

Projecto de Dispositivo de Aperto e Célula de Montagem

Rui Francisco Teixeira Sales Moreira

Relatório do Projecto Final

Orientador:

Eng. Adérito Varejão

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Opção de Projecto e Construção Mecânica

Resumo

Este relatório tem como finalidade descrever o processo de projecto de um dispositivo de aperto e de uma célula de montagem de um conjunto para a indústria automóvel.

Foi fornecido, pela Volkswagen AG, um conjunto composto por uma *bracket* que irá conter um rolamento e uma polia que terá que ser fabricado. Para a peça principal, a *bracket*, terá que ser projectado um dispositivo de aperto, de actuação hidráulica, para que após a fundição injectada do componente possa ser devidamente maquinada dentro das tolerâncias exigidas pelo cliente. O dispositivo será para equipar uma máquina de controlo numérico computadorizado CHIRON FZ15W.

Após as tarefas de maquinagem o conjunto terá que ser montado numa célula semi-automática, cuja função será auxiliar um operador nesta tarefa tendo-se ainda em atenção a colocação de dispositivos de segurança para que as tarefas possam ser realizadas sem qualquer tipo de perigo para o operador.

Clamping Device and Assembling Cell Project

Abstract

This report aims to describe the design process of a clamping device and an assembling cell of a set for the automotive industry.

It was supplied by Volkswagen AG, a set composed of a bracket that will contain a bearing and a pulley that has to be produced. For the centerpiece, the bracket will have to be designed a hydraulic action clamping device, so that after the component's casting it can be properly machined within the tolerances required by the client. This device is to be used on a computer numerical control machine, a CHIRON FZ15W.

After machining tasks, the set has to be assembled in a semi-automatic cell, whose task is to assist an operator, and has also in mind the placement of security devices so that tasks can be performed without any danger to operator.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer ao Eng. Adérito Varejão pela sua disponibilidade e partilha do seu conhecimento na orientação deste projecto.

Queria também agradecer aos meus colegas de automação pela partilha do seu local de trabalho e pelo excelente ambiente que proporcionaram no decorrer da escrita deste relatório que agora termina.

Agradeço ainda aos bons amigos que fiz no decorrer do curso que agora termina, pelo companheirismo, pela amizade e pelos bons momentos vividos.

Agradeço à Sofia pela força e pelo incentivo constantes ao longo, não só durante o semestre em que decorreu este trabalho, mas também ao longo de todo o percurso que aqui termina.

Finalmente gostaria de agradecer aos meus pais por me proporcionarem todas as condições para concluir esta etapa da minha vida.

Índice de Conteúdos

Resumo.....	iii
Abstract	v
Agradecimentos	vii
Índice de Conteúdos.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xii
1 Introdução.....	1
1.1 Introdução à Máquina de Controlo Numérico a Utilizar	3
1.2 Descrição Breve do Trabalho a Realizar	5
2 Projecto do Dispositivo de Aperto	7
2.1 Projecto da Placa Base.....	8
2.2 Projecto dos Apoios.....	12
2.3 Selecção dos Cilindros Hidráulicos.....	14
2.4 Componentes para Localização da Peça.....	17
2.5 Projecto dos Grampos de Aperto	19
2.6 Circuito Hidráulico.....	23
3 Projecto de Célula de Montagem de Rolamento	27
3.1 Suporte da Peça e Rolamento.....	29
3.2 <i>Pick and Place</i> do Rolamento	31
3.3 Selecção da Mesa de Movimentação.....	33
3.4 Projecto do Suporte da Prensa.....	34
3.5 Projecto da Estrutura em Perfil de Alumínio	36
3.6 Implementação de Medidas de Segurança.....	38
4 Conclusões.....	39
4.1 Trabalhos Futuros.....	40
5 Bibliografia	41

ANEXO A – Desenho de Definição da <i>Bracket</i>	43
ANEXO B – Desenho de Definição da Placa Base	47
ANEXO C – Desenho de Conjunto do Dispositivo de Aperto	51
ANEXO D – Desenho de Conjunto da Célula de Montagem	57

Índice de Figuras

Fig. 1 – Pormenor do acoplamento rápido do dispositivo.	9
Fig. 2 – Malha de Elementos Finitos, Condições Fronteira e Cargas Aplicadas	10
Fig. 3 – Distribuição de Tensões na Placa Base	10
Fig. 4 – Deslocamentos na Placa Base.....	11
Fig. 5 – Apoios verticais	12
Fig. 6 – Forma de funcionamento dos cilindros	14
Fig. 7 – Forma de montagem do cilindro 1.880 à base.....	14
Fig. 8 – Ligação do cilindro 1.881 à base	15
Fig. 9 – Pormenor do guiamento do grampo.....	15
Fig. 10 – Pormenor da localização da peça no dispositivo	18
Fig. 11 – Malha de elementos finitos na análise ao grampo de aperto	20
Fig. 12 – Condições fronteira e cargas aplicadas	20
Fig. 13 – Força efectiva de aperto em função da pressão de funcionamento.....	21
Fig. 14 – Distribuição de tensões no grampo de aperto.....	22
Fig. 15 – Deslocamentos no grampo de aperto	22
Fig. 16 – Colocação de um taco com pistola hidropneumática.....	23
Fig. 17 – Exemplo da colocação de um taco pelo método manual	24
Fig. 18 – Força para colocação de tacos manuais.....	24
Fig. 19 – Circuito hidráulico do dispositivo de aperto.....	25
Fig. 20 – Conjunto final a ser montado.....	27
Fig. 21 – Localização dos componentes na placa suporte	30
Fig. 22 – Prensa eléctrica UNIT	31
Fig. 23 – Perfil seleccionado para suporte da célula de montagem.....	36
Fig. 24 – Perfil seleccionado para o suporte das barreiras de segurança.....	37

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Características da CHIRON FZ.....	3
Tabela 2 – Características do Alumínio AlZnMgCu1.5	8
Tabela 3 – Propriedades do aço 16 MnCr 5.....	12
Tabela 4 – Propriedades do aço 14 NiCr 14.....	16
Tabela 5 – Propriedades da prensa eléctrica JPU-1504	31
Tabela 6 – Características da mesa móvel	33
Tabela 7 – Deslocamentos máximos no suporte da prensa.....	35
Tabela 8 – Algumas características do alumínio AlMgSi0.5.	36
Tabela 9 – Características do perfil estrutural.	37

1 Introdução

A introdução de máquinas de comando numérico computadorizado (CNC) na indústria trouxe um sem número de vantagens aos processos industriais. Nos dias de hoje com o avanço das tecnologias no âmbito da automação industrial e com o avanço dos sistemas de CAD (*Computer Aided Design*) e dos sistemas de CAM (*Computer Aided Manufacturing*) a velocidade e a qualidade dos componentes fabricados atinge níveis muito elevados. Para trabalhos complexos, que necessitariam de inúmeras operações de maquinagem, os componentes teriam que ser trabalhados por vários operadores em várias máquinas diferentes o que se traduzia num elevado período de tempo para cada componente a ser fabricado. Algo similar acontecia em componentes, que apesar de não necessitarem de vários processos diferentes para se obter o produto final, necessitariam de várias operações realizadas pela mesma máquina, como é o caso de um componente que necessite de uma vasta furação. Este tipo de fabrico leva, quer a imperfeições por se tratar de um trabalho manual, quer a erros de fadiga por parte do operador por se tratar de algo repetitivo. Com as máquinas CNC tanto se pode realizar trabalhos repetitivos com velocidades elevadas e sem erros como, devido à grande versatilidade destes equipamentos, efectuar diversos tipos de operações com uma simples mudança de ferramenta da máquina, algo realizado em segundos.

Neste cenário surgem os dispositivos de aperto que se tratam da interface entre a máquina CNC e a peça a maquinar. Na época em que as máquinas CNC não eram ainda de grande divulgação era comum projectarem-se equipamentos próprios para produzirem componentes de grande série, solução que possuía um grande inconveniente, o equipamento passava a ser obsoleto a partir do momento em que o componente deixava de ser produzido. Com a introdução das CNC apenas o dispositivo é projectado para uma peça em exclusivo, bastando substituí-lo quando o componente deixar de ser produzido, o que reduz os custos de uma forma muito significativa porque além de o dispositivo não apresentar os mesmos custos

que apresentaria um equipamento desse género a CNC é facilmente reconvertida com novo dispositivo.

Assim sendo para que uma máquina de comando numérico possa realizar operações de maquinagem num componente é necessário que exista um dispositivo que faça a fixação da peça para que esta não se mova durante as operações, e também, no caso de existir essa necessidade, de apoiar a peça para que esta não vibre durante essas operações de maquinagem. Trata-se de um factor importante pois essas vibrações, dependendo da amplitude e da frequência poderiam danificar quer a peça quer o conjunto CNC/dispositivo de aperto.

Existem inúmeros dispositivos de aperto, desde os mais simples para peças onde as operações não são complexas, aos mais avançados com controlo de posição dos cilindros, controlo de posição da peça a maquinar para garantir que as operações de maquinagem ocorrem sem incidentes.

Os componentes que efectuam as operações de aperto são hidráulicos, fazendo uso dos circuitos hidráulicos para dispositivos periféricos com que as máquinas de comando numérico vêm equipadas.

1.1 Introdução à Máquina de Controlo Numérico a Utilizar

Para este dispositivo a CNC ao qual ele será acoplado é uma CHIRON FZ15W com quatro eixos de funcionamento. Possui os três eixos convencionais, os deslocamentos em X, Y e Z efectuados pela árvore de ferramentas e ainda um quarto eixo, a rotação segundo o eixo longitudinal do tabuleiro onde o dispositivo irá ser acoplado. Esta máquina possui uma vantagem adicional, a área de trabalho é constituída por dois tabuleiros onde os dispositivos são colocados, possibilitando ao operador montar e desmontar os componentes a serem maquinados, enquanto a máquina efectua essas mesmas operações nos componentes previamente montados, realizando a troca de posto em apenas 1,9 segundos.

Esta máquina possui um sistema de montagem e posicionamento rápido de dispositivos, possibilitando realizar operações em diferentes peças, minimizando tempos mortos com operações de troca de aparelhos.

O circuito hidráulico fornecido aos componentes tem como pressão máxima 200 bar, funcionando em fonte de pressão.

Possui ainda um circuito pneumático, com a pressão de 6 bar, que possibilita circuitos pneumáticos de controlo de posicionamento quer das peças quer dos componentes de aperto.

Resume-se na tabela seguinte algumas das principais características desta máquina de comando numérico computadorizado.

Tabela 1 – Características da CHIRON FZ

Característica	Valor
Número Máximo de Ferramentas	20
Tempo de Mudança de Ferramenta	0,9 s
Gama de Rotação	20 – 10500 rpm
Curso Segundo Eixo X	550 mm
Curso Segundo Eixo Y	400 mm
Curso segundo Eixo Z	425 mm
Força de Avanço Segundo X, Y	5000 N
Força de Avanço Segundo Z	10000 N

Velocidade de Avanço	40 m/min
Área de Trabalho	2 x 660 x 400 mm ²
Velocidade de Troca de Área de Trabalho	Aprox. 2,4 s
Carga Máxima por Área de Trabalho	100 kg

1.2 Descrição Breve do Trabalho a Realizar

A peça original, fornecida pela Volkswagen AG, terá que ser sujeita a uma série de operações de maquinagem. Essas operações devem-se ao facto de serem pretendidas determinadas tolerâncias na peça que não são obtidas através do processo de fundição, mesmo num processo que já confere um rigor dimensional elevado como é o caso da fundição injectada. Essas operações de maquinagem são as seguintes: deverão ser maquinados tanto o furo central da peça, destinado a conter um rolamento, como o rebordo que o retém, deverão ser maquinados os dois furos adjacentes no lado esquerdo da peça quando visto no desenho de definição, na vista de frente. Finalmente terão que ser maquinadas as faces inferiores dos três furos, de forma a garantir tanto os paralelismos desejados como as medidas pretendidas. Após a análise feita à peça é fácil concluir que a posição de aperto da peça fornecida é aquela que é representada na vista de baixo no desenho da peça em anexo. Só assim estas operações poderão ser realizadas sem qualquer outro tipo de movimentação. Esta peça tem uma série estabelecida de 40 mil peças anuais.

A peça fornecida não possui, devido à sua geometria, locais onde possa ser fixada para posterior maquinagem, pelo que esses pontos tiveram que ser acrescentados, tendo em conta as limitações técnicas no acrescento desses pontos, limitações impostas pela finalidade da peça. Sendo um componente da indústria automóvel, e tendo em conta que qualquer acrescento de peso desnecessário em qualquer componente é indesejável, foi necessário utilizar o mínimo de material extra para que a massa da peça não seja significativamente alterada. É ainda necessário não alterar em demasia a geometria exterior do componente para que a sua inclusão no conjunto final não seja comprometida. Os pontos de aperto da peça encontram-se indicados em pormenor no desenho de definição da peça em anexo a este texto.

No que diz respeito à célula de montagem, o objectivo será a colocação de um rolamento no furo da peça atrás descrita. A célula possui duas estações onde efectua operações, sendo a primeira a aplicação de cola na superfície do furo, não tendo sido representada essa estação no desenho de conjunto por não existir nenhum fabricante a fornecer desenhos do componente, e uma segunda estação onde se efectua um pick and place do rolamento.

2 Projecto do Dispositivo de Aperto

Neste capítulo será feita a descrição completa do projecto do dispositivo de aperto. Serão analisados individualmente cada componente projectado ou seleccionado, justificando cada escolha feita de forma a possibilitar uma melhor compreensão do dispositivo.

Cada secção destinada a um componente será dividida em duas partes distintas. Uma primeira onde são enumeradas todas as premissas de projecto, desde a selecção da geometria de um componente ao material utilizado no seu fabrico, e uma segunda onde serão demonstrados os cálculos que sustentaram o seu projecto ou as verificações a que os componentes foram sujeitos para validar se o seu funcionamento irá ocorrer sem problemas, quando tal for necessário.

Os objectivos com base nos quais os componentes são seleccionados ou projectados serão sempre optar pelos mais económicos que desempenhem as mesmas funções, e no caso de componentes que terão que ser fabricados será sempre tomada a decisão de optar pela forma mais económica e expedita de os fabricar. Como na indústria o factor económico influencia grandemente as decisões é por isso razoável fazer escolhas de forma a otimizar processos e baixar custos.

2.1 Projecto da Placa Base

2.1.1 Considerações de Projecto

A placa base tem como finalidade servir de suporte a todos os outros componentes, incluir o circuito hidráulico que alimenta os cilindros e garantir a estabilidade necessária no processo de maquinagem das peças a fabricar.

Trata-se de uma peça complexa e como tal o seu desenho de definição segue em anexo a este texto para que possa ser devidamente analisada.

Será fabricada em alumínio AlZnMgCu1.5, série 7000. As placas base para este tipo de dispositivo que será aplicado numa máquina de comando numérico possuidora de 4º eixo (rotação da base segundo o eixo longitudinal) são, usualmente, fabricadas em alumínio por dois importantes motivos: o primeiro devido à maior facilidade na troca de dispositivo devido a um menor peso do componente, de lembrar que o alumínio possui uma densidade quase três vezes inferior à do aço, e um segundo motivo, que devido às operações de maquinagem se realizarem todas do mesmo lado da peça não será necessário neste caso, que é baixar a inércia do dispositivo para que a utilização do 4º eixo seja mais fácil, não sendo necessário um esforço tão elevado para possibilitar esta rotação.

