) La disposición sobre la prensa del bloque auxiliar nº3 y los elementos que intervienen para introducir el eje principal del reductor es la siguiente:

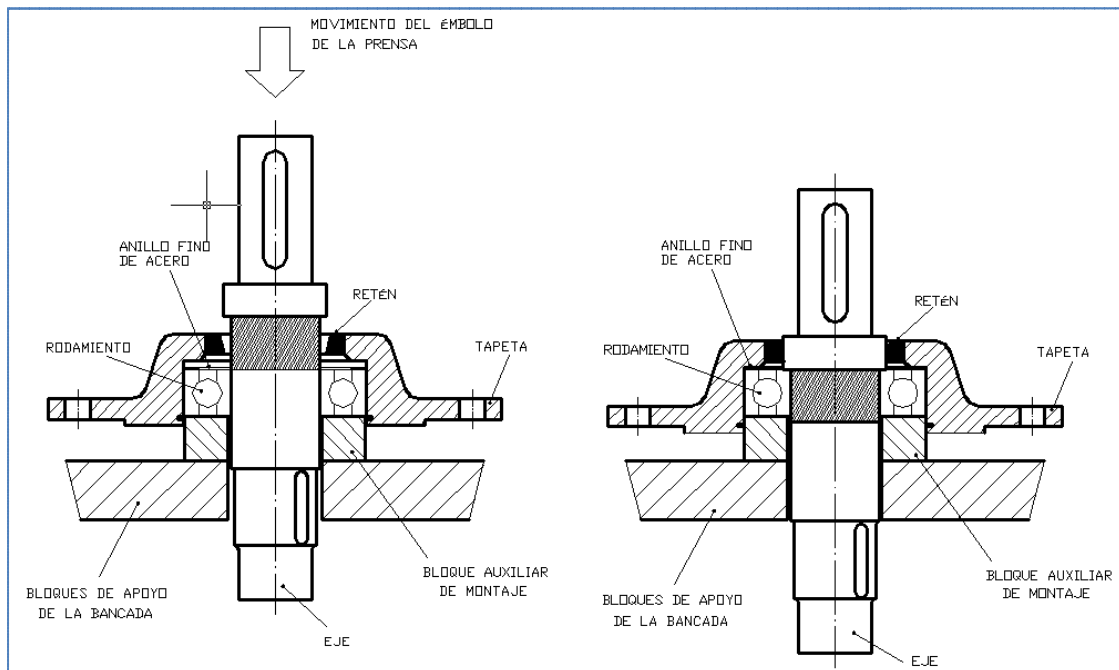


FIGURA 31: Posicionamiento del bloque nº3 y colocación del eje principal del reductor

4. Bloque auxiliar para colocar el rodamiento pequeño del eje principal del reductor:

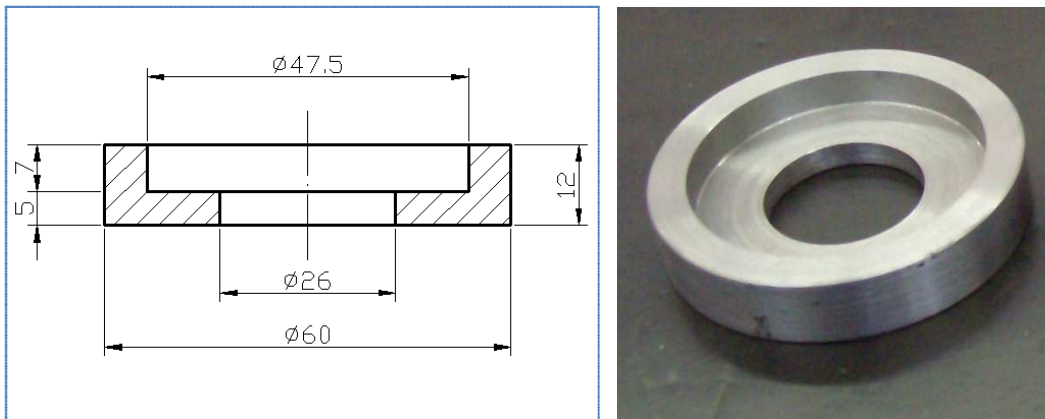


FIGURA 32: Diseño e imagen real del bloque auxiliar nº4

4. A) La disposición sobre la prensa del bloque auxiliar nº4 y los elementos que intervienen para colocar el rodamiento pequeño en el eje principal del reductor es la siguiente:

