

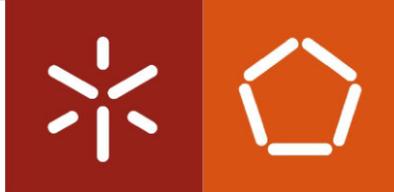


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Edgar Rodrigues Gonçalves

**Estudo e desenvolvimento de um  
equipamento de MetalMarking para  
análise de desgaste em cerâmica**





**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Edgar Rodrigues Gonçalves

**Estudo e desenvolvimento de um  
equipamento de MetalMarking para  
análise de desgaste em cerâmica**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Trabalho Efetuado sob a orientação do

**Professor Doutor João Pedro Mendonça Assunção Silva**

## DECLARAÇÃO

Edgar Rodrigues Gonçalves

Endereço eletrónico: a36817@alunos.uminho.pt Telefone: 934826943

Número do Bilhete de Identidade: 11698722

Título dissertação: Estudo e desenvolvimento de um equipamento de MetalMarking para análise de desgaste em cerâmica

Orientador:

Professor João Pedro Mendonça da Assunção Silva

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado:

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## RESUMO

Numa primeira fase deste relatório, e de forma a colocar o leitor mais por dentro dos elementos de estudo que irão ser abordados, é feita uma breve descrição e explicação do que cada um deles consiste. Nomeadamente são abordadas questões como o fenómeno de *MetalMarking*, tipos de cerâmica, talheres nomeadamente facas de mesa, e durezas do vidro dos pratos e consequências resultantes da simulação de corte da faca.

De seguida, descrever-se-á o equipamento existente na fábrica da Vista Alegre, os problemas associados ao mesmo, como também as suas limitações em práticas laboratoriais. Também serão apresentadas as necessidades pretendidas no equipamento. Serão apresentados estudos para o desenvolvimento de um novo equipamento, tais como: mecanismos de movimento, perfis para estrutura de acoplamento, componentes eletrónicos para controlo de movimentos e entradas-de-dados do operador, e *software* de interface entre o equipamento e o computador.

Após esse estudo, procede-se à projeto de um novo equipamento em modelação 3D, como também os desenhos técnicos devidamente cotados para a produção, de forma a possibilitar o fabrico das peças pretendidas.

Por último é demonstrado todo o processo de fabrico e construção do protótipo desenvolvido na Vista Alegre, bem como a primeira fase de testes, de que se obtivera os resultados para melhoramentos do protótipo.

## **ABSTRACT**

In a first phase of the report, and in order to place the player inside most of the study elements that will be addressed, is a brief description and explanation of what each one is. In particular are addressed issues such as the phenomenon of MetalMarking ceramic types, including cutlery table knives, and hardness of glazed dishes and consequences of knife cutting simulation.

Next, will be described existing equipment factory in Vista Alegre, the problems associated with it, but also its limitations in laboratory practices. Also analyzes the required needs in equipment. Studies are presented for the development of new equipment, such as movement mechanisms for coupling profiles structure, electronic components for controlling movements and data-inputs of the operator and software interfaces between the equipment and the computer.

After this study, proceeds to the design of new equipment 3D modeling, as well as technical drawings properly rated for the production, in order to enable the manufacture of the required parts.

Finally, it is shown the process of manufacture and construction of the prototype developed at Vista Alegre, as well as the first stage tests, it had obtained the results for prototype improvements.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Cerâmica  
Metalmarking  
Desgaste  
Vidrado  
Equipamento  
Produto  
Projeto  
Tecnologias  
Tribómetro

## **KEYWORDS**

Ceramics  
Metalmarking  
Wear  
Glaze  
Equipment  
Product  
Project  
Technologies  
tribometer



## AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação de mestrado contou com importantes apoios e incentivos sem os quais não se teria tornado uma realidade e aos quais estarei eternamente grato:

Ao Professor João Pedro Mendonça da Assunção Silva, pela sua orientação, total apoio, disponibilidade, pelo saber que transmitiu, pelas opiniões e críticas, total colaboração no solucionar de dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização deste trabalho e por todas as palavras de incentivo.

Aos meus amigos do curso, pelo apoio, compressão, companheirismo e paciência para a realização deste sonho.

À minha namorada Catarina Oliveira que, esteve sempre presente, quero-lhe agradecer todo o seu apoio, confiança e compreensão pelo tempo despendido comigo na conclusão deste trabalho.

Por último, tendo consciência que sozinha nada disto teria sido possível, dirijo um agradecimento especial aos meus pais Joaquim Gonçalves e Maria da Luz Gonçalves, por serem modelos de coragem, pelo seu apoio incondicional, incentivo, amizade e principalmente paciência demonstrados e total ajuda na superação dos obstáculos que ao longo desta caminhada foram surgindo. A eles dedico este trabalho!

A todos o meu “muito Obrigado!”

# ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| RESUMO .....  | i    |
| ABSTRACT .....  | ii   |
| PALAVRAS-CHAVE.....   | iii  |
| KEYWORDS .....  | iii  |
| AGRADECIMENTOS.....   | v    |
| ÍNDICE .....  | vi   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                       | viii |
| ABREVIATURAS .....  | x    |
| 1. Introdução.....  | 1    |
| 1.1. Finalidade e Objetivos do Trabalho .....                 | 3    |
| 2. Fenómeno ocorrido pelo metalmarking.....                   | 4    |
| 2.1. Cerâmicas .....  | 4    |
| 2.2. Talheres .....   | 5    |
| 3. Equipamento de <i>Metalmarking</i> existente .....         | 5    |
| 3.1. Limitações do equipamento existente .....                | 6    |
| 3.2. Funcionamento do equipamento existente. ....             | 7    |
| 4. Estudo para o Desenvolvimento de um novo equipamento ..... | 9    |
| 4.1. Estudo dos mecanismos de movimento .....                 | 9    |
| 4.1.1. Fusos de esferas.....                                  | 9    |
| 4.1.2. Guias, rolamentos lineares e chumaceiras.....          | 10   |
| 4.1.3. Esferas transportadoras de movimento .....             | 11   |
| 4.2. Estrutura do equipamento.....                            | 12   |
| 4.3. Estudo dos componentes eletrónicos de controlo .....     | 12   |
| 4.3.1. Motores de passo .....                                 | 12   |
| 4.3.2. Célula de Carga .....                                  | 13   |
| 4.3.3. Fins de curso (micro interruptor) .....                | 14   |
| 4.3.4. Placas controladoras (hardware) .....                  | 14   |
| 4.4. Software de controlo .....                               | 15   |
| 5. Modelação desenho 3D .....                                 | 15   |
| 5.1. Modelação 3D .....                                       | 15   |
| 5.2. Desenho técnico para produção.....                       | 17   |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 6.   | Construção do equipamento .....  | 18 |
| 6.1. | Construção da estrutura .....  | 18 |
| 6.2. | Processo de fabrico de componentes em CNC.....                                 | 19 |
| 6.3. | Aplicação dos movimentos Lineares.....   | 20 |
| 6.4. | Aplicação do sistema de rotação do prato .....                                 | 20 |
| 6.5. | Aplicação do sistema de medição de carga.....                                  | 21 |
| 6.6. | Aplicação sistemas eletrónicos.....  | 21 |
| 6.7. | <i>Software</i> de controlo.....   | 22 |
|      | CONCLUSÕES.....  | 23 |
|      | BIBLIOGRAFIA.....  | 25 |
|      | WEBGRAFIA .....  | 26 |
|      | ANEXO – especificações da célula de carga .....                                | 27 |
|      | ANEXO – ficha técnica do perfil estrutural .....                               | 28 |
|      | ANEXO – ficha técnica do fuso de esferas .....                                 | 30 |
|      | ANEXO – ficha técnica dos apoios das guias lineares .....                      | 33 |
|      | ANEXO – ficha técnica dos rolamentos lineares .....                            | 44 |
|      | ANEXO – ficha técnica das esferas transportadoras .....                        | 54 |
|      | ANEXO – ficha técnica das chumaceiras .....                                    | 64 |
|      | ANEXO – ficha técnica de rotula de ligação entre célula de carga e barras..... | 66 |
|      | ANEXO – ficha técnica guias lineares.....                                      | 68 |
|      | ANEXO – ficha técnica de motores de passo .....                                | 69 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Faca em contacto com o prato .....         | 4  |
| Figura 2 - Faca de mesa.....                          | 5  |
| Figura 3 - Equipamento Existente.....                 | 6  |
| Figura 4 - Força da faca.....                         | 6  |
| Figura 5 - Ângulo da faca.....                        | 7  |
| Figura 6 - Motor, rótulas, biela e haste .....        | 7  |
| Figura 7 - Corpo e Guias lineares.....                | 7  |
| Figura 8 - Porta-facas .....                          | 8  |
| Figura 9 - Fuso de esferas .....                      | 10 |
| Figura 10 - Guias lineares .....                      | 10 |
| Figura 11 - Rolamento Linear .....                    | 10 |
| Figura 12 - Chumaceiras .....                         | 11 |
| Figura 13 - Esferas transportadoras de movimento..... | 11 |
| Figura 14 - Perfil de Alumínio .....                  | 12 |
| Figura 15 - Motor de passo .....                      | 13 |
| Figura 16 - Célula de carga .....                     | 13 |
| Figura 17 – Fim de curso.....                         | 14 |
| Figura 18 - Hardware .....                            | 14 |
| Figura 19 - Software.....                             | 15 |
| Figura 20 - Primeira versão de modelação 3D.....      | 16 |
| Figura 21 - Versão final de Modelação 3D.....         | 16 |
| Figura 22 - Desenhos técnicos .....                   | 17 |
| Figura 23 - Mini-CNC.....                             | 18 |
| Figura 24 - Corte de barras.....                      | 18 |
| Figura 25 - Montagem da estrutura .....               | 19 |
| Figura 26 - Construção de barras .....                | 19 |
| Figura 27 - Montagem de movimentos lineares.....      | 20 |
| Figura 28 - Base de rotação do prato.....             | 20 |
| Figura 29 -Célula de Carga .....                      | 21 |
| Figura 30 - Hardware do equipamento.....              | 21 |
| Figura 31 – Software do equipamento .....             | 22 |



## **ABREVIATURAS**

- CAD* – Computer Aided Design;  
Em Português – *Desenho Assistido por Computador*
- CAM* – Computer Aided Manufacturing;  
Em Português – *Projecto Assistido por Computador*
- CNC* – Computer Numeric Control;  
Em Português – *Controlo Numérico Computadorizado*

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo introdutório é dar ao leitor uma noção do tema que se está a abordar no desenvolvimento deste relatório, bem como dar uma descrição geral do modo estrutural em que foi elaborada esta dissertação.

O que faz uma faca em aço inoxidável, em um prato de jantar cerâmico vidrado é um desenho que, muitas vezes resulta em marcas no fundo do prato, que não são facilmente removidos [1]. Estas marcas são muito semelhantes na aparência às marcas feitas por um lápis em papel. Esses riscos ou marcas muitas das vezes podem serem feitos sem exercer mais força do que normalmente utilizados para escrever ou para cortar alimentos macios. Além disso, a sensibilidade dos esmaltes a ser marcados por uma faca não está de todo relacionada com outras características do esmalte, pois os esmaltes caros de alta qualidade são muitas vezes tão suscetíveis a marcação como os esmaltes mais baratos.

Este fenómeno foi relatado nos anos 80 por Herrison [2]. Observou-se que a marcação está relacionado com a superfície e rugosidade. A presença de Sulfatos ora de impurezas em fornos a gás, são conhecidos por conferir menor brilho e aumentar a rugosidade da superfície, e produzir marcação metálica. No entanto, mesmo superfícies que são lisas e brilhantes a olho nu, podem ter marcas metálicas. Ao microscópio, estes vidrados são vistos como tendo depressões e saliências que têm presas algumas partículas de metal.

A facilidade de marcação por metal varia entre os esmaltes [3]. Os esmaltes sem chumbo são geralmente mais fácil de marcar do que os esmaltes com chumbo; Os esmaltes opacos e foscos são mais fáceis de marcar do que os esmaltes com brilho. A erosão da superfície do esmalte em serviço pode reduzir ainda mais a resistência às marcas por metal [4]. O último efeito é atribuído à exposição de cristais duros, à medida que a superfície de esmalte, é erodida em serviço.

A facilidade de remoção de partículas metálicas por limpeza também varia entre os esmaltes [1]. Os esmaltes que marcam mais facilmente nem sempre são os mais difíceis de limpar. Os esmaltes foscos em particular geralmente marcam mais facilmente, mas são fáceis de limpar.