Tabela 2 – Características do Alumínio AlZnMgCu1.5

Característica	Valor
Módulo de Young	70 – 72 GPa
Módulo de Rigidez Torsional	27,5 – 28 GPa
Tensão de Cedência	390 – 450 MPa
Tensão de Ruptura	480 – 530 MPa
Massa Volúmica	2850 kg/m ³

A placa base terá como dimensões 645 x 308 mm, dimensões dependentes da máquina de comando numérico onde o dispositivo irá ser integrado, e posteriormente optimizadas de acordo com os componentes que foram sendo introduzidos, para que o dispositivo

desempenhe a sua função. Terá como espessura 46 mm, dimensão imposta pela furação necessária ao circuito hidráulico contido na base e que será de seguida verificado se esta espessura será suficiente para resistir às tensões instaladas e para garantir rigidez suficiente ao conjunto.

A fixação da placa base à máquina de comando numérico será feita através de quatro parafusos M12, sendo o posicionamento do dispositivo feito através de dois casquilhos, um em cada extremo da placa. A alimentação do circuito hidráulico é feita através de dois conectores Roemheld que possibilitam que o óleo circule sem a necessidade de tubos ou outro qualquer dispositivo auxiliar. Este tipo de fixação rápida aliada, como atrás foi referido, ao baixo peso do dispositivo permite que os dispositivos sejam fácil e rapidamente trocados da máquina de comando numérico.

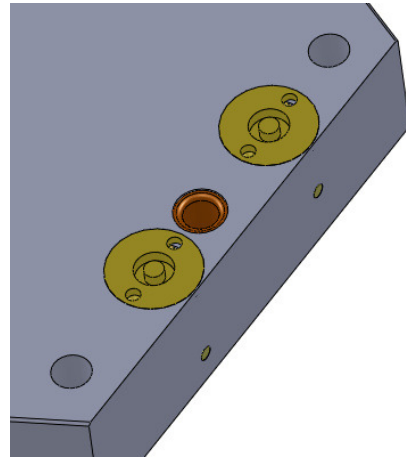


Fig. 1 – Pormenor do acoplamento rápido do dispositivo.

A placa base será toda uma peça inteira, incluindo os ressaltos necessários para apoiar os componentes que serão conectados à base. Apesar de, inicialmente, parecer uma escolha pouco económica, pois desperdiça material e é necessário fabricar uma

peça com uma geometria complexa em vez de uma placa simples, uma análise mais pormenorizada dos componentes e do trabalho a realizar revela que não será essa a escolha mais correcta. De facto, actualmente, com maquinadoras de comando numérico que efectuam todas as operações de maquinagem da peça automaticamente torna-se mais simples a fabricação de um componente com uma geometria complexa do que a posterior montagem de vários postigos que incluem ainda um elevado número de furos roscados para que essas ligações se realizem.

2.1.2 Verificação da Estabilidade do Componente

Para a verificação da estabilidade da placa base aquando do processo de maquinagem dos componentes foi feita uma verificação tendo em conta a pior das situações possíveis, uma maquinagem com a maior força de avanço conseguida pela máquina de comando numérico, que é, relembrando, 10 kN. Foi considerado que essa força é uniformemente distribuída pelos apoios, o que apesar de não ser inteiramente verdade, é uma aproximação aceitável, tendo em

conta que as forças reais envolvidas não serão sequer aproximadas da força máxima, devido ao facto dos furos já se encontrarem feitos no processo de fundição, sendo unicamente necessário rectificá-los dentro das tolerâncias pretendidas.

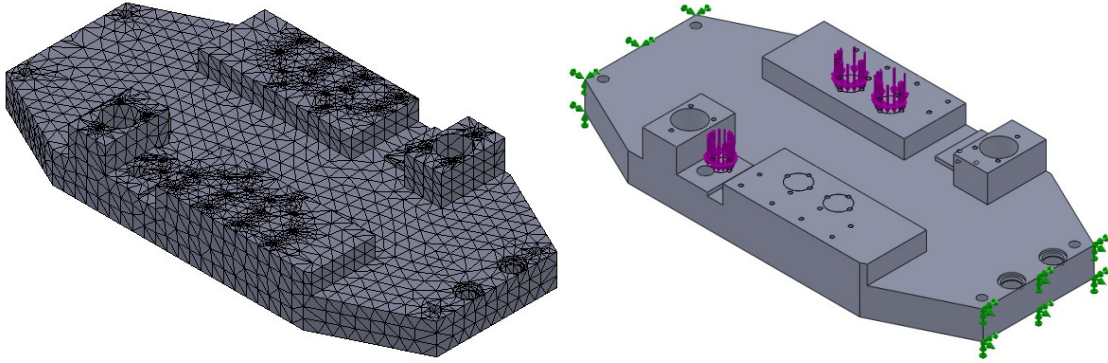


Fig. 2 – Malha de Elementos Finitos, Condições Fronteira e Cargas Aplicadas

A placa base para ser submetida a uma análise por elementos finitos foi inicialmente discretizada em, aproximadamente, 42 mil elementos tetraédricos de 4 nós, garantindo assim uma boa resolução da análise e resultados bastante próximos dos valores exactos. Como se pode verificar pela figura 2, foram consideradas como condições fronteira para esta análise (setas a verde) que as faces indicadas se encontram encastradas, simulando assim o sistema de acolamento rápido da máquina Chiron. Finalmente foram colocadas as cargas equivalentes às reações nos locais onde se encontram os apoios das peças (setas a lilás).

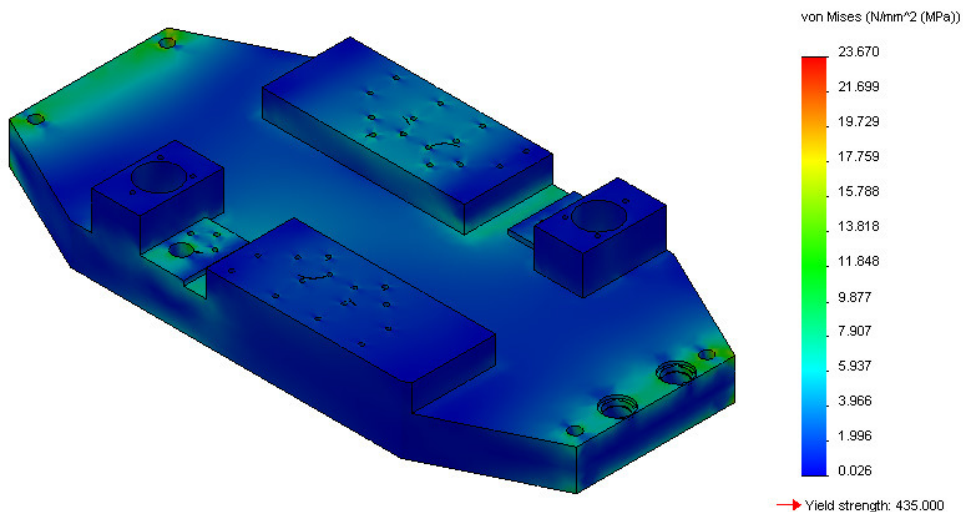


Fig. 3 – Distribuição de Tensões na Placa Base

Após a análise em elementos finitos foi obtida a seguinte distribuição de tensões na placa, segundo a qual a tensão máxima instalada encontra-se na zona dos apoios, como aliás seria de esperar, com o valor de, aproximadamente, 24 MPa, uma tensão sem grande significado e que não trás qualquer tipo de problema ao projecto da mesma.

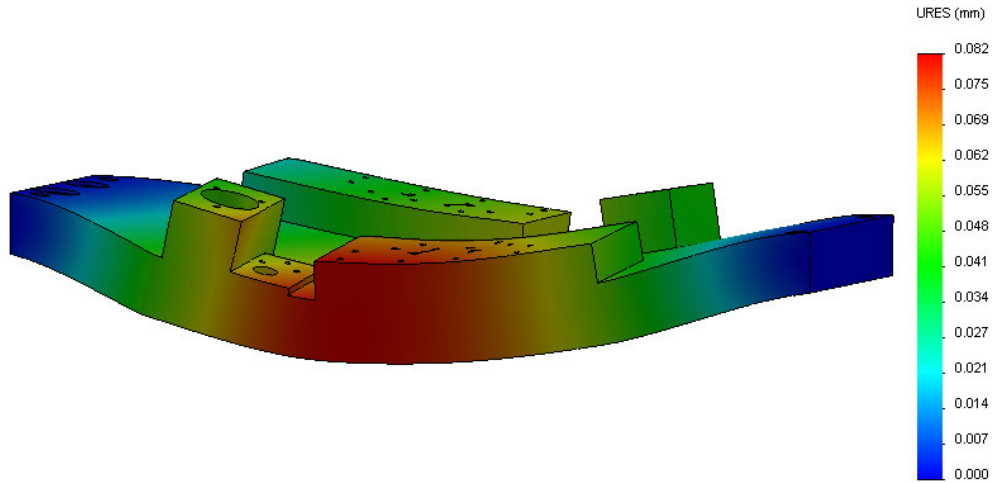


Fig. 4 – Deslocamentos na Placa Base

No que aos deslocamentos diz respeito, e sendo este um factor importante quando se trata de maquinar componentes com tolerâncias relativamente pequenas para que não surjam desvios, verifica-se que o deslocamento máximo ocorre sensivelmente a meio vão, novamente como seria de esperar, e com o valor, aproximado, de 0,082 mm. Este valor seria significativo se realmente se tratasse das condições de funcionamento. Como já foi referido trata-se do caso mais crítico que se poderá esperar nesta máquina de controlo numérico, sendo que os valores de deslocamento serão bastante inferiores aos obtidos nesta análise numérica. Assim sendo os 46 mm de espessura da placa base cumprirão o objectivo de manter estável o conjunto projectado.

2.2 Projecto dos Apoios

2.2.1 Considerações de Projecto

Os apoios criados para o posicionamento vertical da peça foram projectados para possuírem a geometria mais simples que pode ser fabricada, uma peça de revolução que é facilmente torneada e com baixo custo. Como se pode verificar pela figura 5 o corpo do apoio é em forma de cone para que as limalhas originadas pela maquinaria da peça possam ser facilmente removidas, não existindo locais de concentração das mesmas.

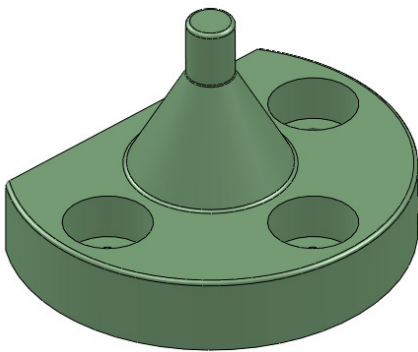


Fig. 5 – Apoios verticais

Os apoios são localizados e fixados através de três parafusos M6, dispostos entre si por ângulos de 90°, criando assim um apoio estável. Como foi referido, os mesmos parafusos que efectuem a fixação do apoio, também o localizam, por estes não necessitarem de uma localização exacta, ou seja, não são estes apoios que fazem a localização no plano da placa base. Aliás existe uma diferença de 1,5 mm entre os diâmetros do apoio (6 mm de diâmetro) e os pontos de apoio situados na peça (7,5 mm de diâmetro) o que garante que a localização do apoio não compromete o posicionamento correcto da peça.

Estes apoios garantem uma altura mínima da peça em relação à base para que as limalhas originadas no processo de maquinaria não fiquem acumuladas por baixo da peça, na zona do furo do rolamento.

Tabela 3 – Propriedades do aço 16 MnCr 5¹

Propriedade	Valor
Dureza do Núcleo	41 HRC
Dureza da Superfície	57 HRC
Tensão de Cedência	1140 MPa
Tensão de Ruptura	1300 MPa

¹ Propriedades obtidas após têmpera a 870° e arrefecimento em óleo.

Os apoios serão fabricados no aço DIN 16 MnCr 5, aço de cementação, que permite obter durezas elevadas na superfície, evitando assim o desgaste do componente e a alteração das suas dimensões, mantendo um núcleo tenaz capaz de absorver choques resultantes de uma utilização menos cuidada. Além disso este aço é tratado com cálcio que origina micro inclusões de baixa dureza na estrutura do aço que funcionam como um lubrificante para a ferramenta de corte. Estas zonas mais macias aumentam a vida da ferramenta e aumentam a sua velocidade de avanço, o que torna mais eficaz e produtivo o processo de maquinação.

2.3 Selecção dos Cilindros Hidráulicos

Para este tipo de dispositivo são necessários cilindros hidráulicos capazes de dois movimentos diferentes durante o movimento de avanço, o movimento descendente, obviamente, porque o objectivo é fixar a peça à sua base de apoio, e um movimento de rotação, figura 6², que retire o grampo de aperto da sua posição de repouso, afastada da peça para que esta possa ser posicionada por um operador, para a posição de serviço.

Após uma análise pelo catálogo do fabricante Roemheld, líder mundial neste tipo de cilindros e como tal uma escolha óbvia, optou-se pela selecção dos cilindros com as referências B 1.880 e B 1.881. Trata-se de cilindros de uso corrente neste tipo de aplicação e trabalham com pressões até 500 bar. São ainda cilindros robustos, cilindros económicos, existem várias formas diferentes para a sua montagem, pode ser utilizado com inúmeros grampos de aperto diferentes o que torna bastante flexível a sua utilização.

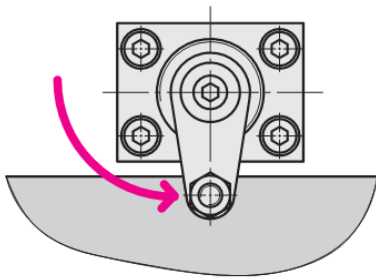


Fig. 6 – Forma de funcionamento dos cilindros

Nesta aplicação foi seleccionado o cilindro de referência B 1.880, figura 7³, um cilindro mais baixo, para a parte da peça onde existe apenas um furo, por ser a parte mais baixa da peça, evitando assim um maior curso do cilindro. Este cilindro tem, durante o avanço, uma rotação no sentido horário e efectua um curso total no avanço de 18

mm.

Por outro lado, na parte da peça que possui dois furos a maquinar, foram utilizados cilindros B 1.881, que por ser uma zona mais alta da peça não coloca o problema de um maior curso do cilindro, ou um grampo demasiado grande que se tornasse instável. Por questões de atravancamento estes cilindros fazem uma rotação de apenas 45 graus, para que possam funcionar sem que os grampos de aperto choquem entre si. Para que isto aconteça, e para que os grampos dos cilindros fiquem devidamente recolhidos na posição de

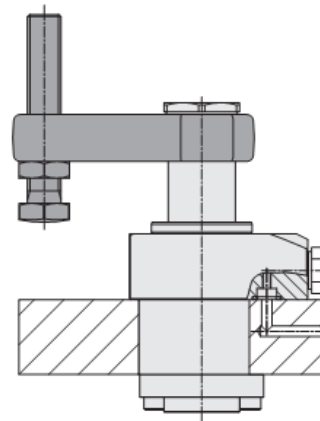


Fig. 7 – Forma de montagem do cilindro 1.880 à base

² Imagem retirada do catálogo do fabricante.

³ Imagem retirada do catálogo do fabricante.

repouso, possibilitando assim a montagem e desmontagem da peça a maquinar, esses mesmos grampos deverão ser posicionados fazendo um ângulo de vinte graus em relação ao lado maior da base do cilindro, pormenor em evidência no desenho de conjunto em anexo a este documento. Este cilindro, tal como o anterior, tem um curso total no avanço de 18 mm (figura 8⁴).