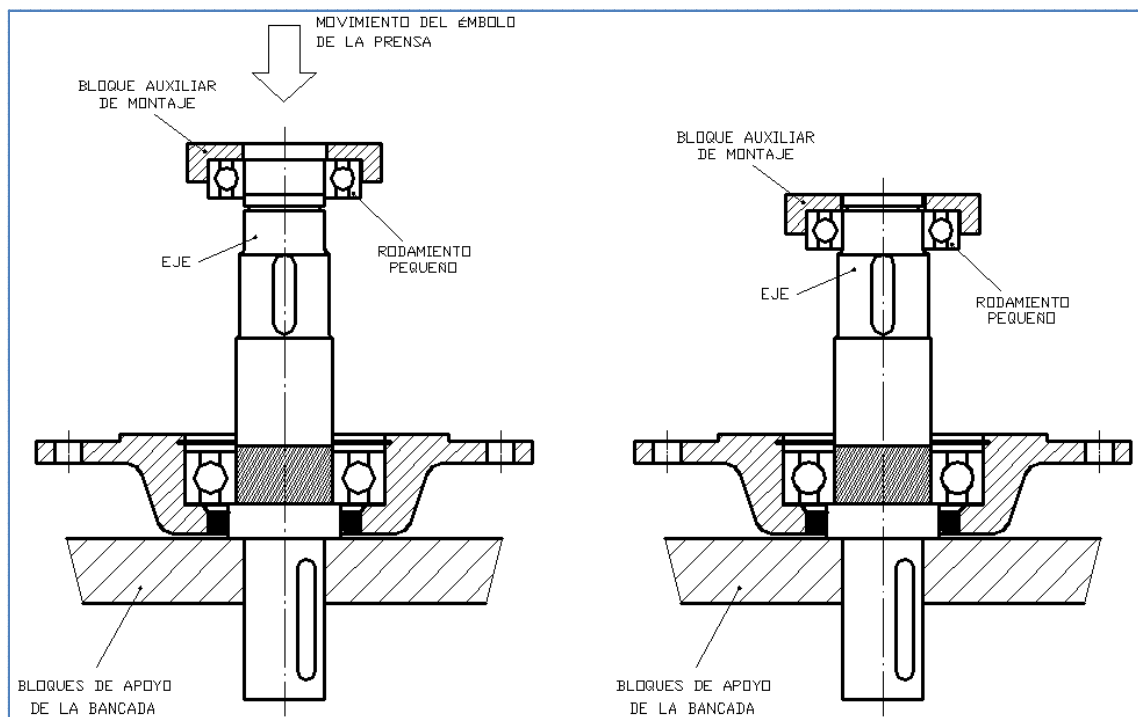


FIGURA 33: Posicionamiento del bloque nº4 y colocación del rodamiento pequeño en el eje principal del reductor



- También, se diseñaron y mecanizaron unos soportes auxiliares para ser utilizados en las situaciones en las que el eje se tenía que colocar en la posición vertical sobre el tornillo de banco. Con ello se consiguió:
  - Asegurar la posición totalmente vertical de eje que se colocase sobre el tornillo de banco
  - Dar mayor estabilidad a la estructura debido a su diseño a medida de la mordaza del tornillo de banco
  - Evitar picaduras o muescas en el eje que se producirían con un amarre directo

Después de la breve descripción que se hace del soporte auxiliar se muestra a continuación el diseño de dicho soporte y un ejemplo de sujeción de un eje con los soportes sobre el tornillo de banco:

- Descripción y croquis de la construcción de los soportes auxiliares:
  - El soporte auxiliar consta de dos soportes idénticos
  - Se colocan uno frente a otro en las mordazas del tornillo de banco
  - Cada uno de los soportes consta de dos subpartes atornilladas entre sí

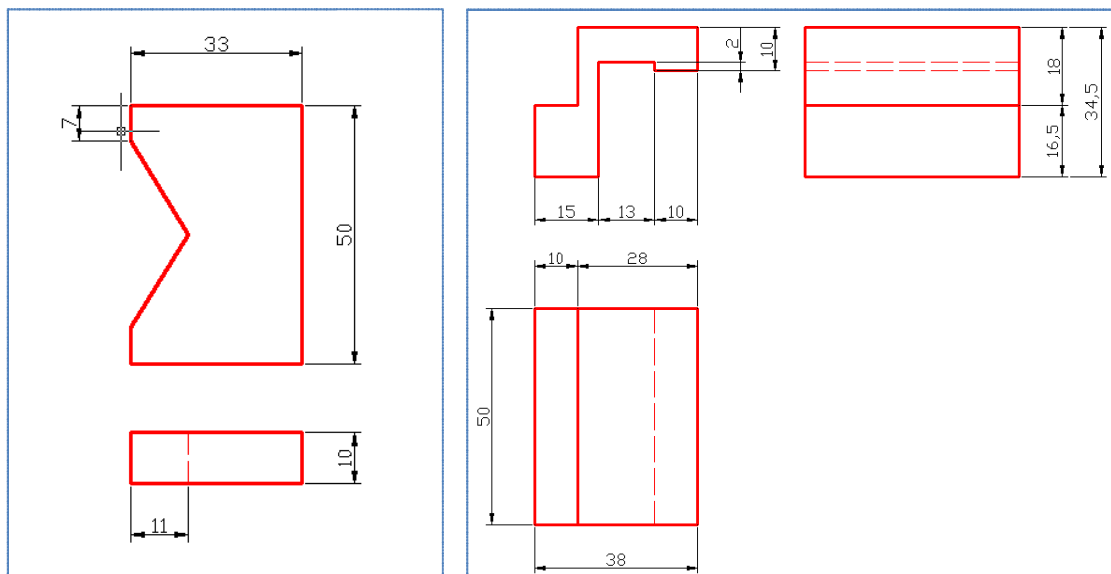


FIGURA 34: Croquis acotados de las dos subpartes de cada soporte auxiliar

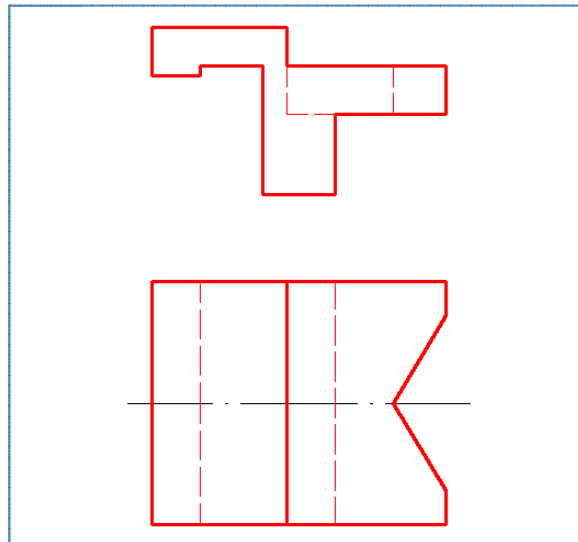


FIGURA 35: Croquis de la unión de las dos subpartes formando uno de los soportes auxiliares

- Como ejemplo ilustrativo de sujeción de un eje con los soporte auxiliares sobre el tornillo de banco, se ha optado por mostrar el amarre del eje del subconjunto izquierdo ya que dicho soporte se a diseñado en base a dicho eje.