Um fenómeno relacionado ao *MetalMarking* é a fricção do esmalte. As superfícies do vidrado estão sujeitas a dois tipos de abrasão de superfície e de “arranhões” [5]. Os arranhões

estão confinados às camadas superficiais de um esmalte. Em loiças brancas, eles são normalmente o resultado de o empilhamento de placas [6].

Uma maior pressão sobre a superfície do esmalte pode levar ao esmagamento das superfícies do esmalte [5]. Um padrão em espinha de fissuras é observável no microscópio [7]. Uma vez formadas, estas fendas podem servir como ranhuras de retenção de metal. Deve sublinhar-se no entanto, que as fendas não são necessárias para a adesão de metal ao esmalte.

Os estudos de abrasão de superfície têm mostrado que o material removido na abrasão é reduzido a pó, que adere fortemente ao substrato na vizinhança da abrasão. Este só não pode ser removido com sabão e água [5]. O aquecimento que resulta durante a abrasão pode ser substancial, e induz a ligação das partículas ao substrato.

Têm sido utilizadas várias técnicas para examinar estes fenómenos. Incluem uma bola a rolar submetida a uma pressão crescente [5], um penetrador esférico [7], e um penetrador piramidal em diamante [8].

A *ASTM Subcomissão C21.03* de 1983 e 1984, é relatado o desenvolvimento de um equipamento de *MetalMarking*, com base na ação de uma lâmina de faca a mover alternadamente um número controlado de vezes, em toda a face de uma cerâmica vidrada de um prato de jantar. Devido a dificuldades de aperfeiçoar esta técnica, o método proposto não tem, até à data, resultados conclusivos dos ensaios efetuados.

Neste trabalho desenvolve-se um novo equipamento, melhorado tecnologicamente e com vários parâmetros controlados, de forma, a ter uma maior perceção dos resultados obtidos.

## 1.1.Finalidade e Objetivos do Trabalho

Pretende-se neste trabalho estudar um equipamento de *MetalMarking* já existente na fábrica da Vista Alegre e projetar um novo modelo, mais desenvolvido tecnologicamente, por forma a controlar as variáveis que a empresa necessita.

Proceder-se-á ao estudo do equipamento existente como também às suas limitações para análises laboratoriais, Serão abordados os problemas associados ao desgaste do vidro dos pratos, resultantes da ação dos talheres (principalmente pelas facas).

A elaboração do novo projeto para um equipamento que corresponda às necessidades da empresa Vista Alegre, melhorando assim, a carga que a faca faz sobre o prato, o ângulo da faca em relação ao prato, velocidade do movimento linear (simulação de corte, avanço e recuo), amplitude do corte e também a rotação do prato para se efetuar ensaios em várias zonas localizadas.

O novo projeto incluirá a modelação 3D em CAD de todo o conjunto, o estudo de todos os mecanismos que permitirão efetuar os movimentos necessários, todos os componentes eletrónicos que efetuarão o controlo de movimentos mecânicos e o desenvolvimento do *software* de comunicação entre o operador e computador – máquina, e também a construção do equipamento.

## 2. FENÓMENO OCORRIDO PELO METALMARKING

O fenómeno de *metalmarking* devem-se à transferência de material, dos talheres, principalmente das facas, para o prato, e acontece quando após algum tempo de uso, o vidrado (filme superficial do prato) que é duro e frágil, “rompe” devido à pressão efetuada pelo talher no prato (Figura 1 - Faca em contacto com o prato). Esta rotura deve-se, por um lado à área de contacto ser pequena, logo a pressão local é elevada, e por outro, ao movimento de deslizamento da faca. Uma vez rompida esta camada, as asperidades da faca penetram no material cerâmico, começando a ocorrer desgaste por abrasão.



Figura 1 - Faca em contacto com o prato

### 2.1. Cerâmicas

A composição das cerâmicas são o Feldspato (particularmente os potássicos), Sílica e argila. Além destes três principais componentes, as cerâmicas podem apresentar aditivos para o incremento de seu processamento ou de suas propriedades finais. Após submetida a uma secagem lenta à sombra para retirar a maior parte da água, a peça moldada é submetida a altas temperaturas que lhe atribuem rigidez e resistência mediante a fusão de certos componentes da massa, fixando os esmaltes das superfícies. A cerâmica pode ser uma atividade artística, em que são produzidos artefactos com valor estético, ou uma atividade industrial, através da qual são produzidos artefactos com valor utilitário. De acordo com o material e técnicas utilizadas, classifica-se a cerâmica em [9]:

- **Terracota** - argila cozida no forno, sem ser vidrada, embora, às vezes, seja pintada.
- **Cerâmica vidrada** - o exemplo mais conhecido é o azulejo.

- **Grés** - cerâmica vidrada, às vezes pintada, feita de pasta de quartzo, feldspato, argila e areia.
- **Faiança** - louça fina obtida de pasta porosa cozida a altas temperaturas, envernizada ou revestida de esmalte sobre o qual se pintam motivos decorativo.

## 2.2. Talheres

Os talheres em estudo serão as facas de mesa Figura 2.

As facas são temperadas, que garante maior durabilidade no fio de corte e maior resistência à corrosão, e por sua característica de temperabilidade, não risca as porcelanas.

São feitas de aço inox, mantém suas características originais, preservando a beleza, a higiene e a durabilidade do material.

Acabamento em brilho, com detalhes no cabo.

Própria para uso diário combina com qualquer ambiente.

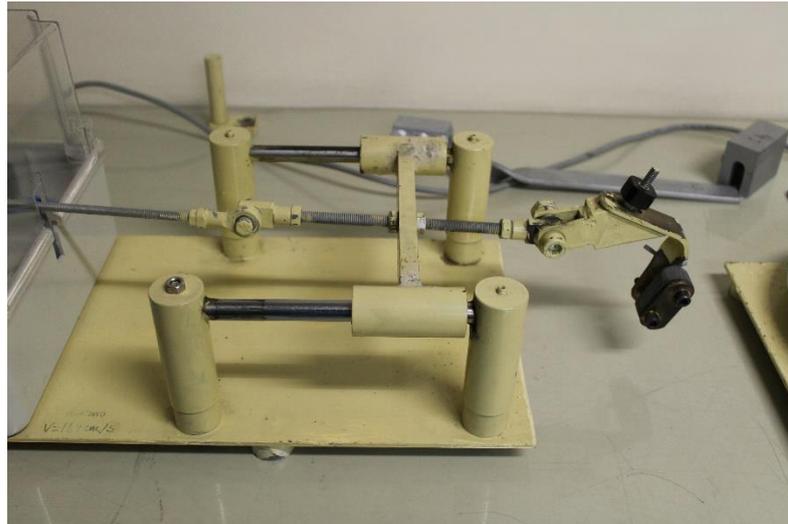
Pode ser lavada diariamente na máquina de lavar louças [10].