Como foi referido aquando da justificação da colocação dos pontos de apoio na peça, esses mesmos pontos não podem ser demasiado grandes para que, além de não ser desejável o

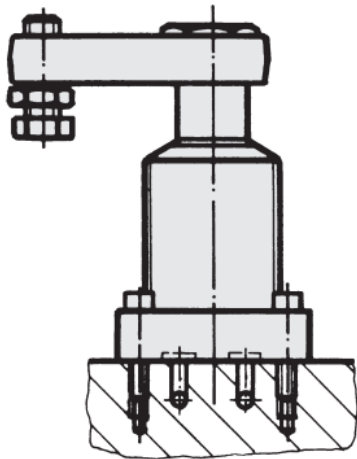


Fig. 8 – Ligeira do cilindro 1.881 à base

aumento de peso do componente, não se proceda a grandes alterações à geometria da peça. Assim sendo os apoios apresentam pequenas dimensões, apenas 7,5 mm de diâmetro. Estas pequenas dimensões, aliadas a um uso significativo dos cilindros, não esquecer que serão produzidas 40 mil peças por ano, poderá conduzir a folgas nos cilindros e conseqüentemente a um aperto deficiente da peça. Para contornar esse problema foram colocados nos cilindros componentes de guiamento que garantem que

o grampo de aperto se encontra sempre alinhado na sua posição correcta. Esses guiamentos serão fabricados em DIN 14 NiCr 14, cementado, de forma a obter uma dureza elevada na superfície para que os guiamentos não sofram desgaste e não se criem folgas que desviem os cilindros da sua posição óptima de funcionamento.

Os cilindros rotativos aqui descritos, em conjunto com os apoios do ponto anterior garantem a fixação vertical da peça.

Para que a peça fique fixa na direcção paralela à base de apoio foi seleccionado um pequeno cilindro hidráulico, de simples efeito e retorno por mola, de corpo roscado e com um curso de 6 mm. A sua função é apertar a peça contra o apoio que efectua o posicionamento da peça na direcção referida. Este cilindro foi colocado num bloco que é posicionado por quatro casquilhos ocios nos quais passam quatro parafusos M8 x 90 que efectua a sua fixação. Esta dimensão de parafusos

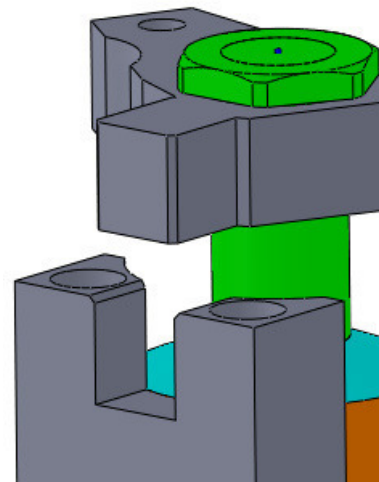


Fig. 9 – Pormenor do guiamento do grampo

⁴ Imagem retirada do catálogo do fabricante.

não consta da norma ISO, contudo existem comercialmente. Esse bloco será fabricado em alumínio pois não será um componente solicitado e contribui assim para a redução de peso do conjunto.

Tabela 4 – Propriedades do aço 14 NiCr 14.

Propriedade	Valor
Dureza do Núcleo	45 HRC
Dureza da Superfície	60 HRC
Tensão de Cedência	765 MPa
Tensão de Ruptura	1180 MPa

2.4 Componentes para Localização da Peça

Como já foi referido os apoios não localizam a peça na direcção do plano da placa base, sendo que esta localização é feita por dois componentes, as translações segundo as direcções longitudinal e transversal são restringidas por um centrador, e a restrição da rotação em torno desse centrador é feita por um apoio tangencial, apoio o qual a peça é pressionada contra pelo cilindro linear.

O centrador é constituído por um apoio, fixo à base por três parafusos M6 x 20 que lhe garante a estabilidade necessária, por um pistão cónico para que, independentemente da dimensão real do furo da peça (dentro, obviamente, das tolerâncias admitidas) centra e localiza a peça. Esse pistão está apoiado numa mola helicoidal, o que garante que o apoio da peça é sempre efectuado nos apoios e nunca no centrador. O posicionamento deste conjunto é efectuado pelo apoio que possui um encaixe rectificadado e tolerânciado k6 que em conjunto com um furo tolerânciado H7 garante esse mesmo posicionamento.

O apoio do centrador será, tal como os apoios fabricado em DIN 16 MnCr 5, por se tratar de um aço de fácil maquinabilidade. No caso do pistão que efectua a centragem será fabricado num aço de cementação DIN 14 NiCr 14 de forma a possuir uma dureza superficial elevada e como tal não sofrer desgastes, mantendo um núcleo que resista a eventuais choques e outras formas de utilização menos correcta. Para um dispositivo que irá fabricar 40 mil peças anuais o desgaste que o pistão irá sofrer é significativo, e tratando-se do elemento em todo o conjunto que localiza a peça, é importante que as suas dimensões nunca sejam alteradas, caso contrário a qualidade da maquinaria será afectada.

No apoio tangencial a sua localização é feita através de um perno M8 x 40 g6 e fixo por dois parafusos M8 x 85.

Não sendo directamente um componente para a localização da peça, é um importante auxílio ao operador a inclusão de um anti-erro. Para uma peça com uma série relativamente elevada, em que o operador irá montar no dispositivo um elevado número de peças, poderá originar erros de colocação das peças que irão originar acidentes e danos tanto no dispositivo de aperto como na máquina de comando numérico onde o dispositivo será integrado. Este componente anti-erro orienta a peça a partir do centrador facilitando a sua montagem. Não necessitando de uma localização exacta, esta será feita unicamente com os parafusos de

fixação. Não sendo ainda um componente estrutural será fabricado em nylon, o que o torna um componente económico e fácil de fabricar.

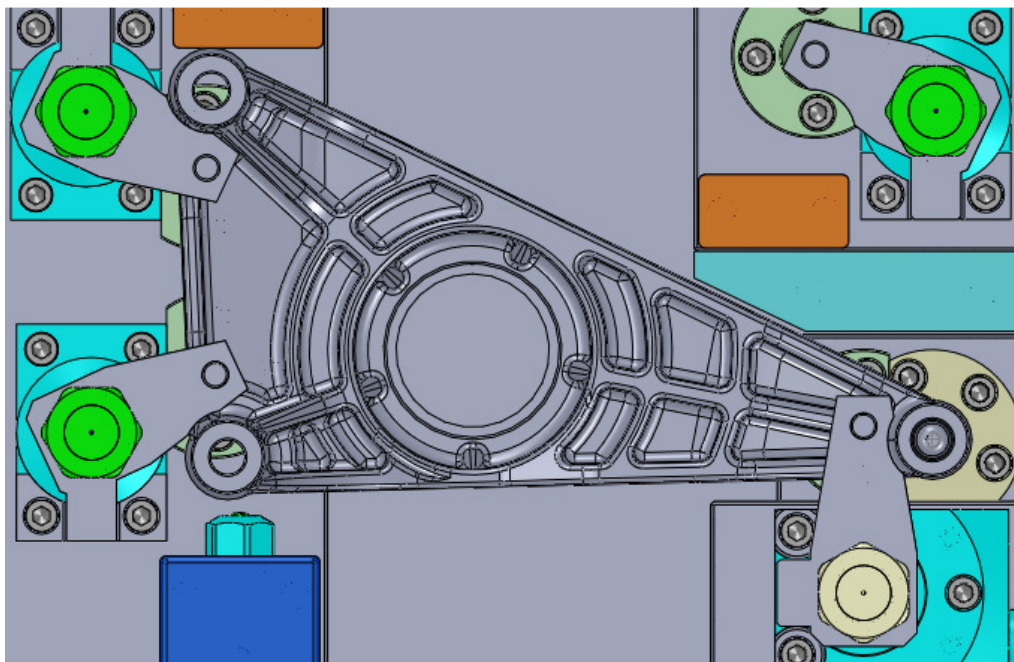


Fig. 10 – Pormenor da localização da peça no dispositivo

2.5 Projecto dos Grampos de Aperto

2.5.1 Considerações de Projecto

A selecção dos grampos foi feita em função da geometria do grampo standard para uma pressão de utilização de 200 bar. Nos cilindros 1.880 a disposição dos elementos permite a utilização desses mesmos grampos, sendo a única alteração um pequeno rebordo de forma a que a ferramenta que irá maquinar a face mais próxima do cilindro não choque com o grampo.

Já no caso dos cilindros 1.881 os grampos standard apresentam uma dimensão ligeiramente superior àquela que garante o correcto funcionamento do par de cilindros, ou seja se as medidas a utilizar no conjunto fossem as recomendadas os grampos iriam chocar entre si, de forma que os grampos tiveram que ser encurtados. Tal como os grampos dos cilindros 1.880 também estes tiveram que ser alterados de forma a que a ferramenta que irá maquinar as faces dos furos iria chocar com os grampos, assim sendo como houve necessidade de fazer alterações à geometria dos grampos existe a necessidade de verificar a sua estabilidade pelo método dos elementos finitos para verificar se as pequenas alterações introduzidas eram relevantes no seu comportamento mecânico.

2.5.2 Verificação da Estabilidade dos Grampos de Aperto

A peça em análise foi então discretizada numa malha de 7727 elementos tetraédricos de 4 nós e submetida a uma análise estática linear. O material seleccionado foi o aço de norma DIN Ck45, um aço ao carbono, de uso corrente, com uma gama de durezas bastante abrangente, e consequentemente uma gama de tensões de cedência igualmente abrangente. Para esta verificação foi utilizado o valor de 530 MPa, um valor médio entre aqueles que se poderão obter com este aço, dependendo, obviamente do tratamento térmico efectuado. Não são desejadas baixas durezas e baixas tensões de cedência, mas altas durezas também são inconvenientes aquando do fabrico.

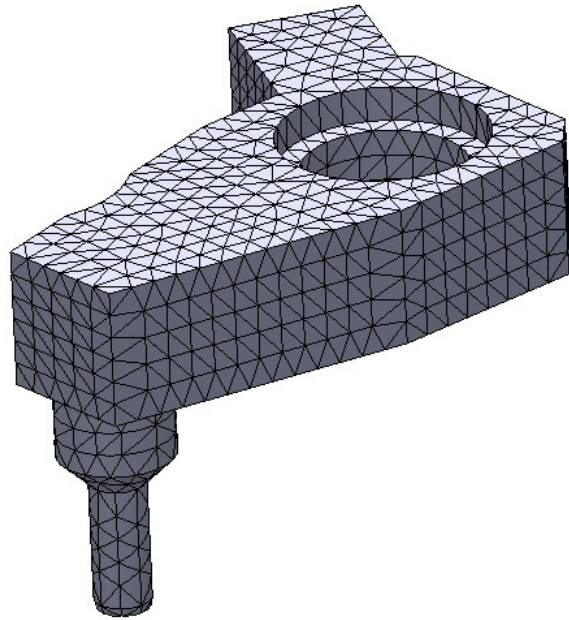


Fig. 11 – Malha de elementos finitos na análise ao grampo de aperto

Para esta análise foram consideradas, como condições de fronteira, que a face cónica de encaixe no cilindro se encontra fixa, assim como a face onde o aperto do grampo é efectuado, tal como se verifica na figura 12.

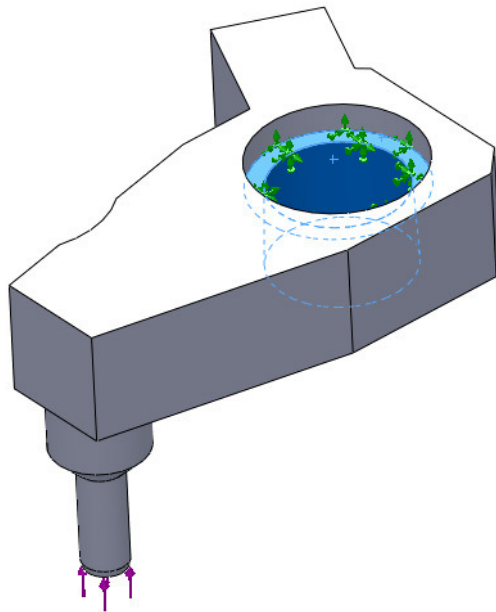


Fig. 12 – Condições fronteira e cargas aplicadas

Para a pressão máxima de serviço utilizada neste mecanismo, 200 bar, a força de aperto será muito próxima de 3 kN, como se pode verificar na figura 13, retirada do catálogo do fabricante. O valor de 3 kN foi o utilizado na análise por elementos finitos efectuada e o ponto da aplicação da carga é o extremo do grampo.

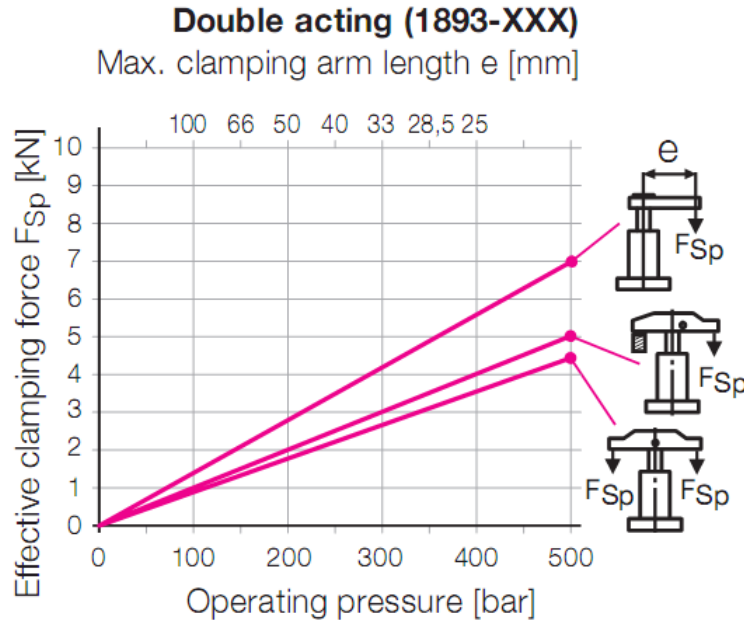


Fig. 13 – Força efectiva de aperto em função da pressão de funcionamento⁵

Após a análise efectuada ao grampo verifica-se que as tensões instaladas são bastante mais baixas que a tensão admissível do material utilizado, como seria de esperar, tensão máxima instalada de, aproximadamente, 150 MPa e ainda que o deslocamento máximo ocorrido no grampo é de 0,045 mm no extremo do componente, onde a carga é aplicada. Este valor de deslocamento é bastante baixo e em nada interfere com o normal funcionamento do componente.

⁵ Gráfico retirado do catálogo do fabricante.

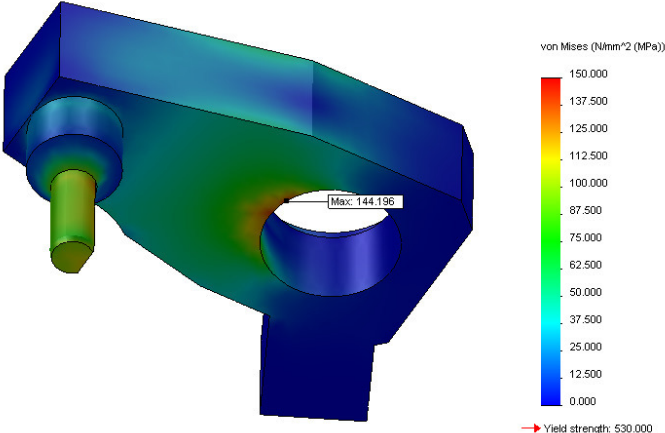


Fig. 14 – Distribuição de tensões no grampo de aperto

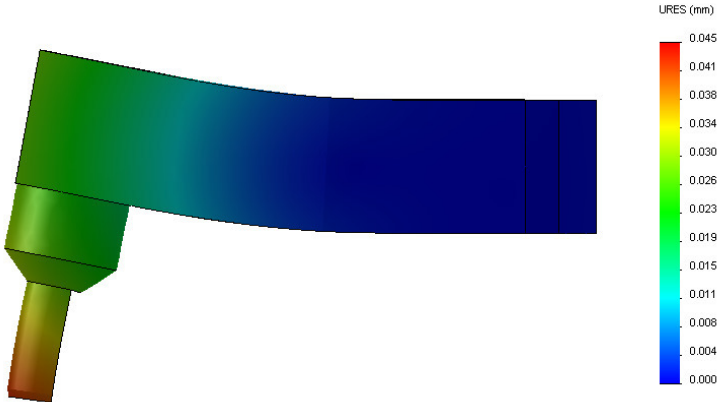


Fig. 15 – Deslocamentos no grampo de aperto

2.6 Circuito Hidráulico

A fonte do circuito hidráulico localiza-se na máquina de comando numérico onde o dispositivo será adaptado. A pressão máxima de funcionamento é de 200 bar, tendo sido para essa pressão que todos os componentes foram projectados. Trata-se de um circuito hidráulico simples dividido em duas partes, um circuito de carga e outro de descarga, sendo isso possibilitado pelo facto da máquina Chiron possuir dois conectores. Como foi referido anteriormente o circuito é furado na base, sendo os orifícios fechados pelo intermédio de tacos. Neste circuito foram utilizados dois tipos de tacos, tacos de colocação manual e tacos de colocação através de uma pistola hidropneumática cujo procedimento de colocação se descreve de seguida.