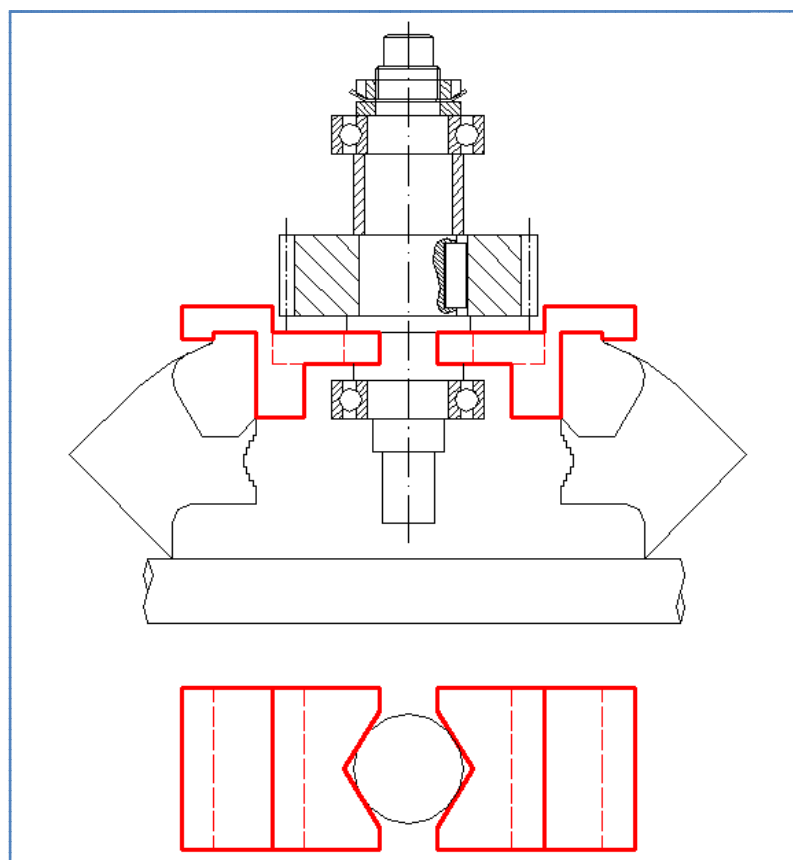


FIGURA 36: Alzado y planta ilustrativas de cómo quedaría el eje amarrado con los soportes

- Y por último, se propuso mecanizar un par de cuñas para apoyar el eje del subconjunto izquierdo. La idea fue consecuencia de buscar como extraer el pasador elástico del mangón:

En principio, el mangón se sacaba introduciendo el botador y pegando con el martillo cuando el conjunto estaba sujeto sobre los apoyos. El problema que se observó fue que los golpes que se propinaban para sacar el pasador en esa posición, eran absorbidos directamente por los rodamientos del eje izquierdo. De ahí la propuesta de las cuñas:

→ Se buscaron los puntos del eje capaces de absorber esos golpes

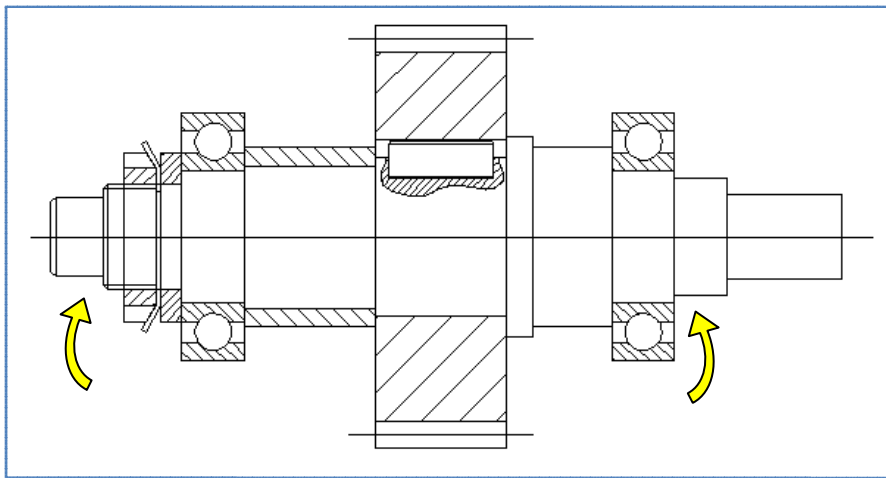


FIGURA 37: Puntos de colocación de las cuñas

→ Y se dimensionaron las cuñas en base a dichas posiciones

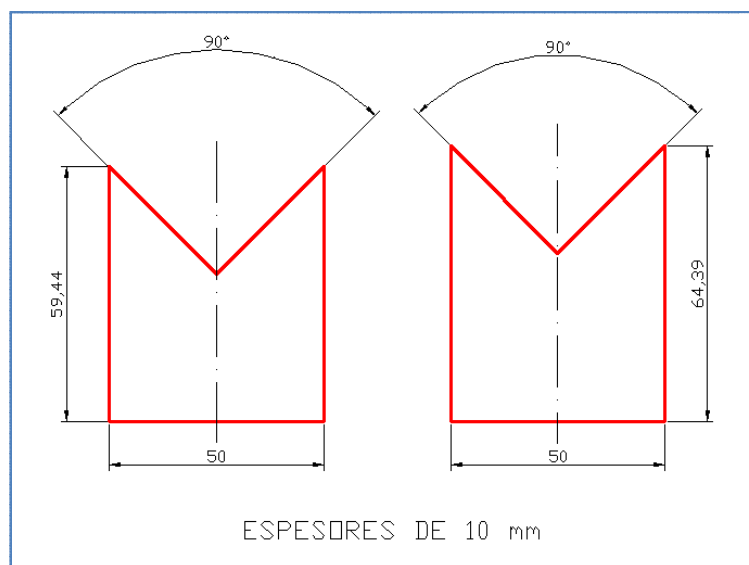


FIGURA 38: Croquis de las cuñas para sujetar el eje durante la colocación/extracción del pasador

- Concretar tiempos de montaje y desmontaje para ajustarlos al horario de las prácticas.

Se realizó un estudio del tiempo necesario montaje y desmontaje total del conjunto.

Para ello:

- Se invito a realizar el montaje y desmontaje de todo el conjunto a una persona con pocas nociones de mecánica (como pudiera ser cualquier alumno)
- Siguiendo el guión, simulando una situación real de la práctica, el invitado realizo toda la práctica midiendo y anotándose todos los tiempos de cada una de las operaciones que realizó
- Tras finalizar, se sumaron todos los tiempos y se estimó al alza el tiempo necesario:

CONJUNTO DE OPERACIONES REALIZADAS	TIEMPO APROXIMADO
Desmontaje parte derecha	60 minutos
Desmontaje parte izquierda	45 minutos
Montaje parte izquierda	45 minutos
Montaje parte derecha	60 minutos

TABLA 3: Resumen de los tiempos de montaje y desmontaje del conjunto

*(Para obtener información con detalle de los tiempos de cada una de las operaciones consultar en el anexo "Estudio de Tiempos")*

- Evaluar el trabajo desde el punto de vista de la seguridad para introducir, si fuera necesario, las medidas de seguridad necesarias para evitar cualquier tipo de accidente. Para ello se procedió de la siguiente manera:
  - Se realizo cada una de las operaciones de montaje y desmontaje (guión "Montaje" → "Desarrollo")
  - Después de cada operación se observaron y evaluaron los peligros que podría haber
  - Se tomo la medida preventiva necesaria para ese caso
  - Se informó previamente al alumno de las medidas preventivas que debía tomar para evitar el posible accidente proveniente al la ejecución de dicha operación que acarrearba peligro

A continuación se muestra una tabla con todas las operaciones a realizar de forma ordenada, si existe riesgo o no, y de que riesgo se trata aplicando la medida preventiva necesaria:

DESMONTAJE DE LA PARTE DERECHA DEL CONJUNTO		
OPERACIÓN REALIZADA	¿RIESGO?	MEDIDA PREVENTIVA IMPLANTADA
Quitar tornillos de sujeción del reductor al soporte base	NO	
Desenroscar el tornillo prisionero del mangón derecho del acoplamiento	≈	Advertencia: Tener cuidado si el tornillo está muy apretado
Arrastrar el subconjunto derecho para sacar el eje auxiliar del mangón	NO	
Quitar el mangón derecho del acoplamiento	NO	
Desenroscar el eje auxiliar del eje principal del reductor	NO	
Quitar la chaveta del eje principal con el alicate de presión	≈	Advertencia: No ejercer demasiada presión con el alicate sobre la chaveta, al soltarla podría salir disparada
Desenroscar tornillos de sujeción de la tapeta	NO	
Desenroscar tornillos de lubricación de la tapeta	≈	Advertencia: Tener cuidado si el tornillo está muy apretado
Sacar tapeta del reductor	≈	Advertencia: No colocar las manos cerca del lado por el que cae la tapeta
Sacar grupilla pequeña con alicate para grupillas	SI	Ponerse gafas de protección por si la grupilla saltase al ejercer presión sobre ella
Sacar anillo fino de acero	NO	
Sacar rodamiento pequeño	≈	Advertencia: Mantener en todo momento la verticalidad del eje y del husillo del extractor universal
Extraer grupilla interior con alicate para grupillas	SI	Ponerse gafas de protección por si la grupilla saltase al ejercer presión sobre ella
Sacar eje de la tapeta	≈	Advertencia: Mantener en todo momento la verticalidad del eje y del husillo del extractor universal
Sacar rodamiento del interior de la tapeta	NO	Advertencia: No poner la mano debajo del tornillo de banco para coger el rodamiento cuando vaya a salir
Sacar retén	NO	Advertencia: Si es necesario variar la altura del banco de la prensa y no se sabe cómo, preguntar al profesor
DESMONTAJE DE LA PARTE IZQUIERDA DEL CONJUNTO		
OPERACIÓN REALIZADA	¿RIESGO?	MEDIDA PREVENTIVA IMPLANTADA
Extraer el pasador elástico del mangón izquierdo y sacar el acoplamiento del eje izquierdo	NO	
Quitar tapas de los soportes del eje izquierdo	NO	
Sacar parte superior de los apoyos del subconjunto izquierdo	NO	

Sacar el eje del subconjunto y desenroscar los apoyos del soporte base	NO	
Desenroscar tuerca ranurada	NO	
Sacar arandela de seguridad	NO	
Sacar arandela gruesa	NO	
Extraer rodamiento izquierdo del subconjunto izquierdo	≈	Advertencia: Mantener en todo momento la verticalidad del eje y del husillo del extractor universal
Sacar engranaje	NO	
Extraer la chaveta del engranaje	≈	Advertencia: No ejercer demasiada presión con el alicate sobre la chaveta, al soltarla podría salir disparada
Extraer rodamiento derecho del subconjunto izquierdo	≈	Advertencia: Mantener en todo momento la verticalidad del eje y del husillo del extractor universal
<b>MONTAJE DE LA PARTE IZQUIERDA DEL CONJUNTO</b>		
<b>OPERACIÓN REALIZADA</b>	<b>¿RIESGO?</b>	<b>MEDIDA PREVENTIVA IMPLANTADA</b>
Colocar rodamiento derecho del subconjunto izquierdo	≈	Advertencia: Si es necesario variar la altura del banco de la prensa y no se sabe cómo, preguntar al profesor
Introducir la chaveta en su chavetero	NO	
Meter el casquillo	NO	
Colocar rodamiento derecho del subconjunto izquierdo	≈	Advertencia: Si es necesario variar la altura del banco de la prensa y no se sabe cómo, preguntar al profesor
Colocar arandela gruesa tras el rodamiento	NO	
Meter arandela de seguridad	NO	
Enroscar la tuerca ranurada	NO	
Amarrar a la mesa las partes inferiores de los apoyos	NO	
Depositar el eje sobre los apoyos y cerrarlos	NO	
Colocar el mangón izquierdo en el extremo del eje y fijarlo con el pasador elástico	NO	
<b>MONTAJE DE LA PARTE DERECHA DEL CONJUNTO</b>		
<b>OPERACIÓN REALIZADA</b>	<b>¿RIESGO?</b>	<b>MEDIDA PREVENTIVA IMPLANTADA</b>
Meter el retén en la tapeta del reductor	≈	Advertencia: Si es necesario variar la altura del banco de la prensa y no se sabe cómo, preguntar al profesor
Colocar el anillo fino de acero grande en el interior de la tapeta	NO	
Meter el rodamiento grande tras el anillo fino de acero grande	≈	Advertencia: Si es necesario variar la altura del banco de la prensa y no se sabe cómo, preguntar al profesor
Meter la grupilla interior en la ranura de la tapeta tras el rodamiento grande	SI	Ponerse gafas de protección por si la grupilla saltase al ejercer presión sobre ella