Figura 2 - Faca de mesa

## 3. EQUIPAMENTO DE *METALMARKING* EXISTENTE

O equipamento de ensaios existente na Vista Alegre constitui uma solução que apesar de válida pode ser considerada um tanto ou quanto rudimentar e cujos parâmetros de funcionamento são de difícil controlo e sistemas pouco precisos (Figura 3).

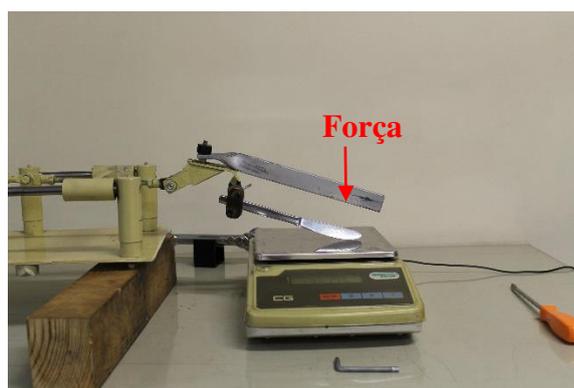


**Figura 3 - Equipamento Existente**

### **3.1.Limitações do equipamento existente**

O equipamento apresenta limitações na aplicação manual da carga que a faca exerce sobre o prato da Figura 4, regulação manual do ângulo da faca em relação ao prato (Figura 5), pela incapacidade de realizar ensaios cíclicos, na variação da amplitude de movimento da faca (comprimento do risco que a faca faz no prato), pela incapacidade de variar a localização do ensaio e porque a velocidade linear do movimento não é controlado.

O equipamento apresenta resultados nos ensaios com valores aproximados e analogicamente.



**Figura 4 - Força da faca**

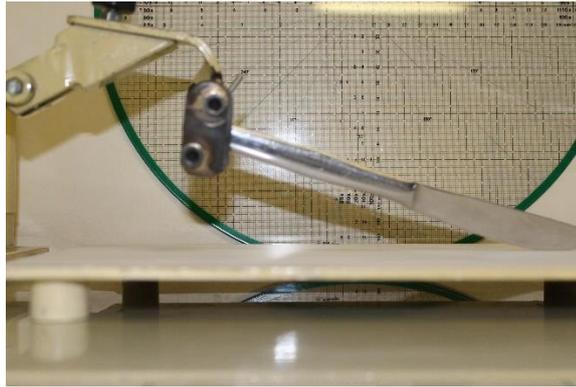


Figura 5 - Ângulo da faca

### 3.2. Funcionamento do equipamento existente.

O funcionamento do equipamento consiste num mecanismo biela-manivela, acionado por um motor de um limpa-para-brisas de um automóvel, transmitindo assim o movimento do motor por ação de uma haste interligada por rótulas de rotação de pequenas dimensões (Figura 6) a um corpo móvel suspenso por duas guias e rolamentos lineares (Figura 7).

Este movimento resulta num deslocamento alternado de amplitude fixa, simulando assim o movimento de corte da faca sobre o prato.

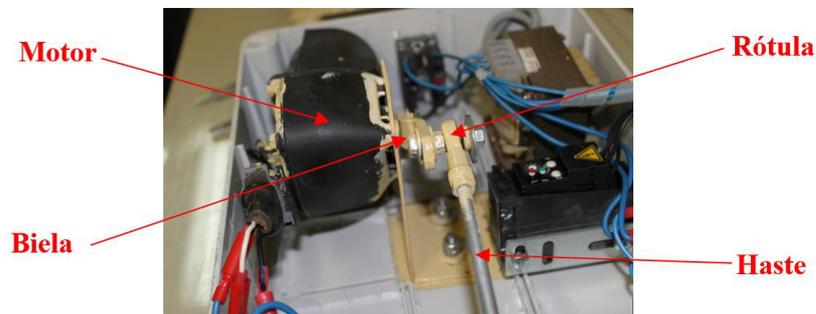


Figura 6 - Motor, rótulas, biela e haste

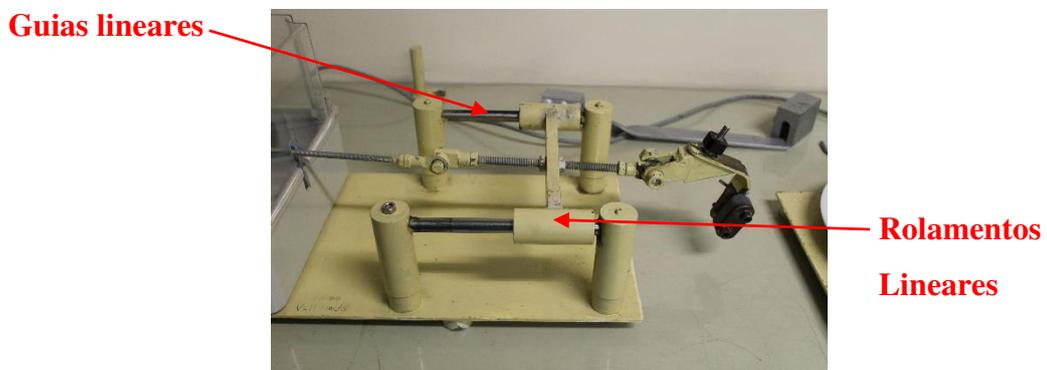


Figura 7 - Corpo e Guias lineares

O movimento biela-manivela permite que o corpo efetue o avanço e recuo guiado, orientando assim a faca numa trajetória pretendida,

Na extremidade da haste existe um porta - faca que permite reajustar manualmente o ângulo da faca, permitindo assim fixar a mesma e aplicar pesos para se obter aproximadamente a carga pretendida (Figura 8).