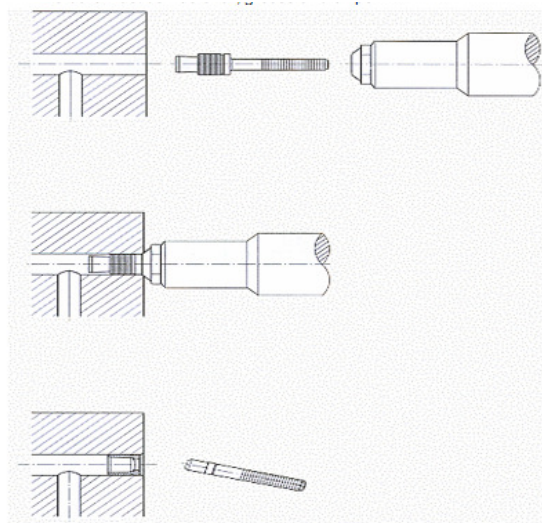


Fig. 16 – Colocação de um taco com pistola hidropneumática⁶

O taco faz parte de um conjunto juntamente com um mandril, esse mandril é colocado no interior da pistola hidropneumática enquanto que o taco é colocado no orifício a tapar. O mandril possui uma parte estriada, como se verifica pela figura 16, pela qual o mandril é puxado pela pistola. Ao ser retirado o mandril faz expandir o taco que assim faz selar o orifício, ficando garantida a estanquicidade do furo até uma pressão de 500 bar.

Por sua vez os tacos de colocação manual são colocados da seguinte forma:

⁶ Imagem retirada do site do fabricante, www.kvtkoenig.com

O taco possui uma esfera no seu interior com um diâmetro ligeiramente superior ao diâmetro do corpo e necessita de um furo ligeiramente superior ao diâmetro do furo, neste caso para um canal de 5 mm é necessário um furo com $6_0^{+0,1}$ mm, por um comprimento nunca inferior a 6,3 mm, para ser colocado. Após a colocação do taco, figura 17, é necessário que seja efectuada uma força que pressione a esfera a seguir para o interior do corpo do taco. Devido ao tamanho da esfera ser superior ao do corpo do taco, este expande selando o orifício com capacidade para o manter selado até uma pressão de 450 bar.

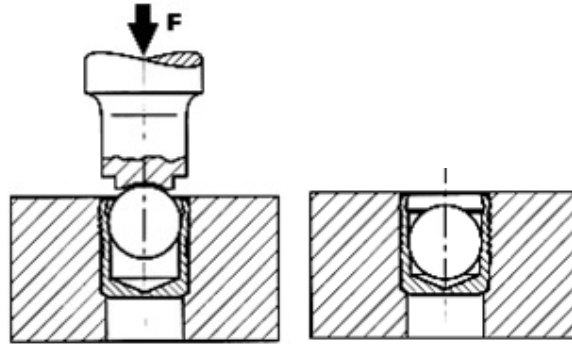


Fig. 17 – Exemplo da colocação de um taco pelo método manual⁷

A força que é necessário efectuar para este tipo de taco está representada no gráfico seguinte, sendo que a curva a) se refere à menor tolerância de furo e a curva b) à maior.

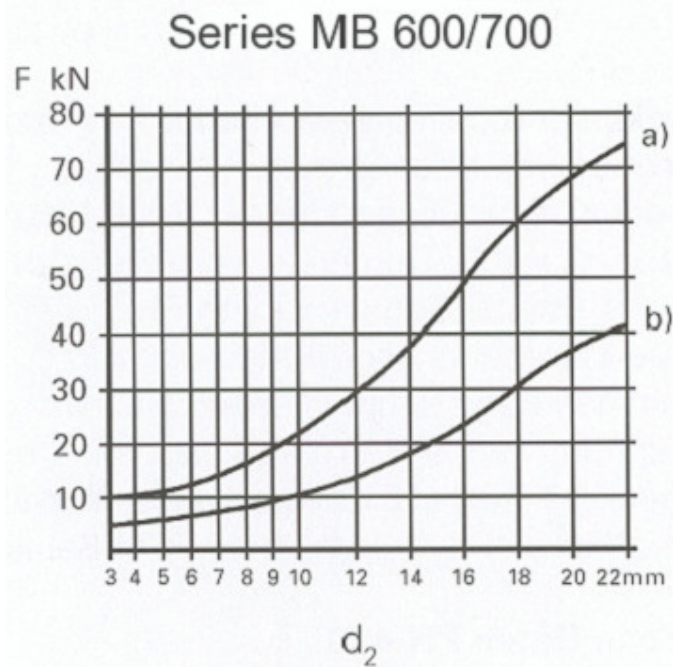


Fig. 18 – Força para colocação de tacos manuais⁸

⁷ Imagem retirada de www.kvtkoenig.com

⁸ Gráfico retirado do site do fabricante, www.kvtkoenig.com

Os tacos seleccionados para serem utilizados neste dispositivo, serão, sem dúvida, os de introdução através da pistola hidropneumática por ser muito mais rápida a sua colocação. Contudo num caso em especial há necessidade de se utilizarem tacos de colocação manual, onde o orifício hidráulico termina numa face que não é perpendicular ao furo, não sendo possível a colocação pela pistola.

O circuito possui oito actuadores e uma válvula de seqüência, e o seu funcionamento é o seguinte: o óleo é levado até aos actuadores lineares que são actuados fazendo o posicionamento da peça no plano da base, de seguida o óleo dirige-se à válvula de seqüência que quando atinge a pressão de actuação abre fazendo assim actuar os cilindros com movimento angular e efectuar o posicionamento vertical da peça. No circuito de descarga todos os cilindros são descarregados em simultâneo, regressando assim os cilindros à sua posição de repouso.

O circuito hidráulico encontra-se representado de seguida de forma esquemática.

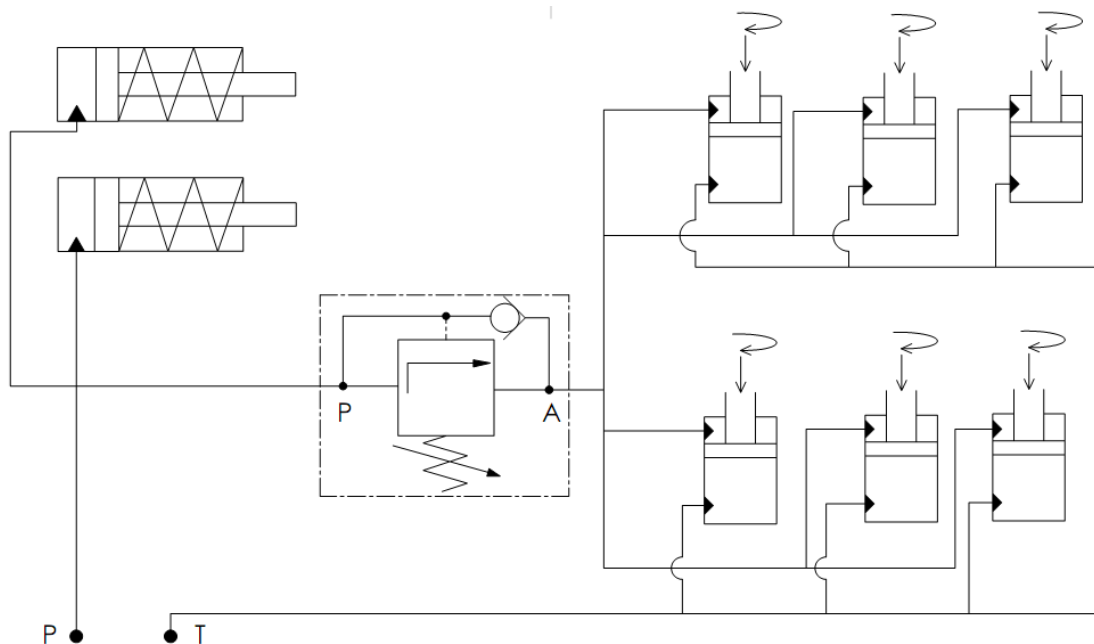


Fig. 19 – Circuito hidráulico do dispositivo de aperto

A furação do circuito hidráulico implica a utilização de maquinaria especial para que tal se realize, tendo em conta que os furos possuem 5 mm de diâmetro e, neste caso, até 550 mm de comprimento. Tal tipo de furo é realizado por uma furadora que possui uma broca de grande comprimento, auto-guiante e que possui ainda um perfil peculiar, não sendo circular possui um rasgo ao longo de todo o comprimento da broca para que as limalhas originadas pela furação possam ser retiradas do furo. Essas limalhas são forçadas a sair por óleo sob pressão que é introduzido no furo através de orifícios existentes na própria broca.

3 Projecto de Célula de Montagem de Rolamento

Após a peça fornecida (*bracket*) ter sido maquinada é necessário que o conjunto final seja montado. Para isso terá que ser projectado uma célula de montagem semi-automática que possa auxiliar o operador nesta tarefa.

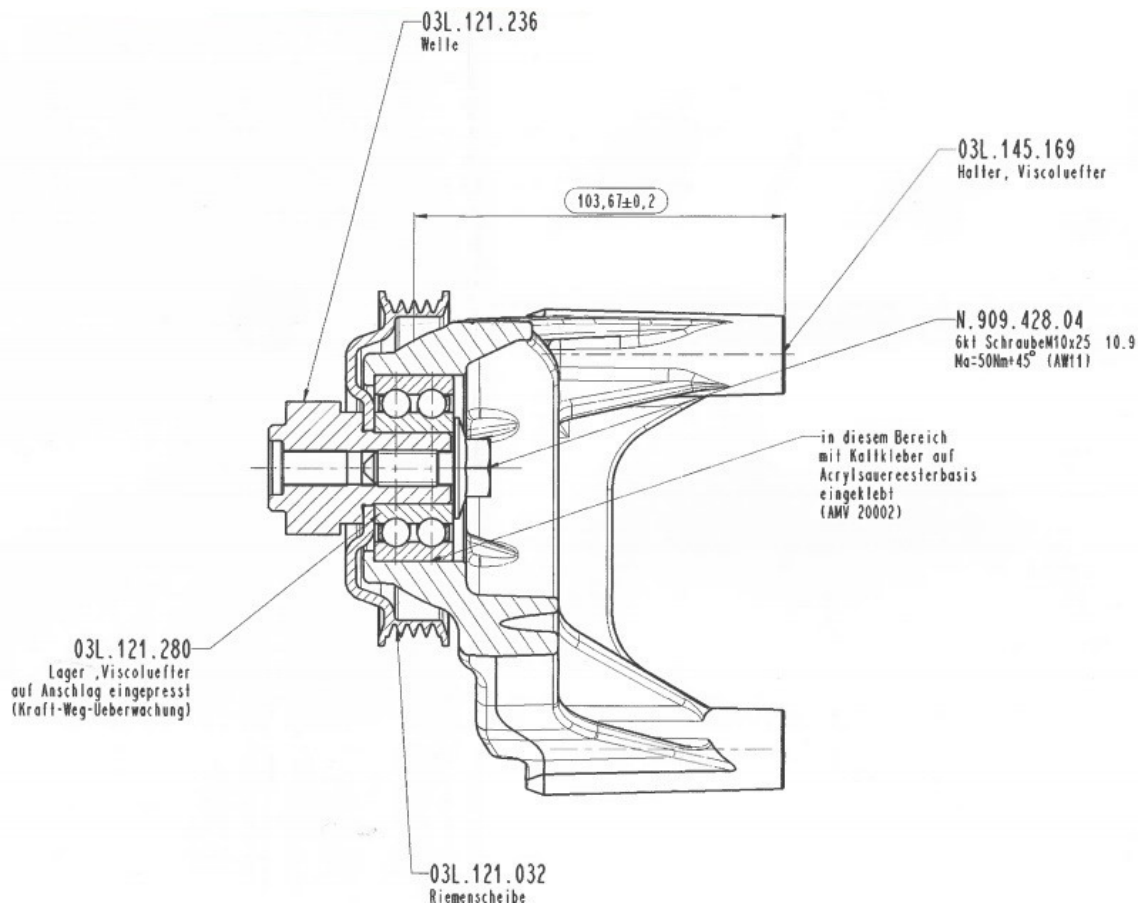


Fig. 20 – Conjunto final a ser montado

O conjunto consiste então em colocar no furo central da peça que foi maquinada um rolamento fixo por cola. Nesse rolamento será colocado uma polia fixa por um parafuso hexagonal.

A solução encontrada foi seleccionar uma mesa móvel que pudesse percorrer as diversas estações de montagem. Neste projecto foi apenas abordada a colocação do rolamento

sendo que as restantes operações terão que ser feitas manualmente pelo operador. Assim sendo a mesa seleccionada teria que percorrer duas estações, o aplicador de cola no furo do rolamento e a estação seguinte, que seria dividida em dois processos, de colocação do rolamento no furo que o aloja. A segunda estação está dividida em dois passos sendo o primeiro o agarrar do rolamento, e de seguida a sua colocação no furo.

Nas páginas seguintes irão ser abordados os diversos passos que levaram ao projecto desta célula de montagem.

3.1 Suporte da Peça e Rolamento

O suporte de apoio da peça destina-se a acomodar a peça e rolamento que serão montados nesta célula, assim como ser a ligação entre estes componentes e a mesa móvel que permite a movimentação do conjunto.

O suporte é constituído pela base de apoio, uma peça única em alumínio AlCuMg1, um alumínio da série 2000. Como se trata de uma peça sem grandes solicitações o único objectivo é manter a base o mais leve possível para diminuir a inércia da mesa móvel, aumentando assim a velocidade de movimentação desta.

A peça é localizada na base através de um posicionador circular que tira partido da maquinaria do rebordo do furo do rolamento para centrar a peça e localiza-la no plano da base, ficando unicamente a rotação em torno do eixo do furo como grau de liberdade. Esse grau de liberdade será restringido por três pinos cilíndricos onde os três furos da peça serão colocados. O posicionador circular é posicionado na base através um cilindro com tolerância k6 com furo H7. Será construído em aço de cementação 14 NiCr 14 de forma a ter uma elevada dureza superficial que evita o desgaste do componente com as inúmeras montagens a que será sujeito e mantendo um núcleo com uma tenacidade suficientemente elevada para resistir à força da prensa que irá colocar o rolamento no furo da peça.

Os apoios onde serão colocados os pinos serão também construídos num aço de cementação, 16MnCr 5, para novamente garantirem uma dureza superficial que evite o desgaste. Estes apoios ficarão localizados a uma distância inferior a um milímetro da peça para que eventuais deslocamentos da peça sejam compensados. Os pinos possuem a dupla tarefa de localizar os furos da peça ao mesmo tempo que localizam os próprios apoios, pormenor esse visível no desenho de conjunto anexo a este texto.