Colocar el eje principal del reductor en su sitio	≈	Advertencia: Si es necesario variar la altura del banco de la prensa y no se sabe cómo, preguntar al profesor
Colocar el rodamiento pequeño en el eje principal	≈	Advertencia: Si es necesario variar la altura del banco de la prensa y no se sabe cómo, preguntar al profesor
Meter el anillo fino de acero	NO	
Meter la grupilla exterior en la ranura del eje principal tras el rodamiento pequeño	SI	Ponerse gafas de protección por si la grupilla saltase al ejercer presión sobre ella
Encajar la tapeta en la carcasa del reductor	NO	
Colocar los tornillos de sujeción de la tapeta	NO	
Colocar los tornillos de lubricación del reductor	NO	
Encajar la chaveta del eje principal en su chavetero	NO	
Enroscar el eje auxiliar al eje principal del reductor	NO	
Unir el eje auxiliar al mangón del acoplamiento roscando el tornillo prisionero	NO	
Enroscar los tornillos de sujeción del reductor con el soporte base	NO	

TABLA 4: Listado de operaciones a realizar con sus posibles riesgos y medidas preventivas tomadas

Se ruega que el responsable de las prácticas advierta de los posibles peligros detectados y exija el cumplimiento de las medidas preventivas tomadas

## 5. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

### ACEITES

- Algunos de los nuevos aceites muestreados no coinciden exactamente con las viscosidades que indican los fabricantes. Esto quizás se deba a que la temperatura ambiente del taller no era la óptima de 27º C
- Se recomienda que las mediciones se realicen en orden del aceite número 6 al 1. La finalidad es que sea el oscuro el último en ser muestreado debido a su característica medición
- Ya que el aceite de color oscuro deja más residuos dentro del viscosímetro que cualquier otro de los habituales, debería de cambiarse con relativa frecuencia el agente limpiador

### EQUILIBRADORA

- Los discos laterales acoplados al macizo del eje de la Equilibradora no suponen ninguna añadidura de desequilibrios y el eje queda compensado dentro del rango permitido por lo que este caso solo se aprovechará como ejemplo para enseñar al alumno el funcionamiento de la máquina
- El desequilibrio admitido se fija en el comentado ya que al ajustar la máquina, fue el máximo valor cercano al equilibrio que se alcanzó para compensar todos los casos de la práctica
- Se han planteado dos nuevas propuestas de desequilibrio que pueden añadirse o no a los existentes dependiendo del tiempo que se dedique a dicha práctica
- Puesto que la práctica se ha modificado para tener la posibilidad de compensar físicamente los desequilibrios calculados, se requiere una buena explicación previa para dejar claro cuáles son las pesas que provocan los desequilibrios y cuáles los compensan así como los lugares correspondientes para colocar cada una de ellas cuando sea necesario
- El “trucado” del eje macizo de la Equilibradora se ha realizado conforme a los 5 casos posibles de desequilibrio para las prácticas. Para otros casos, no se asegura su equilibrado correcto por el mismo método