Figura 8 - Porta-facas

## **4. ESTUDO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO EQUIPAMENTO**

Com base na necessidade da Vista Alegre em dispor de um equipamento mais adequado nos resultados obtidos dos ensaios, consideraram assim os seguintes aspectos a melhorar e a acrescentar; pretende-se:

- Aplicação da carga automaticamente;
  1. Reajustamento da carga ao longo do ensaio, permitindo assim uma carga uniforme quando existe irregularidades no fundo do prato.
- Permitir fixar várias gamas de pratos ou travessas;
- Reajuste automático do ângulo que a faca faz com o prato;
- Permitir alterar a amplitude de movimento automaticamente (comprimento do risco);
- Permitir rodar o prato automaticamente para se efetuar vários ensaios em diferentes zonas;
- Permitir a fixação de uma vasta gama de facas;

### **4.1. Estudo dos mecanismos de movimento**

Para o desenvolvimento do novo projeto, foi necessário estudar tipos de mecanismos necessários para os movimentos pretendidos, guias lineares e rolamentos.

#### **4.1.1. Fusos de esferas**

Para o movimento oscilatório (simulação de corte) da faca com variação de amplitude de movimento foi necessário a aplicação de um fuso de esferas (Figura 9).

No fuso de esferas o posicionamento é precisa, o binário e a potência do motor necessários para acionar uma aplicação são muito menores.

Dependendo do projeto e da tecnologia, a eficiência dos fusos de esferas é maior que 80%, a taxa de desgaste é minimizada, e a vida útil é muito maior que a de fusos deslizantes tradicionais.



**Figura 9 - Fuso de esferas**

#### **4.1.2. Guias, rolamentos lineares e chumaceiras**

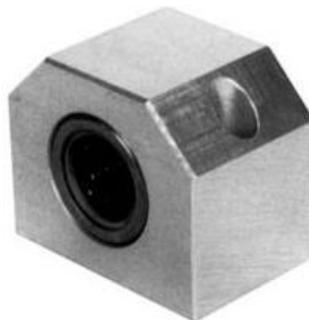
As guias lineares permitem um movimento de translação preciso, o diâmetro com tolerância que a guia tem elimina as folgas do conjunto e aumenta a sua exatidão, o revestimento em cromoníquel diminui o atrito de deslizamento, obtendo-se resultados mecânicos de alta fiabilidade (Figura 10).



**Figura 10 - Guias lineares**

O rolamento linear de esferas (também chamado bucha de esferas ou guia de eixo) é composto por uma gaiola de polímero com segmentos de pista feitos de aço temperado para guiar conjuntos de esferas dentro do sistema completo.

As esferas recirculantes fornecem deslocamento ilimitado em movimento de baixo atrito (Figura 11) [11].



**Figura 11 - Rolamento Linear**

As chumaceiras, juntamente com os rolamentos adequados, constituem unidades económicas, respondem aos requisitos de projetos de fácil manutenção e aplicação (Figura 12).



Figura 12 - Chumaceiras

#### 4.1.3. Esferas transportadoras de movimento

As esferas transportadoras de movimento (Figura 13) permitem o transporte, a rotação e a manipulação de cargas soltas com o mínimo de esforço. Mostram-se excelentes como elementos em sistemas de elevação, conduções, em máquinas de precisão e dispositivos de embalagem [12].

- Fácil deslizamento
- Rolamento preciso e capacidade de carga máxima em todas as posições de montagem
- Montagem e desmontagem simples
- Velocidade de deslocamento até 2m/s em todas as versões

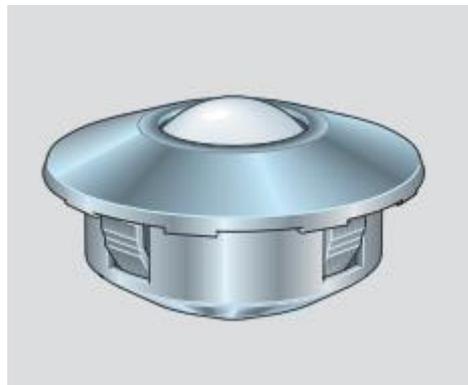


Figura 13 - Esferas transportadoras de movimento

## 4.2. Estrutura do equipamento

Para a construção da estrutura do equipamento laboratorial pretendido foi utilizado um perfil de alumínio. Estes perfis são de fácil aplicação e rápida montagem como também de fácil moldagem às necessidades pretendidas (Figura 14).

Os perfis de alumínio podem ser utilizados em múltiplas combinações no fabrico de máquinas, dispositivos e estruturas.

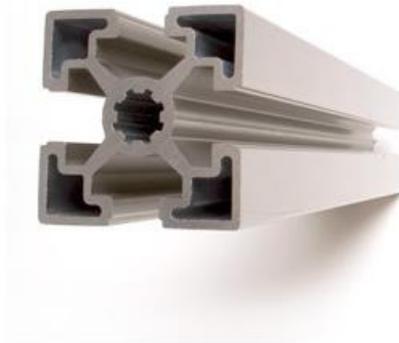


Figura 14 - Perfil de Alumínio

## 4.3. Estudo dos componentes eletrónicos de controlo

Para o controlo de todos os mecanismos de movimento foi necessário estudar os componentes de atuação do movimento (motores), fins-de-curso, célula de carga e placas controladoras.

### 4.3.1. Motores de passo

Um motor de passo é um tipo de motor elétrico usado quando algo que tem de ser posicionado muito precisamente ou rodado em um ângulo exato.

Neste tipo de motor a rotação do balancete é controlado por uma série de campos eletromagnéticos que são ativados e desativados eletronicamente.

Os motores de passo, são classificados pelo binário que produzem [13]. Sendo estes motores os mais adequados para o controlo dos movimentos pretendidos no equipamento em estudo (Figura 15).

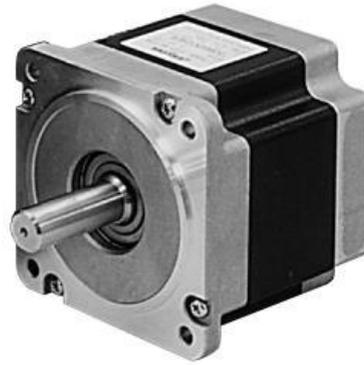


Figura 15 - Motor de passo

### 4.3.2. Célula de Carga

A célula de carga é um transdutor de força. A força é medida de forma indireta, normalmente relacionando-a com a resposta de algum material à aplicação de carga (mudança de pressão, deformação, etc.). É muito utilizada por ser muito precisa e ser muito versátil em relação ao tamanho das cargas aplicadas.