Finalmente o suporte para o rolamento que será também uma peça em aço de cementação 14 NiCr 14, para que o constante colocar e retirar rolamento não provoque desgaste no componente, alterando as suas dimensões. Este componente terá que ter uma localização precisa pelo que possui um cilindro de posicionamento k6 com furo H7. Este componente terá que ficar perfeitamente alinhado com o centro da peça para que o rolamento seja correctamente colocado, uma vez que a mesa móvel possui apenas um grau de liberdade, a translação segundo o eixo longitudinal.

Todos os componentes, com a óbvia excepção da placa base, são peças de revolução para que o processo de fabrico seja o mais simples e económico possível.

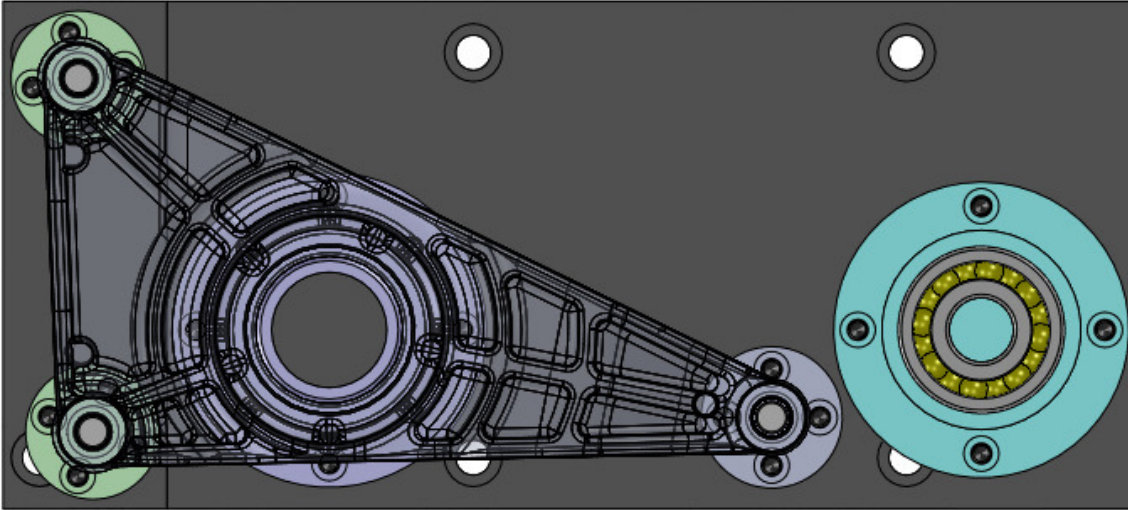


Fig. 21 – Localização dos componentes na placa suporte

3.2 Pick and Place do Rolamento

O *pick and place* do rolamento será feito utilizando uma prensa eléctrica do fornecedor Japonês Janome, tal como a indicada na figura 20⁹. O modelo seleccionado para o efeito tem como referência JPU-1504, indicadora do tipo de prensa, prensa UNIT pela sua solução construtiva e pela sua capacidade prensora, de 15 kN. Esta prensa está equipada com um servomotor eléctrico AC ligado a um fuso de esferas de alta precisão, o que lhe confere uma resolução impressionante, podendo fazer incrementos de posição de 0,001 mm. A prensa tem ainda a capacidade de medir a força que está a aplicar e a posição do curso onde se encontra através de uma célula de carga e de um encoder de posição, respectivamente. Na tabela seguinte são sintetizadas algumas das características mais significativas desta prensa.



Fig. 22 – Prensa eléctrica UNIT

Tabela 5 – Propriedades da prensa eléctrica JPU-1504

Capacidade Prensora	Máxima	15 kN
	Gama	150 N – 15 kN
	Incrementos	1 N
	Força Mínima Sentida	30 N
Curso do Pistão	Máximo	100 mm
	Incrementos	0,001 mm
Velocidade do Pistão	Em Carga	20 mm/s
	Em Aproximação	100 mm/s
	Incrementos	0,01 mm/s
Tempo de Prensagem	Máximo (Carga Máxima)	60 s

⁹ Imagem retirada de www.janome.co.jp

	Gama	0 – 999,9 s
	Incrementos	0,1 s
Repetibilidade		± 0,005 mm
Massa Máxima dos Acessórios no Pistão		15 kg

No pistão de prensagem será acoplado um dispositivo constituído por dois cilindros pneumáticos ADVC 16 25 IP, referência FESTO, de duplo efeito, sendo a sua posição normal com a haste do cilindro em avanço, e por uma ferramenta de pega por contacto. Estes componentes são montados numa placa de alumínio AlCuMg1 com o único propósito de diminuir o peso dos componentes suspensos na prensa eléctrica.

A ferramenta de pega por contacto é constituída por uma árvore cilíndrica na qual são incorporados três parafusos sem cabeça, M5, 03040-05, referência NORELEM, os quais possuem uma esfera em aço numa das extremidades pressionada por uma mola capaz de desenvolver uma força de 20 N. Estes três parafusos estão dispostos num ângulo de 120° de forma a centrarem o rolamento na ferramenta.

O funcionamento deste dispositivo é bastante simples, a mesa móvel posiciona-se para que o alojamento do rolamento na base de apoio fique alinhado com a prensa eléctrica e esta efectua o curso de descida até o rolamento, devido aos parafusos fique preso na ferramenta. Após esta operação a mesa móvel movimenta-se novamente, colocando o rolamento concêntrico com o furo que o irá alojar. A prensa efectua então o seu movimento de descida e prensa o rolamento contra a peça a montar, enquanto que os cilindros pneumáticos são forçados a recuar devido à força exercida pela prensa. Quando o pistão da prensa recua os cilindros pneumáticos forçam a peça contra a base evitando que esta, devido à colagem do rolamento, recolha junto com a ferramenta.

3.3 Selecção da Mesa de Movimentação

A mesa de movimentação por necessitar, durante o processo de montagem, de ter três diferentes posições teria que ser, obrigatoriamente um servo actuador. Após alguma pesquisa por diferentes fabricantes chegou-se à conclusão que um servomotor eléctrico seria a melhor solução, os servo actuadores pneumáticos são raros e os servo hidráulicos são mais destinados a processos que necessitem de grandes forças de actuação. Assim sendo, e tendo como novo requisito a selecção de um componente robusto que suportasse a carga efectuada pela prensa, 15 kN, foi seleccionada uma mesa móvel do fabricante SUHNER, com a referência UA 35 CNC. Trata-se de uma mesa actuada por um servomotor eléctrico que em conjunto com um fuso de esferas faz a movimentação da mesa de trabalho. Possui uma base robusta em ferro fundido, tendo sido também este um dos motivos que levaram à sua selecção.

Na tabela seguinte serão enumeradas algumas das características mais importantes deste mecanismo.

Tabela 6 – Características da mesa móvel

Característica	Valor
Área da Mesa de Trabalho	323 x 163 mm
Curso	480 mm
Precisão de Posicionamento	$\pm 0,01$ mm
Velocidade Máxima de Avanço	25 m/min
Força de Avanço	6000 N

3.4 Projecto do Suporte da Prensa

O suporte da prensa tem como principal função, além do óbvio de suportar fisicamente a prensa, de possuir rigidez suficiente para garantir que durante o processo de prensagem do rolamento contra a peça não existam oscilações da prensa. Assim sendo foi tido como exigência de projecto que o deslocamento máximo da prensa seria de 1,5 μm .

O suporte foi assim analisado pelo método dos deslocamentos:

Matriz de rigidez em referencial global para a barra vertical.

	11	12	13	21	22	23
11	3,85E+09	-1,34E-07	8,09E+08	-3,85E+09	1,34E-07	8,09E+08
12	-1,34E-07	6,05E+09	4,96E-08	1,34E-07	-6,05E+09	4,96E-08
13	8,09E+08	4,96E-08	2,27E+08	-8,09E+08	-4,96E-08	1,13E+08
21	-3,85E+09	1,34E-07	-8,09E+08	3,85E+09	-1,34E-07	-8,09E+08
22	1,34E-07	-6,05E+09	-4,96E-08	-1,34E-07	6,05E+09	-4,96E-08
23	8,09E+08	4,96E-08	1,13E+08	-8,09E+08	-4,96E-08	2,27E+08

Matriz de rigidez para a barra inclinada a 45°.

	21	22	23	31	32	33
21	2,05E+10	8,66E+09	2,21E+09	-2,05E+10	-8,66E+09	2,21E+09
22	8,66E+09	2,05E+10	2,21E+09	-8,66E+09	-2,05E+10	2,21E+09
23	2,21E+09	2,21E+09	4,45E+08	-2,21E+09	-2,21E+09	2,22E+08
31	-2,05E+10	-8,66E+09	-2,21E+09	2,05E+10	8,66E+09	-2,21E+09
32	-8,66E+09	-2,05E+10	-2,21E+09	8,66E+09	2,05E+10	-2,21E+09
33	2,21E+09	2,21E+09	2,22E+08	-2,21E+09	-2,21E+09	4,45E+08

Vector de forças nodais.

11	0
12	0
13	0
21	0
22	0
23	0
31	0
32	14656,65
33	0

Após assemblagem das matrizes de rigidez e da introdução das condições fronteira obteve-se os seguintes deslocamentos para o ponto de aplicação da carga (deslocamentos máximos).

Tabela 7 – Deslocamentos máximos no suporte da prensa

Grau de Liberdade	Deslocamento
Segundo Eixo X	0,0145 mm
Segundo Eixo Y	0,0100 mm

Estes valores de deslocamentos são conseguidos devido à seguinte geometria, um perfil tubular rectangular, com altura 280 mm, com largura 130 mm e espessura de 16 mm, sendo construída uma estrutura em chapa soldada.

3.5 Projecto da Estrutura em Perfil de Alumínio

Para a parte estrutural da célula de montagem foram seleccionados perfis de alumínio extrudidos do fabricante MayTec. São necessários serem seleccionados dois tipos de perfis, um para a parte estrutural e outro para a parte de suporte das placas de protecção. Os perfis são fabricados no alumínio AlMgSi0.5, série 6000, e possuem as seguintes características:

Tabela 8 – Algumas características do alumínio AlMgSi0.5.

Característica	Valor
Tensão de Cedência	200 MPa (mínimo)
Tensão de Ruptura	250 MPa (mínimo)
Módulo de Young	70 GPa
Massa Volúmica	2700 kg/m ³

De forma a garantir uma estrutura robusta foram seleccionados perfis 100x100 mm para a parte suporte da base de forma a suportar a massa do conjunto, 220 kg, e a força de prensagem, 15000 N.

O perfil seleccionado foi o seguinte:

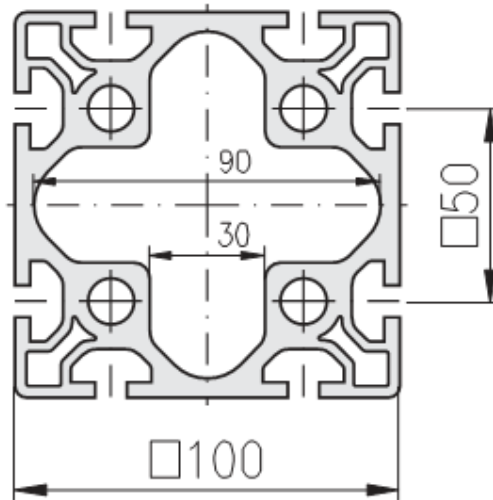


Fig. 23 – Perfil seleccionado para suporte da célula de montagem.¹⁰

E possui as seguintes características geométricas:

¹⁰ Imagem retirada do catálogo do fabricante MayTec.

Tabela 9 – Características do perfil estrutural.

Característica	Valor
Momentos de Inércia, $I_{xx} = I_{yy}$	411 cm ⁴
Módulos de Resistência à Flexão: $W_{xx} = W_{yy}$	82 cm ³
Massa por Unidade de Comprimento	9,7 kg/m

Assim sendo considera-se o peso de todos os componentes como uma carga distribuída ao longo de toda a placa, sendo esta apoiada nos bordos pelos perfis que terão que resistir na sua área de influência, ou seja, metade da carga. Por motivos de simplificação considera-se que a carga da prensa no momento de prensagem será uma carga concentrada na sua posição de actuação, sensivelmente a $\frac{3}{4}$ do comprimento total do perfil que será de 1200 mm. A carga concentrada será absorvida pelos perfis na razão de um terço/dois terços pelos perfis por a mesa se encontrar mais uma vez, sensivelmente nessa posição.

Assim sendo o momento máximo encontrar-se-á na zona onde é aplicada a carga concentrada e possui o valor de, aproximadamente, 3500 N. Com os módulos de resistência à flexão acima indicados retira-se o valor da tensão máxima aplicada no perfil que é de 43 MPa. Verifica-se assim que os perfis escolhidos resistem à solicitação, e fazem-no com uma margem alargada, garantindo assim a rigidez necessária à estabilidade da estrutura.

Para as barreiras de protecção foi seleccionado um perfil de menores dimensões por não se tratar de uma zona solicitada. Assim sendo o perfil seleccionado foi o seguinte:

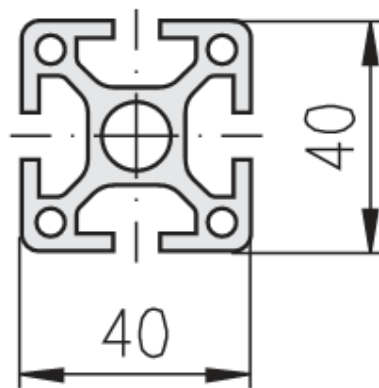


Fig. 24 – Perfil seleccionado para o suporte das barreiras de segurança.¹¹

¹¹ Imagem retirada do catálogo do fabricante.

3.6 Implementação de Medidas de Segurança

De forma a evitar que a integridade física do operário que irá utilizar a célula de montagem seja afectada foram adoptadas algumas medidas de segurança que impeçam o acesso ao interior da célula quando os componentes estão em movimento. Assim sendo a toda a volta da célula foram colocadas barreiras em policarbonato que além de impedirem o acesso aos componentes evitam ainda que algum objecto seja projectado do interior para fora da célula.

Foram ainda colocadas barreiras de segurança óptica Pilz no único acesso desimpedido fisicamente, o local onde o carregamento das peças e dos rolamentos irá acontecer, nas quais quando o feixe óptico é interrompido imediatamente é parado qualquer componente em movimento.

4 Conclusões

Finalizando este relatório, e tratando-se deste trabalho de um projecto é importante referir alguns pontos, tais como a dificuldade inicial na ambientação à pesquisa de componentes e soluções em fabricantes, porque projectar não implica unicamente criar algo de novo, mas também saber utilizar o que de útil existe no mercado.

Como conclusão é ainda importante referir que no dispositivo de aperto foi conseguido otimizar de forma bastante conseguida todo o conjunto, desde a selecção de componentes, que são simples e económicos, aos componentes que terão que ser fabricados, que foram idealizados de forma a serem o mais viável possível. Todos os componentes foram ainda projectados de forma a serem sobredimensionados para que o dispositivo seja o mais durável possível e para que não se verifiquem avarias ou danos por fadiga.

Também a célula de montagem foi projectada de forma robusta para que seja uma estação de trabalho que seja, dentro do possível, isenta de avarias ou danos. Para um componente que terá uma série anual de 40 mil peças seria um sério prejuízo se a maquinaria utilizada no seu fabrico não desempenhasse as suas funções devido a avarias.

4.1 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros há que indicar o que não foi conseguido neste projecto, tal como a construção de uma nova célula de montagem que incorpore as funcionalidades necessárias à montagem de todo o conjunto. Seria ainda importante tentar otimizar todo o projecto, na parte do dispositivo de aperto já poucas alterações haveria a fazer, mas na parte da célula de montagem há ainda bastantes elementos a melhorar.