### SONIDO

- Por la menor intensidad de su sonido emitido, la máquina más susceptible de variaciones durante las mediciones es la Afiladora
- El funcionamiento de la Equilibradora, que se encuentra en la misma zona que la Máquina Nueva, no provoca variaciones en el ruido que emite esta segunda
- El funcionamiento simultáneo de la Afiladora y el Simulador en los casos más desfavorables, produce variaciones poco significativas en los datos recogidos en la



Afiladora. Aun así, se recomienda que estas no interaccionen en la medida de lo posible

## VIBRACIONES

- El amarre de las máquinas Afiladora y Máquina Nueva persigue facilitar al alumno la toma de datos con los instrumentos de predictivo y evitar así el tener que estar pendiente de los movimientos de dichas máquinas durante las mediciones
- Los espectros de las vibraciones con las máquinas amarradas respecto de los de las no amarradas sufren ciertas variaciones en cuanto a sus cantidades numéricas pero sus siluetas descritas siguen el mismo perfil, cosa que interesa para poder detectar el tipo de fallo
- Para facilitar el manejo del analizador de vibraciones, se recomienda introducir previamente las configuraciones de cada punto de la medición por separado y cuando corresponda, para que el alumno en la práctica llegue, tome los datos y los vuelque al ordenador para interpretarlos
- Tal y como se han planteado las tres técnicas de predictivo (temperatura, sonido y vibraciones) cada guión debe acompañar en todo momento a su correspondiente instrumento. Dependiendo de que disposición toque para una máquina en cierto día, se indicarán las páginas del guión del instrumento correspondiente que el alumno debe leerse y seguir para realizar la medición

## CONJUNTO

- Antes de que el alumno se ponga en contacto con el Conjunto, es necesaria una buena explicación de los útiles y herramientas que se van a utilizar, haciendo hincapié en aquellos menos comunes para el alumno así como de los peligros que puedan surgir
- Es necesario que el alumno se proteja con los EPI's indicados al menos cuando se vayan a realizar las acciones que requieran cierto peligro. (*Ver Tabla 4, página 83 de la Memoria*)
- Para que el Conjunto se realice de forma correcta, el alumno debe seguir paso por paso el guión haciendo lo que se indica y sin acelerarse o improvisar, porque hay tiempo de sobra para montar o desmontar la parte que corresponda a cada día

Al introducir una subpráctica más a las ya existentes, el tiempo necesario para realizar el resto, queda reducido:

- El tiempo destinado a la Medición de Aceites no puede variar ya que se trata del mismo número de muestras
- En la Equilibradora, el tiempo necesario podría reajustarse incluyendo el número de casos que correspondiera al tiempo que se dispusiese. Al fin y al cabo todos los casos propuestos tiene el mismo fin y repetir los cinco quizás sea demasiado repetitivo

- En la Medición de Temperatura no se recomienda reajustar la práctica a los tiempos ya que si no se realizan al menos tres tomas en cada caso, no se observa la evolución de ellas en el tiempo que es lo interesante
- Al igual que en el caso anterior no se recomienda variar las Mediciones de Sonido
- Si se realiza de forma correcta, no haría falta realizar más que una única medición para captar las vibraciones de cada disposición de cada máquina. Si se realizaran repetidas mediciones de un mismo caso, el tiempo destinado aumentaría considerablemente debido a las idas y venidas del taller al ordenador para volcar los datos recogidos
- Los tiempos indicados para realizar el montaje y desmontaje del Conjunto (*Ver Tabla 3, página 82 de la Memoria*) indican que dos cualesquiera de sus cuatro partes, podrían completarse con garantías en una única sesión de dos horas. También cabe la posibilidad de realizar cada una de las cuatro partes por separado para rellenar huecos y ajustar los tiempos para optimizar el trabajo del alumno durante las sesiones