As células de carga variam muito dependendo de suas aplicações. As características importantes de uma célula de carga são o modo de operação ( tensão e/ou compressão), o ambiente no qual ela pode operar, o intervalo de forças que mede, a precisão e a sobrecarga. O intervalo de forças normalmente é dado em kN [14].

A célula de carga permite medir a força/reação que a faca faz sobre o prato (Figura 16) [15].

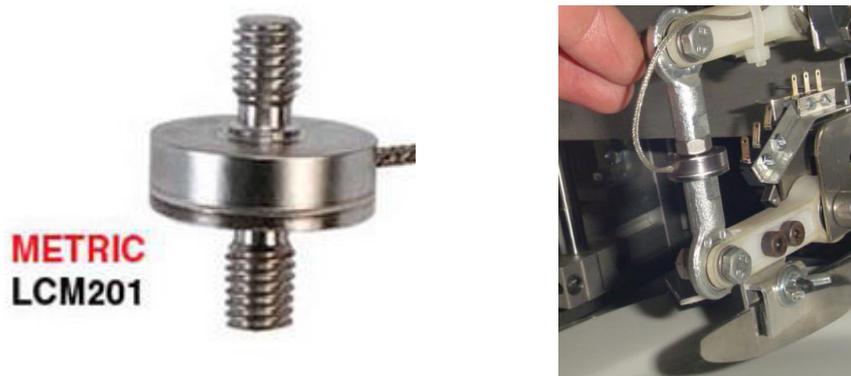


Figura 16 - Célula de carga

### 4.3.3. Fins de curso (micro interruptor)

Um fim de curso é básico e de baixas dimensões, projetado para tarefas difíceis e áreas de contato. O fim de curso proporciona um preciso controlo na ativação e desativação de circuitos elétricos, fazendo assim toda a limitação de controlo de movimentos máxima no equipamento (Figura 17).



Figura 17 – Fim de curso

### 4.3.4. Placas controladoras (hardware)

Para o controlo de movimentos e movimento de todos os mecanismos foram desenvolvidas as placas eletrónicas controladoras, sendo composto por uma placa de *arduino* (placa mãe) e uma placa de controladora para os motores de passo. Têm como dados de entrada nas placas, a célula de carga e fins de curso (Figura 18).

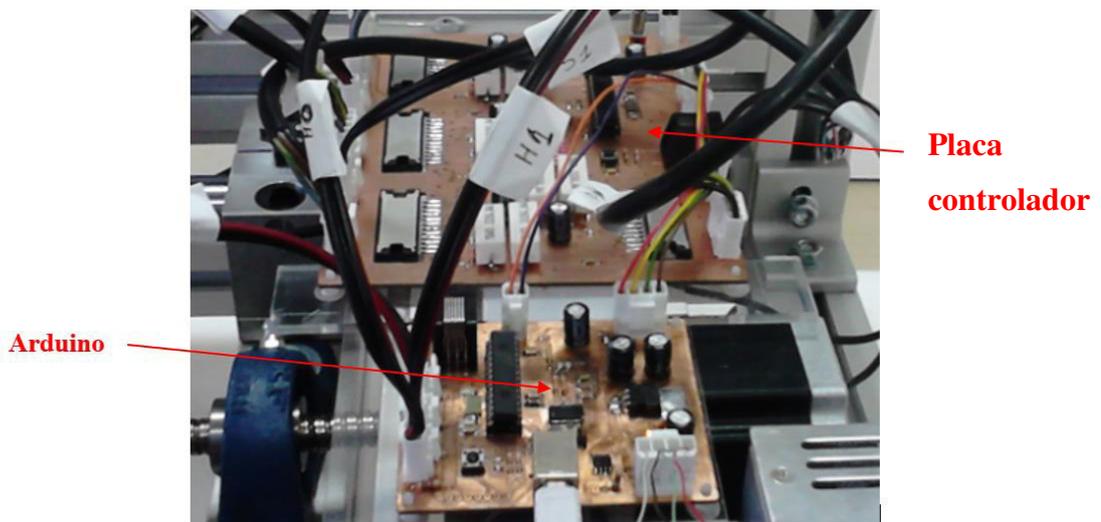


Figura 18 - Hardware

#### 4.4. Software de controlo

As placas controladoras são controladas a partir de um *software* instalado no PC, este *software* permite editar os dados para ensaio, tais como a carga, ângulo da faca, amplitude (comprimento do risco), número de simulação de corte e número de ensaios (Figura 19).



Figura 19 - Software

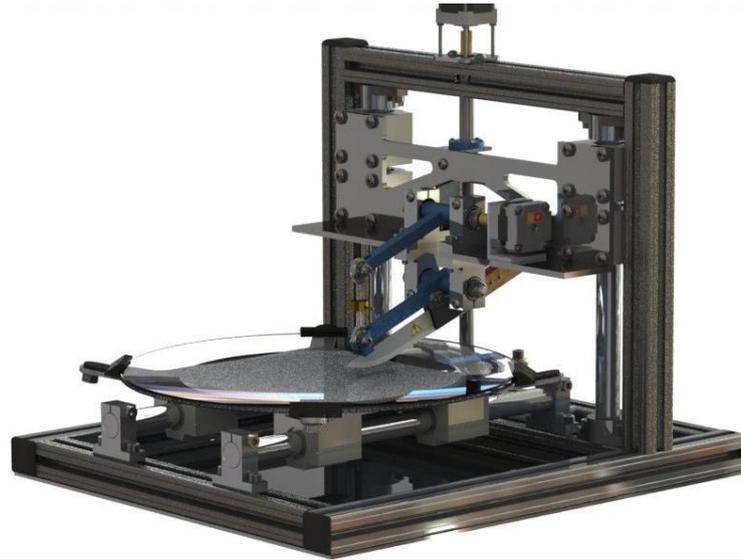
## 5. MODELAÇÃO DESENHO 3D

Após um longo estudo de componentes mecânicos, tipos de mecanismos, materiais estruturais, componentes eletrónicos e *software* de controlo, foi iniciado a modelação 3D e planos de fabrico para a produção em desenho técnico.