5 Bibliografia

Catálogos Consultados:

ROEMHELD, Catálogo de Cilindros e Componentes Hidráulicos, 2009

CHIRON, Catálogo da CNC FZ15W, 2009

MAYTEC, Catálogo de Perfis em Alumínio, 2009

SUHNER, Catálogo da Mesa Móvel UA 35 CNC

FESTO, Catálogo de Componentes Pneumáticos, 2009

JANOME, Catálogo de Prensas Electricas, 2009

SMC, Catálogo de Componentes Pneumáticos, 2009

Sites de Fabricantes Consultados:

www.roemheld.com

www.maytec.de

www.festo.com

www.pilz.com

www.kvtkoenig.com

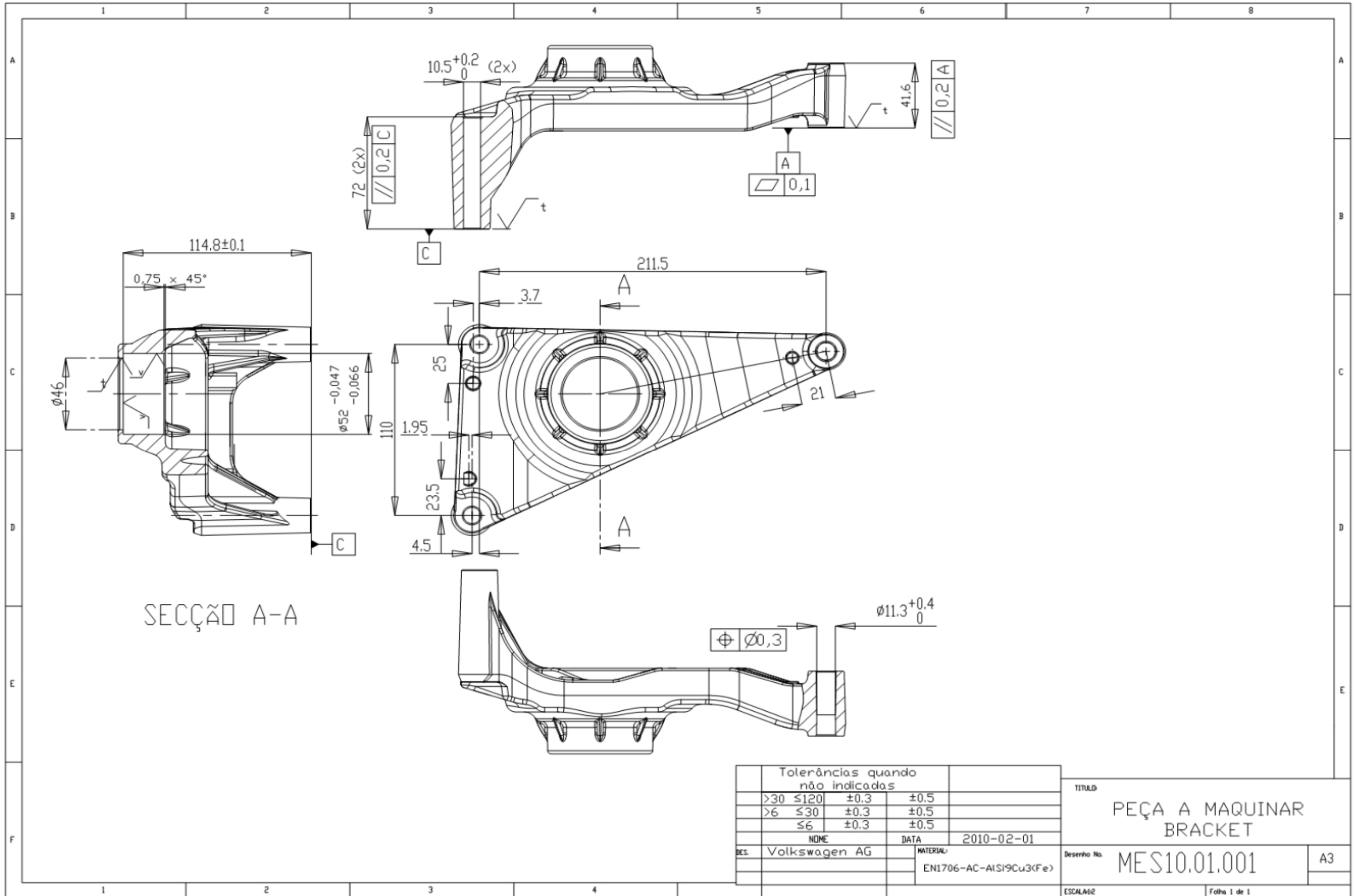
www.federnshop.com

www.loctite.com

www.norelem.de

Todos os *sites* foram verificados no dia 2010-02-01.

ANEXO A – Desenho de Definição da *Bracket*



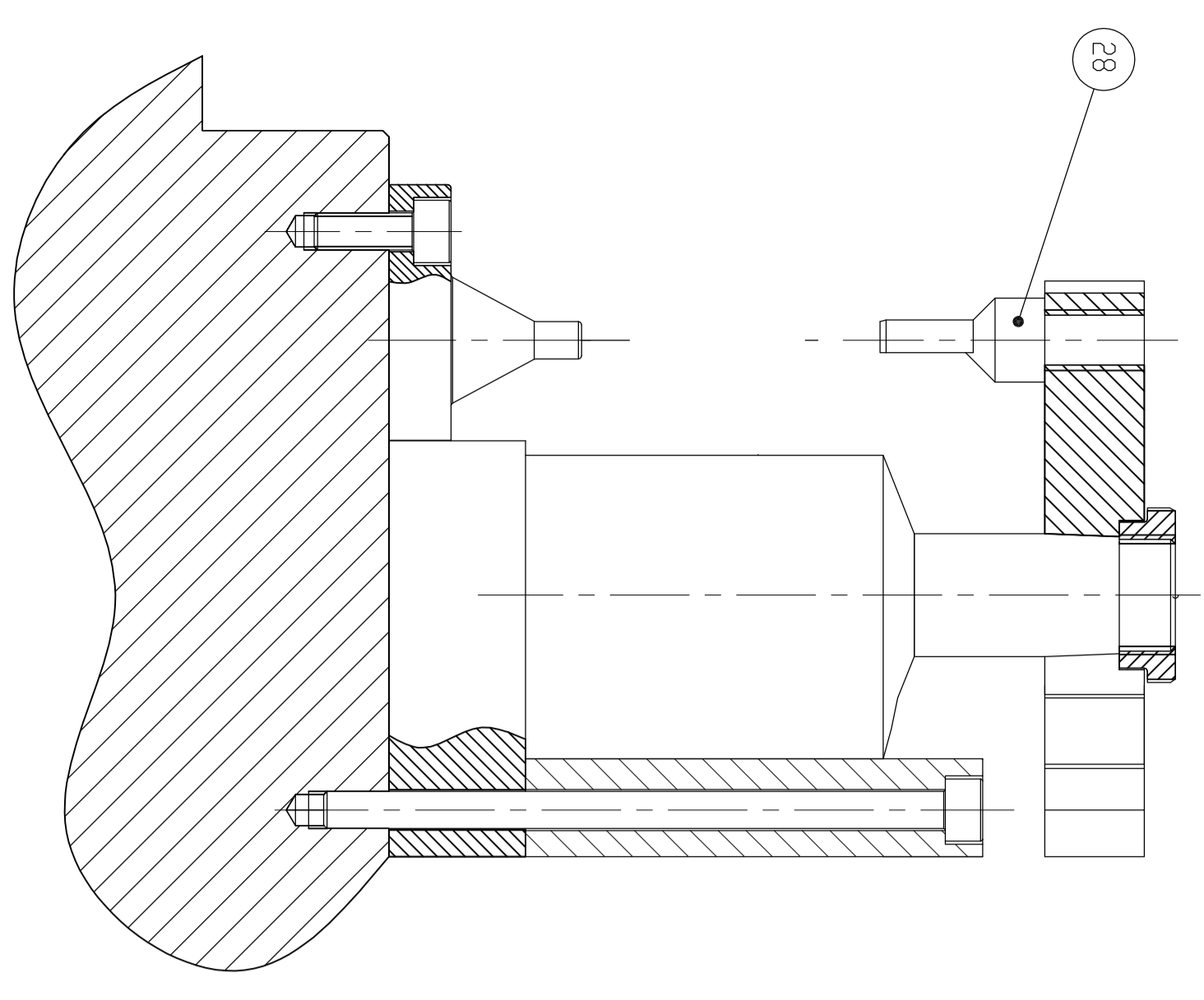
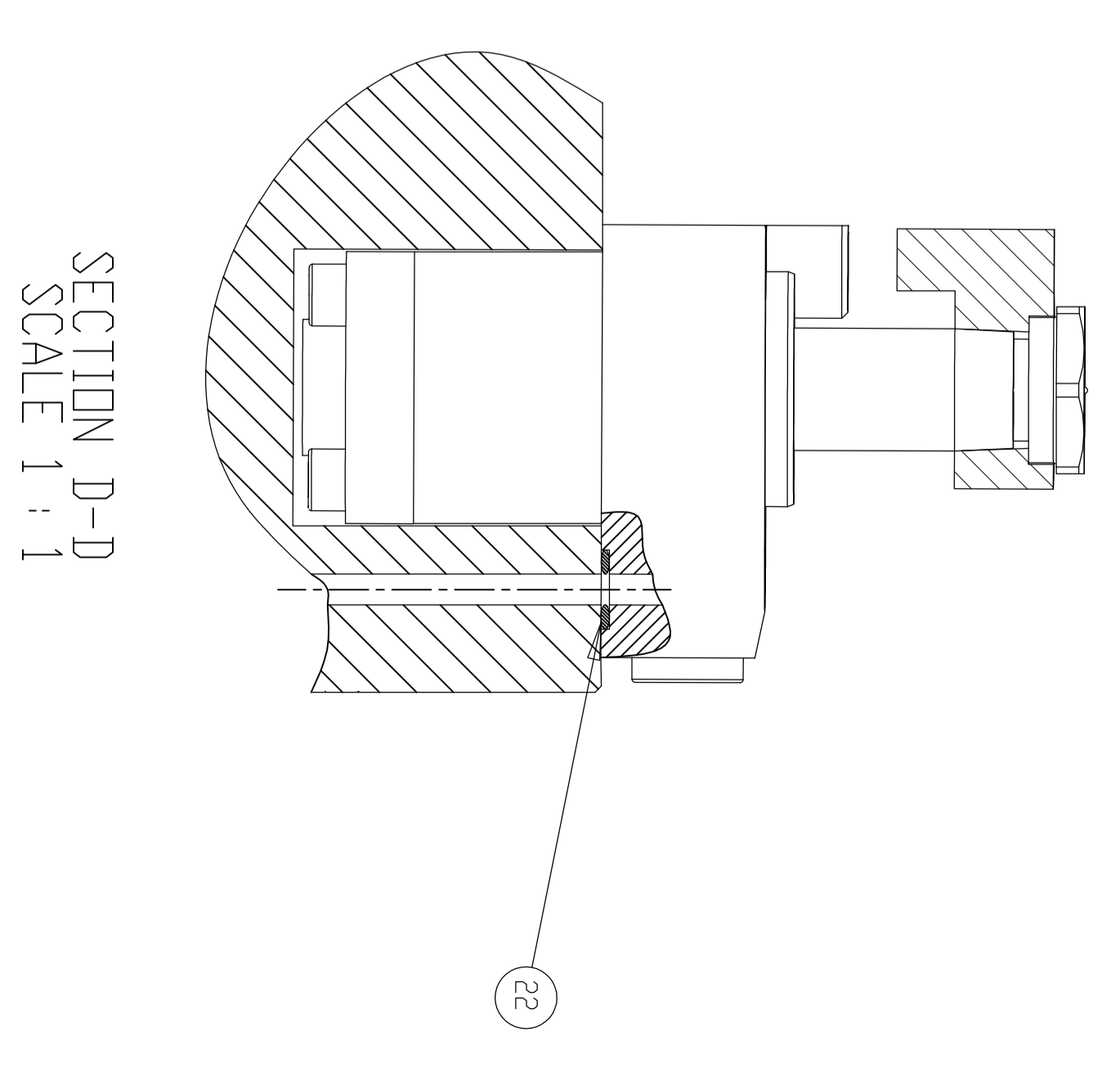
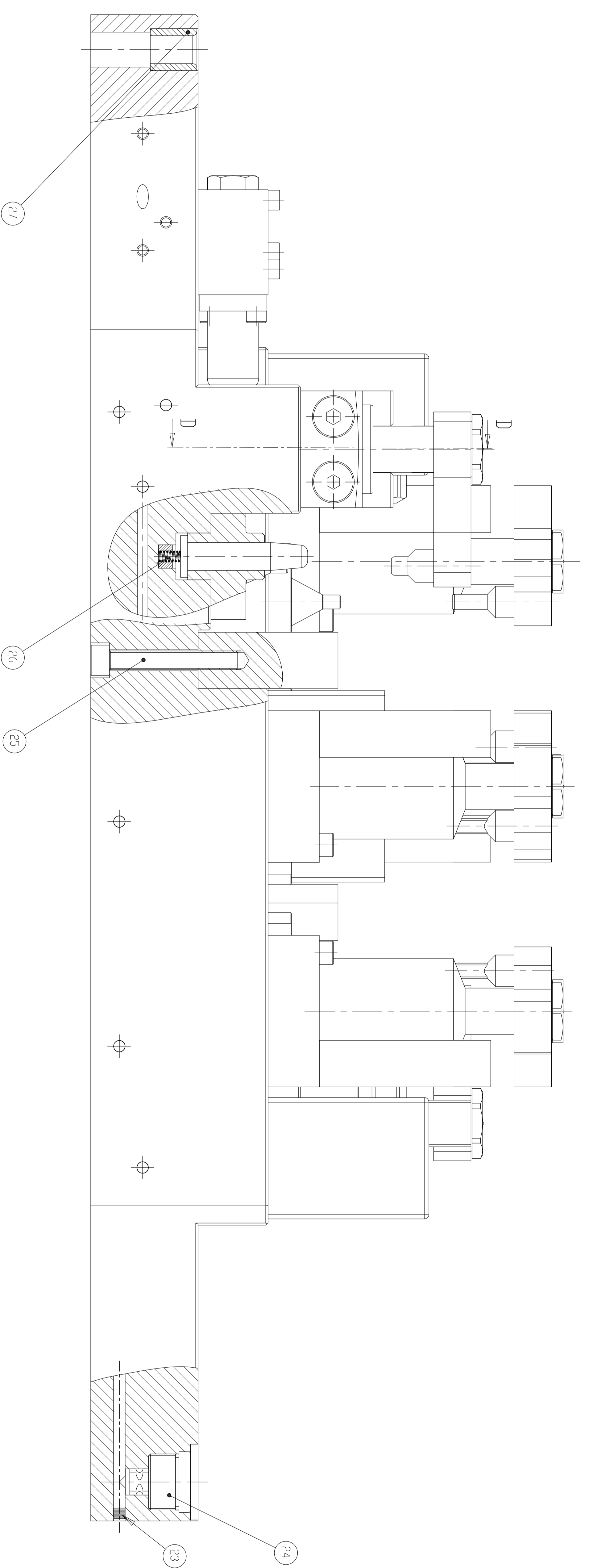
SECÇÃO A-A

Tolerâncias quando não indicadas			
>30	≤120	±0.3	±0.5
>6	≤30	±0.3	±0.5
	≤6	±0.3	±0.5
NOME		DATA	
Volkswagen AG		2010-02-01	
MATERIAL		EN1706-AC-AISI9Cu3(Fe)	

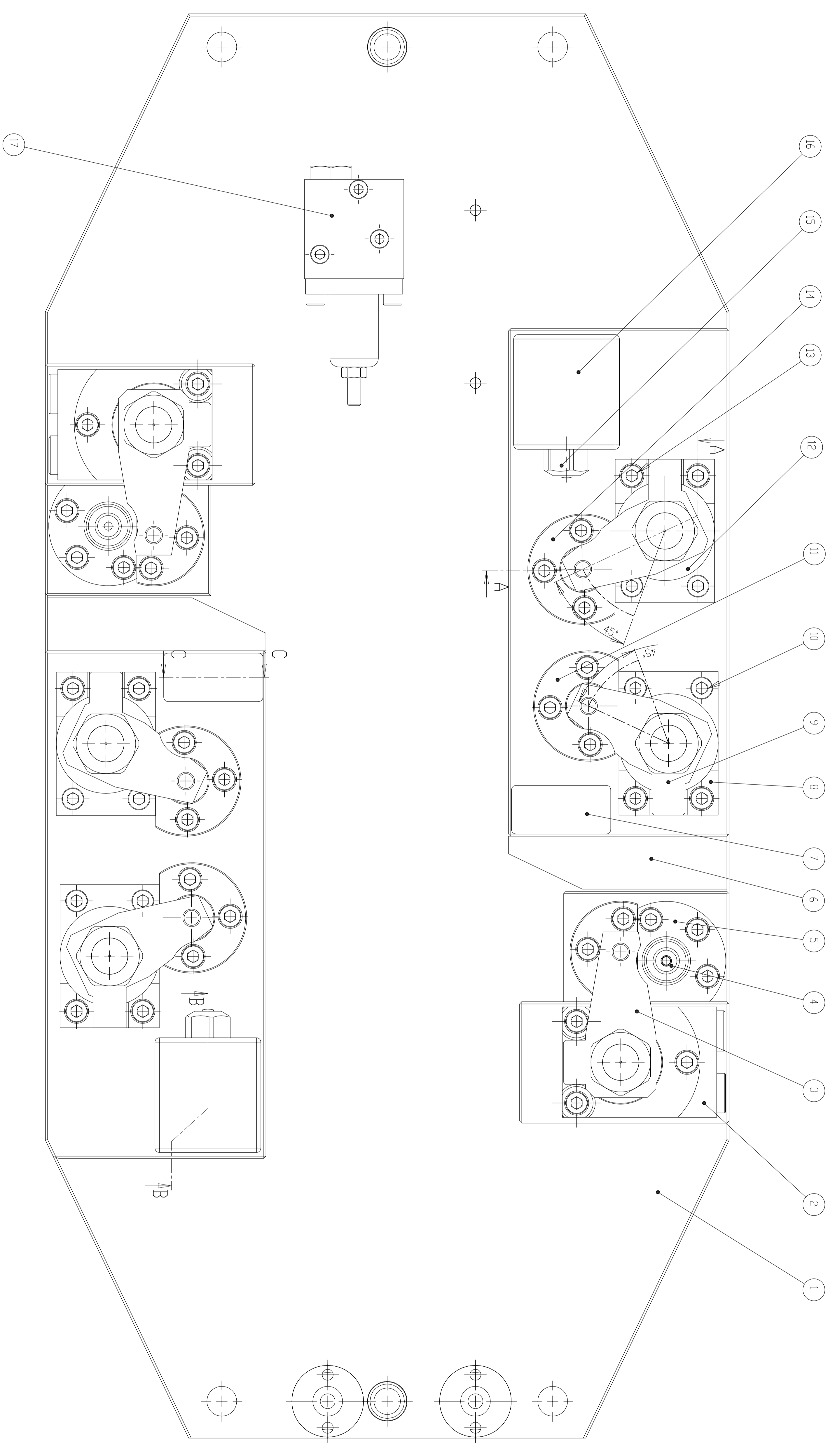
TITULO		PEÇA A MAQUINAR BRACKET	
Desenho No.		MES10.01.001	
ESCALA: 1:2		Folha 1 de 1	
		A3	

ANEXO B – Desenho de Definição da Placa Base

ANEXO C – Desenho de Conjunto do Dispositivo de Aperto

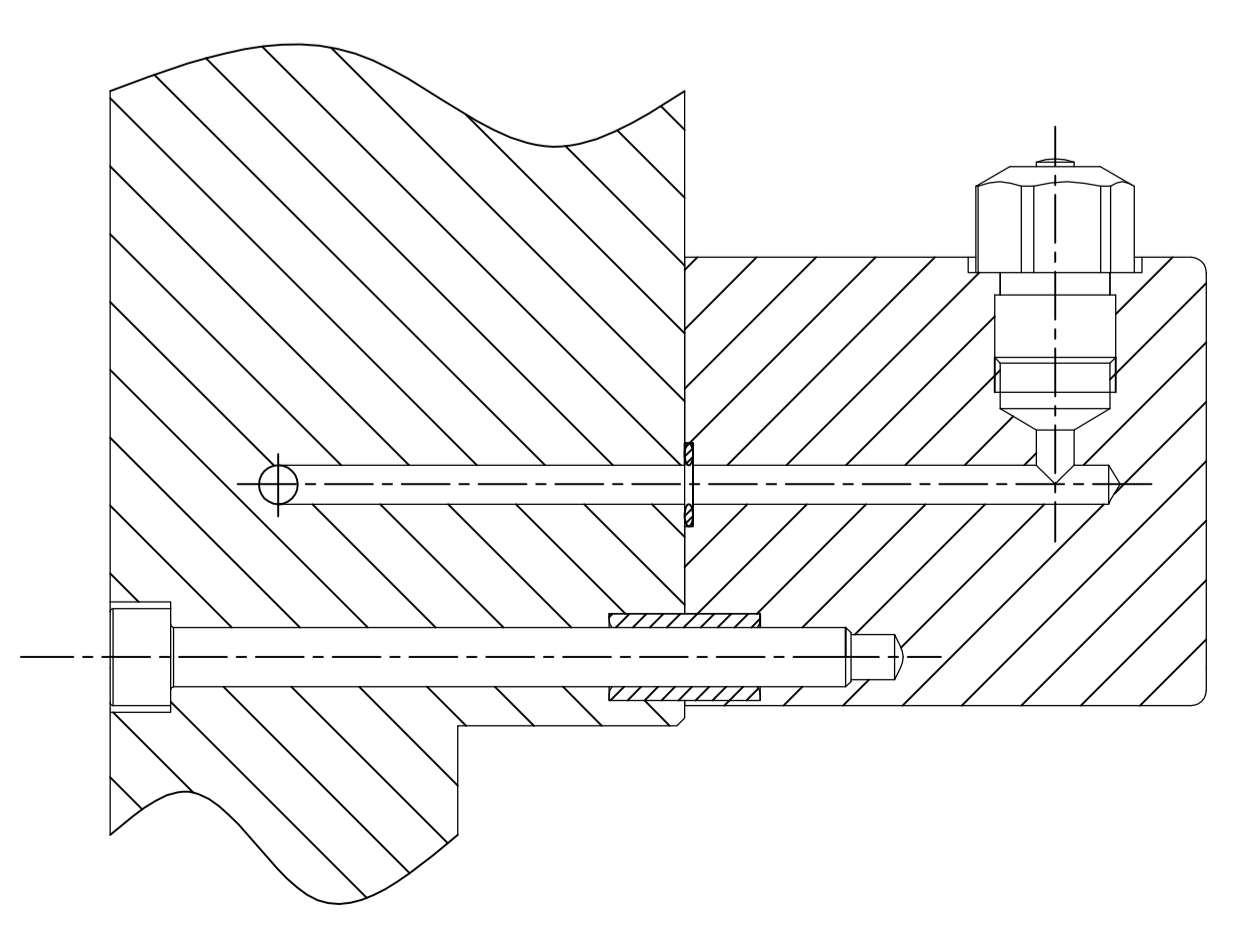
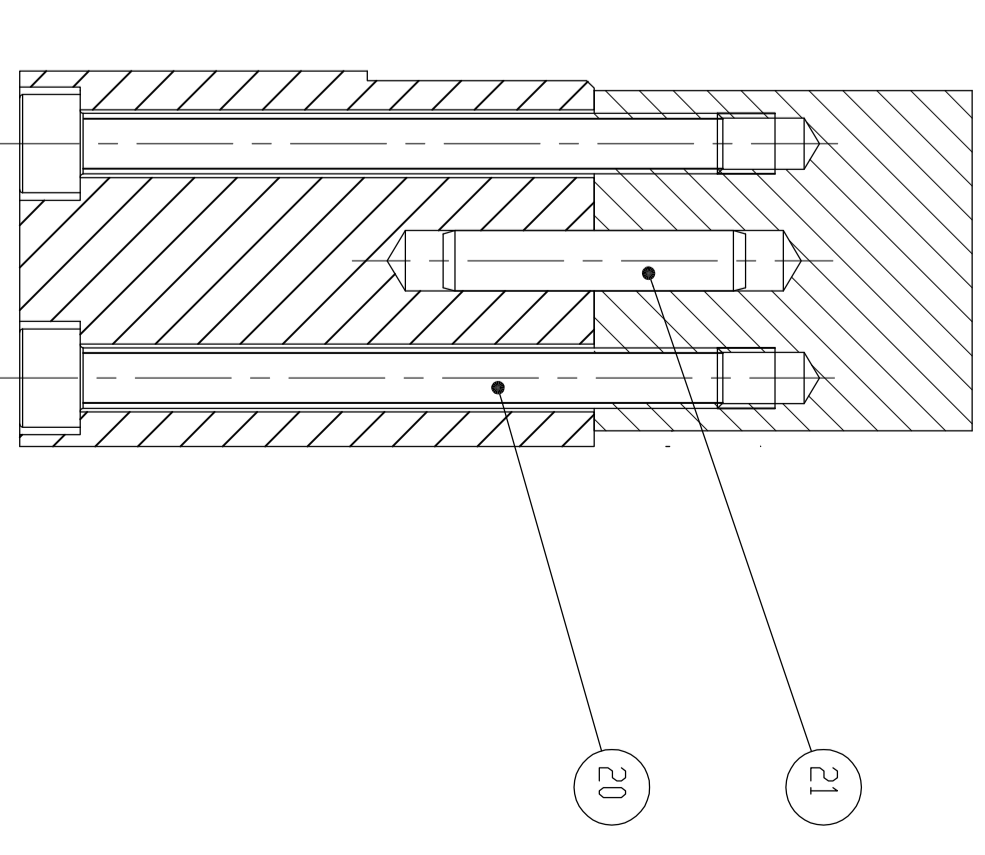


SECTION A-A
SCALE 1:1



SECTION B-B
SCALE 1:1

SECTION C-C
SCALE 1:1



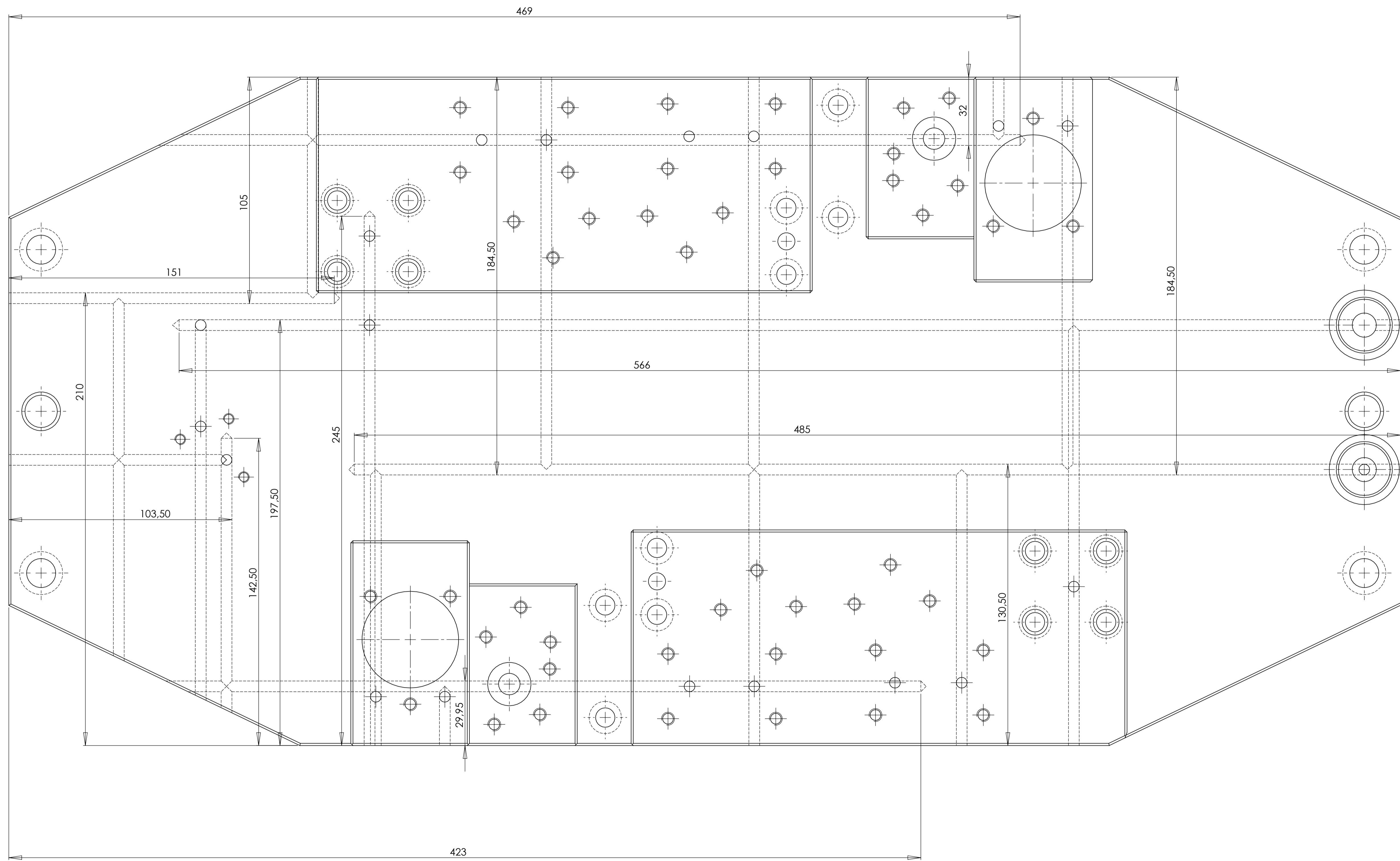
Dispositivo de Aperto			
Listagem de Peças			
Artigo	Designação	Quantidade	Observações
1	Placa Base	1	AlZnMgCu1.5
2	Cilindro ref. 1883-203	2	Roemheld
3	Grampo	2	Ck45
4	Centrador	2	14 NiCr 14
5	Apoio Centrador	2	16 MnCr 5
6	Anti Erro	2	Nylon
7	Apoio Tangencial	2	14 NiCr 14
8	Guiamento	4	14 NiCr 14
9	Grampo Esquerdo	4	Ck45
10	Parafuso	8	ISO 4762 M6x30
11	Apoio Esquerda	2	16 MnCr 5
12	Cilindro		
13	Parafuso	8	ISO 4762 M6x105
14	Apoio Direita	2	16 MnCr 5
15	Cilindro ref. 1893-634	2	Roemheld
16	Cilindro ref. 1431-001	2	Roemheld
17	Válvula de Sequência ref. 2954-440	1	Roemheld
18	Casquilho ref. 08900- A1200x10	8	Norelem
19	Guiamento	4	14 NiCr 14
20	Parafuso	4	ISO 4762 M8x85

21	Pino Cilíndrico	2	ISO 8734 M8x40 St
22	O'ring 8x1,5	12	
23	Taco SK ref. 550-050	17	KVT Koenig
24	Elemento de ligação ref. 0460-735	2	Romheld
25	Parafuso	4	ISO 4762 M8x55
26	Mola	2	
27	Casquilho ref. 08900- A1200x20	2	Norelem
28	Cabeça de grampo	6	14 NiCr 14