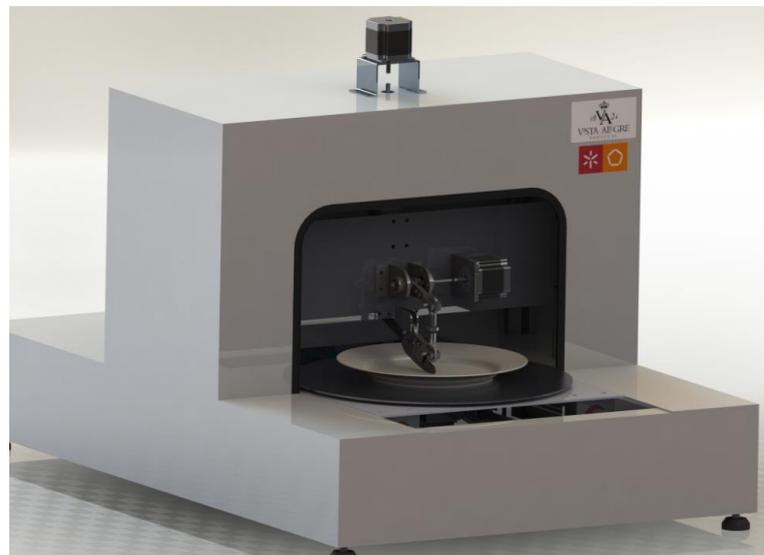
### 5.1. Modelação 3D

Na modelação 3D, existiram duas versões até à versão final. Foi desenvolvido inicialmente em pormenor o mecanismo de leitura de carga e o pormenor de rotação da faca para definir o ângulo que a faca faz com o prato (Figura 20).

Posteriormente foi desenvolvido o desenho de modelação final com todos os aspetos a ter em conta: atravacamento, sistema de amarração de pratos para várias gamas, rotação do prato para ensaios em várias zonas do parto, acoplamento dos componentes eletrónicos, ergonomia e etc. (Figura 21)



**Figura 20 - Primeira versão de modelação 3D**



**Figura 21 - Versão final de Modelação 3D**

## 5.2. Desenho técnico para produção

Para a construção do equipamento foi necessário a criação dos desenhos técnicos para a produção, de forma a solicitar subcontratação de serviços e acompanhamento de dimensões na execução de peças (Figura 22).

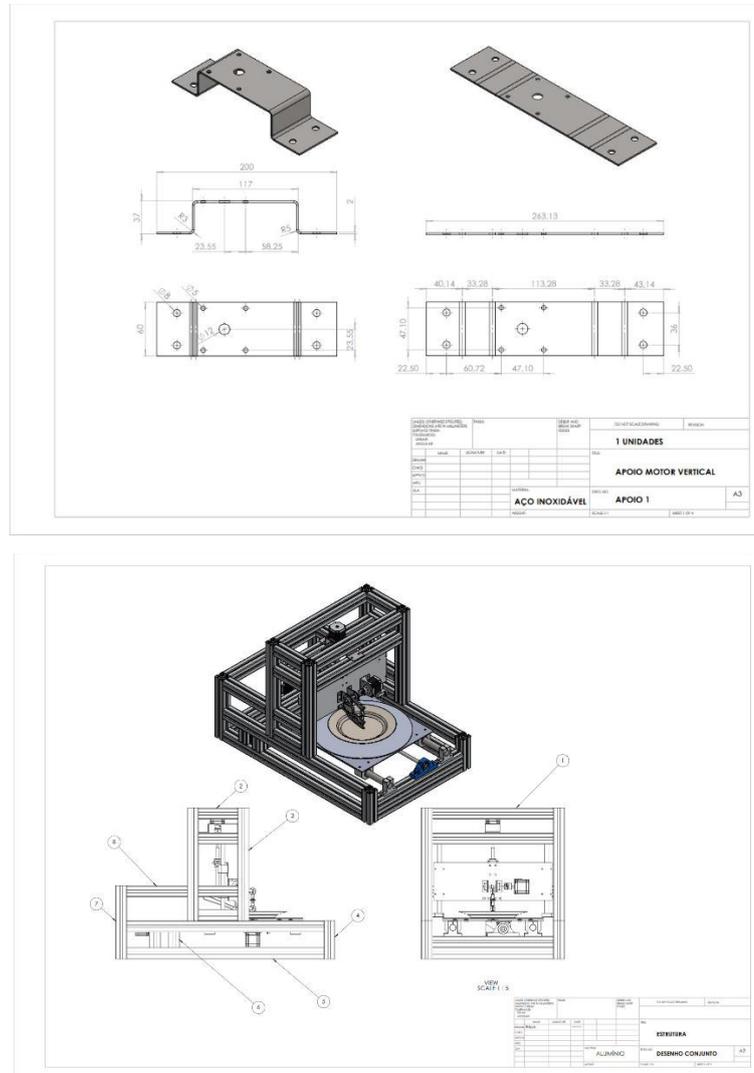


Figura 22 - Desenhos técnicos

## 6. CONSTRUÇÃO DO EQUIPAMENTO

Após todo o trabalho de estudo análises e modelação do equipamento procedeu-se à construção do mesmo. A construção decorreu nas oficinas da Vista Alegre num período de aproximando de dois meses no ano de 2013.

As oficinas dispunham de um torno convencional horizontal, uma pequena fresadora convencional servindo também de engenho de furar, e ferramentas de pequenas dimensões (berbequim, rebarbadora e etc.), para e execução de peças de precisão recorreu-se a uma mini-CNC na qual foi um projeto desenvolvido por mim a título pessoal (Figura 23).



Figura 23 - Mini-CNC

### 6.1. Construção da estrutura

Após a aquisição das barras de perfil de alumínio procedeu-se ao corte das mesmas, (Figura 24) com as dimensões indicadas no projeto e à montagem estrutural do equipamento (Figura 25).



Figura 24 - Corte de barras



Figura 25 - Montagem da estrutura

## 6.2. Processo de fabrico de componentes em CNC

Para o fabrico das barras de movimento angular da faca, foi necessário construir duas barras de geometria de contorno diferentes mas de concentricidade de apoios igual. A matéria-prima para o fabrico das barras foi o *nylon*, material de fácil modelação (maquinagem).

O seu fabrico foi efetuado usando de uma fresadora CNC (Figura 26), que foi programada após a modelação *SoliWorks* usando *Solidcam*; a fresadora consegue movimentos em 3 eixos, (x,y e z).