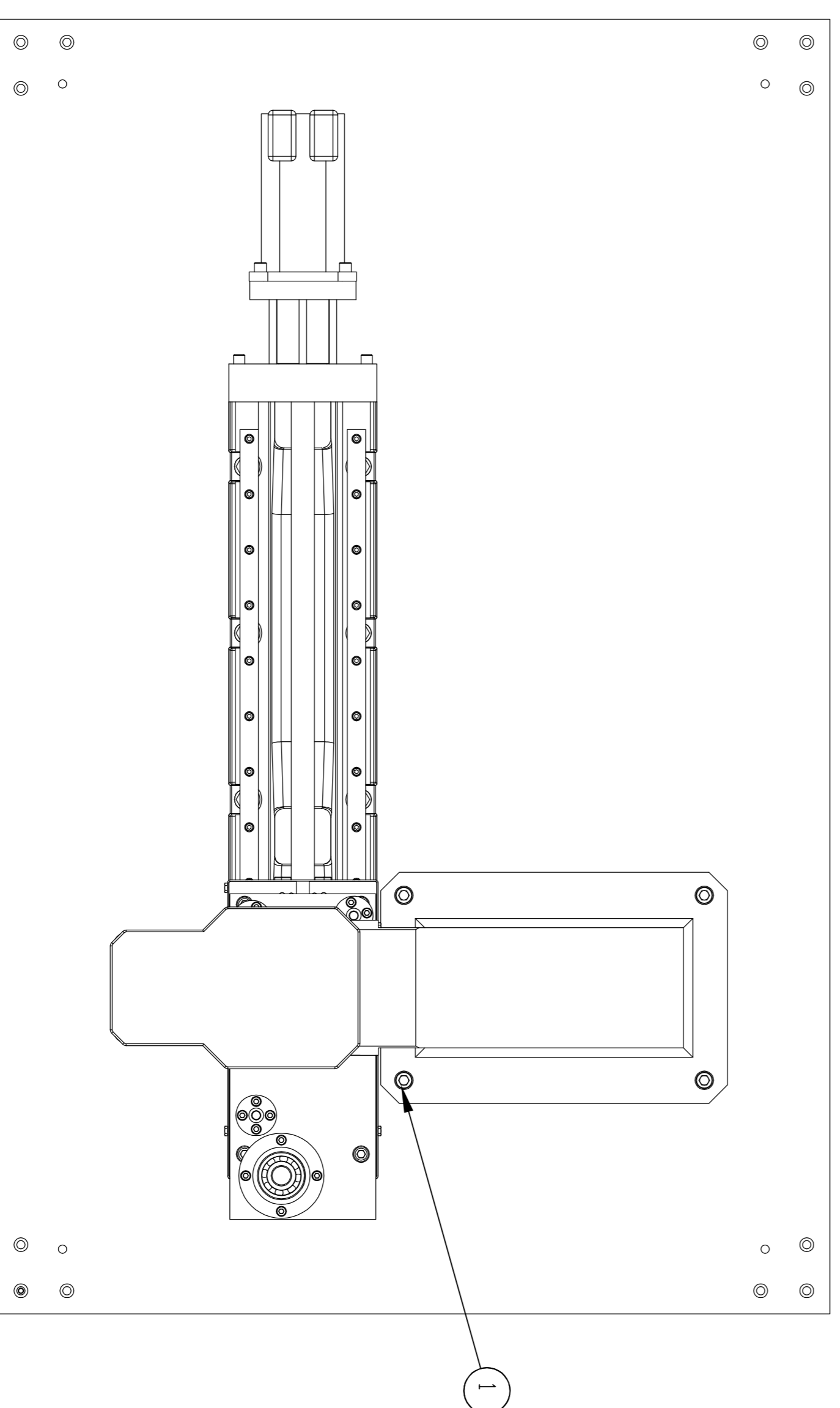
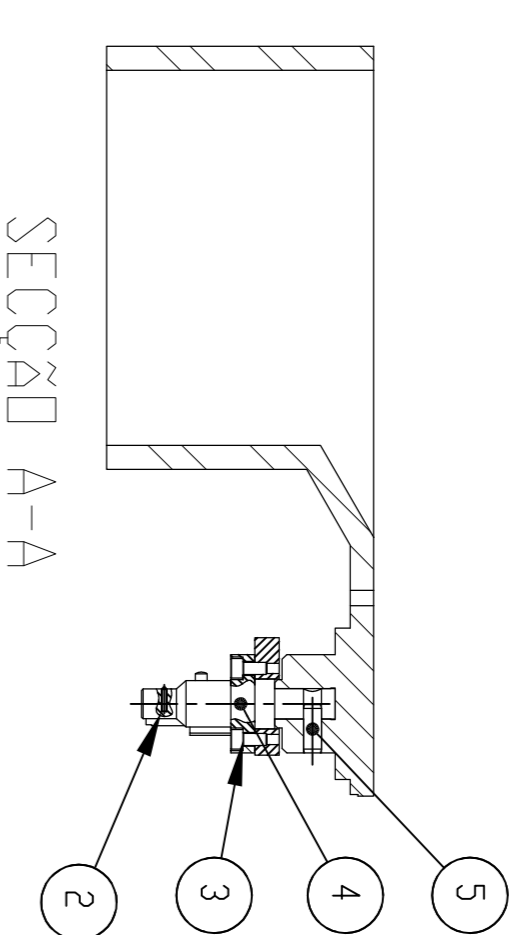
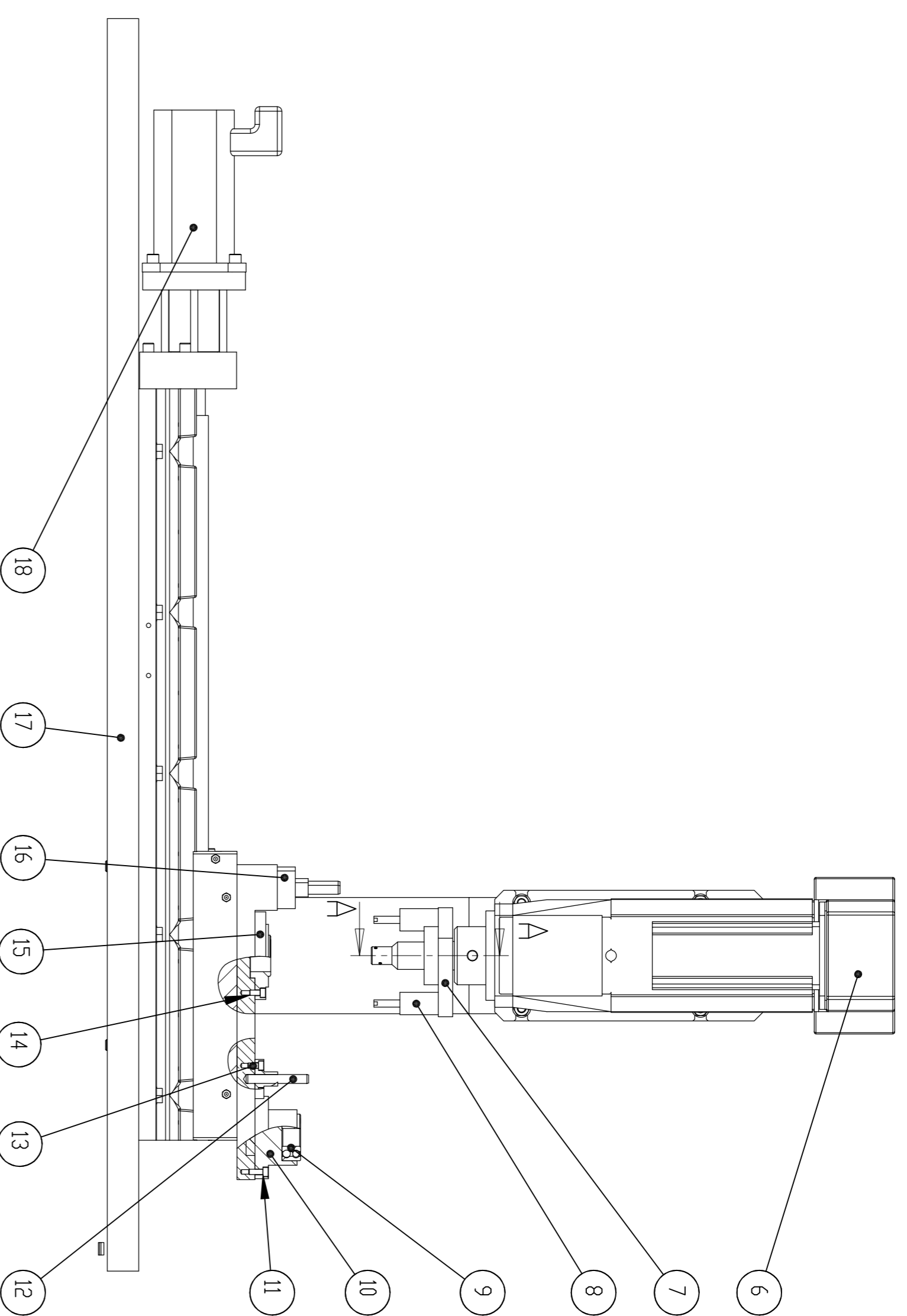
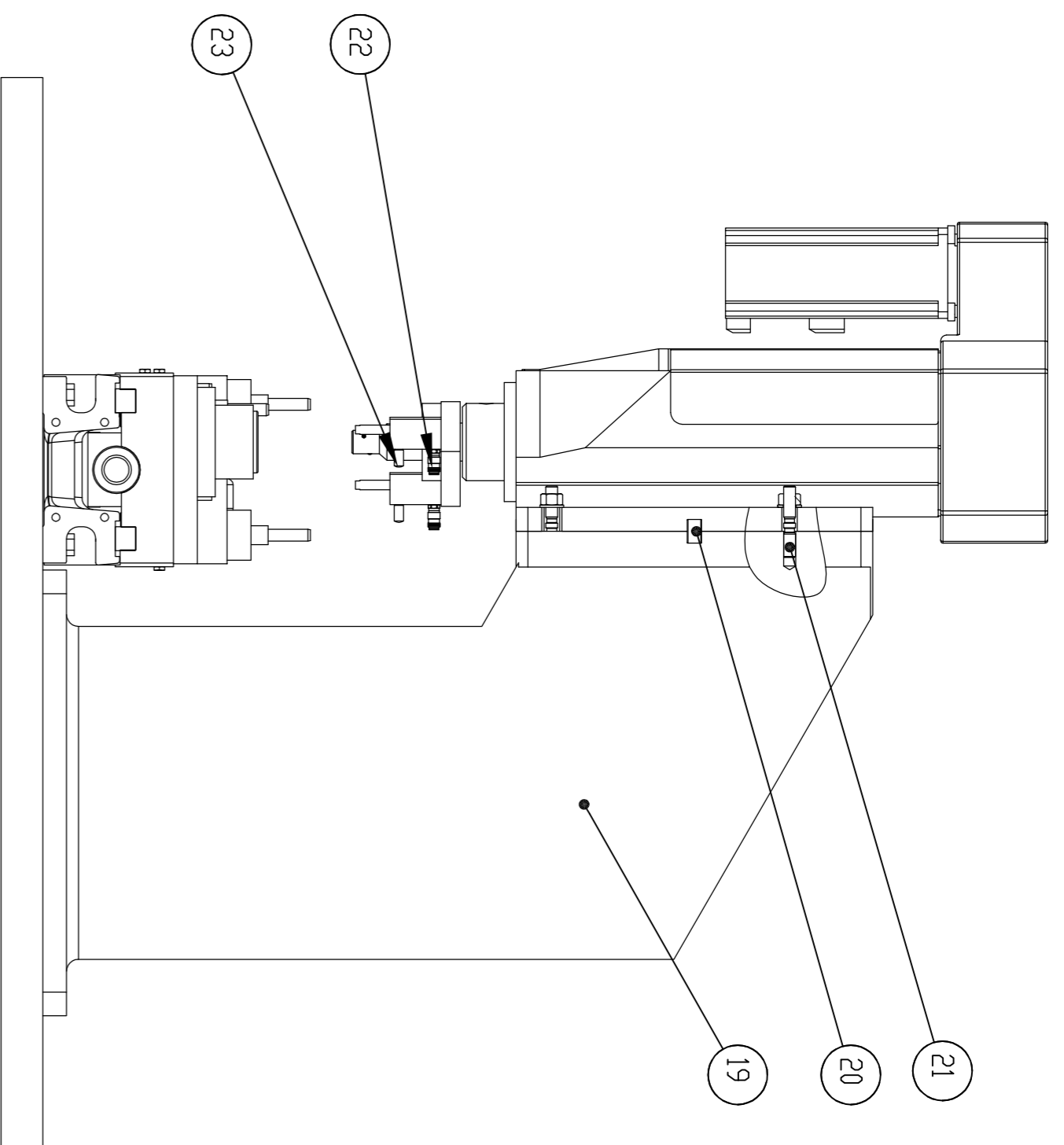
ANEXO D – Desenho de Conjunto da Célula de Montagem

Célula de Montagem			
Listagem de Peças			
Artigo	Designação	Quantidade	Observações
1	Pés ref. 1.44.432100	4	MayTec
2	Conector ref. 1.44.4608040	4	MayTec
3	Base pés ref. 1.47.2100100.0800.1	4	Maytec
4	Parafuso	12	ISO 4762 M8x35
5	Perfil ref. 1.11.100100.83S.60	8	MayTec
6	Tampa ref. 1.42.21012.2	4	MayTec
7	Base	1	AlZnMgCu1.5
8	Perfil ref. 1.11.040040.43SP.60	14	MayTec
9	Tampa ref. 1.42.20303.2	6	Maytec
10	Barreira Luz ref. PSEN op2H-30-075	1	Pilz
11	Placa Policarbonato	8	
12	Ligador Perfis ref. 1.41.71E0110.2.60	20	MayTec
13	Ângulo ref. 1.46.21039	16	MayTec
14	Ângulo ref. 1.46.204.4039.1	12	MayTec
15	Parafuso T ref. 1.34.30EM820	24	Maytec
16	Porca ref. 0.61.DO6923.08	24	MayTec

Base e Prensa			
Listagem de Peças			
Artigo	Designação	Quantidade	Observações
1	Parafuso	4	ISO 4762 M12x45
2	Parafuso com esfera ref. 03040-05	3	NORELEM
3	Parafuso	4	ISO 4762 M8x16
4	Pick Rolamento	1	
5	Pino	1	ISO 8734 12x32 St
6	Prensa ref. JPU-1504	1	JANOME
7	Placa	1	
8	Cilindro Pneumático ref. ADVC 16 25 IP	2	FESTO
9	Rolamento	1	
10	Suporte Rolamento	1	
11	Parafuso	4	ISO 4762 M6x16
12	Pino	3	ISO 8734 10x70 St
13	Parafuso	4	ISO 4762 M6x12
14	Parafuso	4	ISO 4762 M6x16
15	Suporte peça	1	
16	Suporte Pino	3	
17	Base		
18	Mesa ref. UA 35 CNC	1	SUHNER
19	Suporte Prensa	1	
20	Chaveta	1	ISO 2491 20x12x140
21	Pino	4	DIN 940 M10x35
22	Conector Rápido ref. UC M5 165003	2	FESTO
23	Silenciador ref. KD2 M5 A	2	FESTO



NOME		DATA		TÍTULO	
Rui Moreira		2010-02-01		PLACA BASE CIRCUITO HIDRÁULICO	
MATERIAL		MATERIAL		DES. NO.	
AlZnMgCu1.5		AlZnMgCu1.5		MES10.02.002	
ESCALA 1:1		ESCALA 1:1		FOLHA 2 DE 2	
					A1



TÍTULO		PRENSA E BASE	
DES.	RUI MOREIRA	DATA	2010-02-01
REV.		PROJ.	
MATERIAL			
ESCALA		1:1	
N.º DE PROJ.		MES10.03.002	
FOLHA Nº DE 2		2	