Figura 26 - Construção de barras

### 6.3. Aplicação dos movimentos Lineares

Com a construção da estrutura procedeu-se à montagem dos apoios de guias lineares, rolamentos lineares, guias lineares, chumaceiras e fusos de esferas (Figura 27).

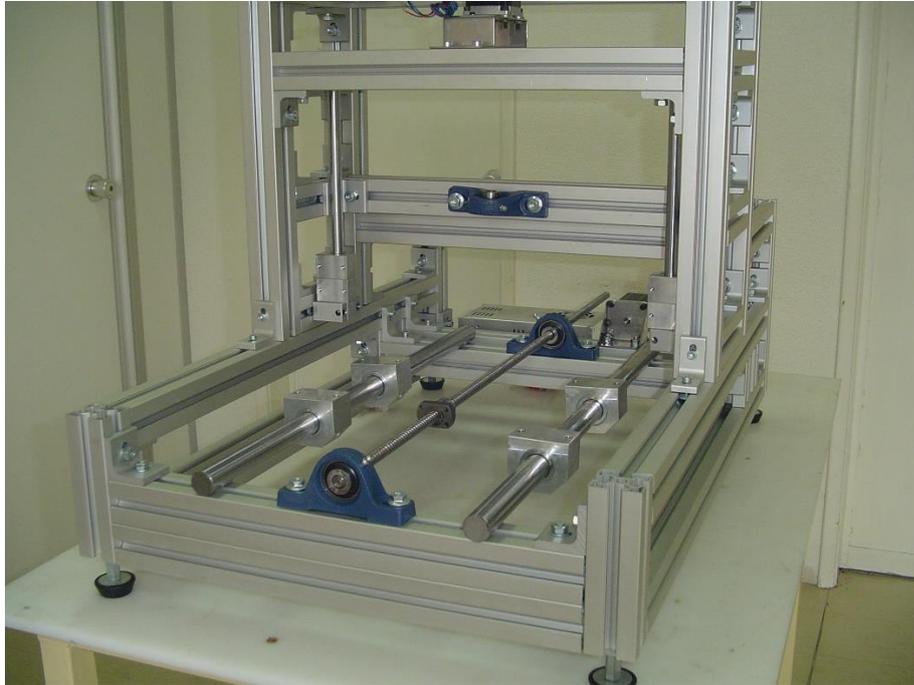


Figura 27 - Montagem de movimentos lineares

### 6.4. Aplicação do sistema de rotação do prato

No mecanismo que permite a rotação do prato, foram colocadas as várias esferas de movimento para reduzir o atrito entre as duas superfícies. Foi também colocado o veio central de ligação ao motor de passo para transmissão de movimento de rotação (Figura 28).

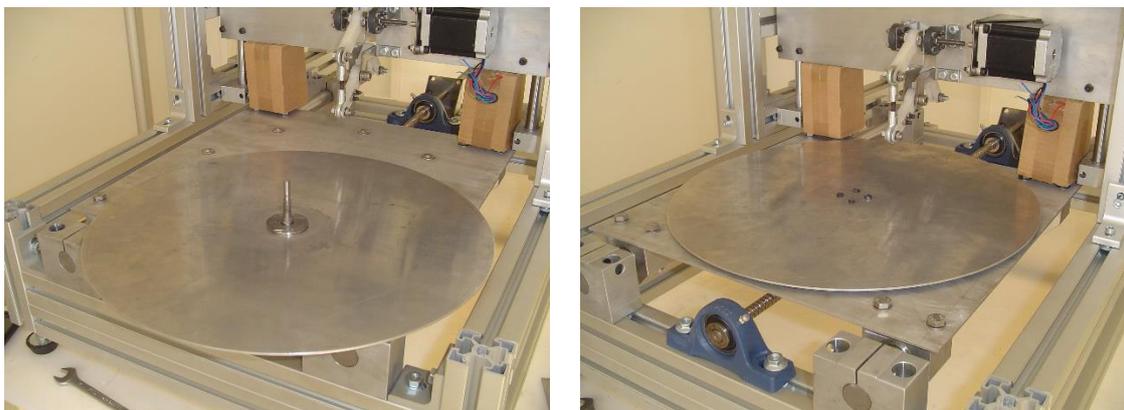


Figura 28 - Base de rotação do prato

## 6.5. Aplicação do sistema de medição de carga

Para a medição da carga efetuada pela faca sobre o prato foi utilizada uma célula de carga, que converte uma força em sinal digital,

A célula de carga selecionada (Figura 29) permite fazer leituras de esforços em compressão e tração com valores compreendidos de 0 a 100 N.

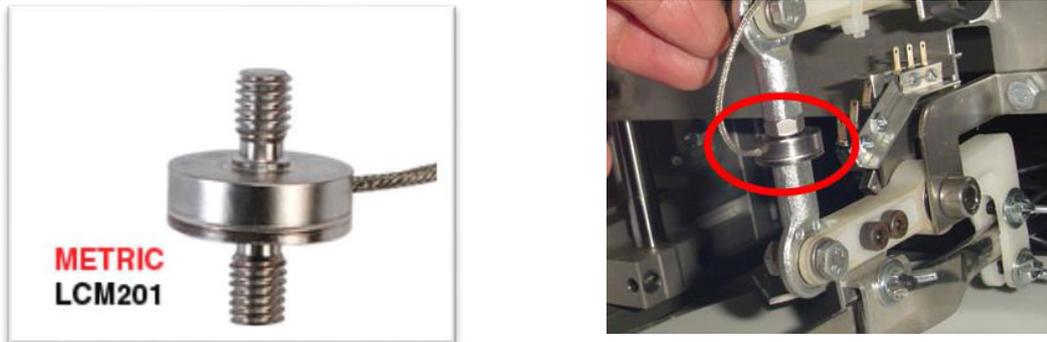


Figura 29 -Célula de Carga

## 6.6. Aplicação sistemas eletrónicos

Juntamente com um grupo de alunos do curso de Engenharia Eletrónica, foi possível construir todo o *Hardware* para o equipamento (Figura 30), é constituído por um Arduino e uma Placa-de-Drives.

Ao Hardware estão ligados todos os motores de passo, célula de carga, fins-de-curso, ligação do cabo USB para interface com o PC e portas de rede (RJ45) para programação dos Circuitos-Integrados.

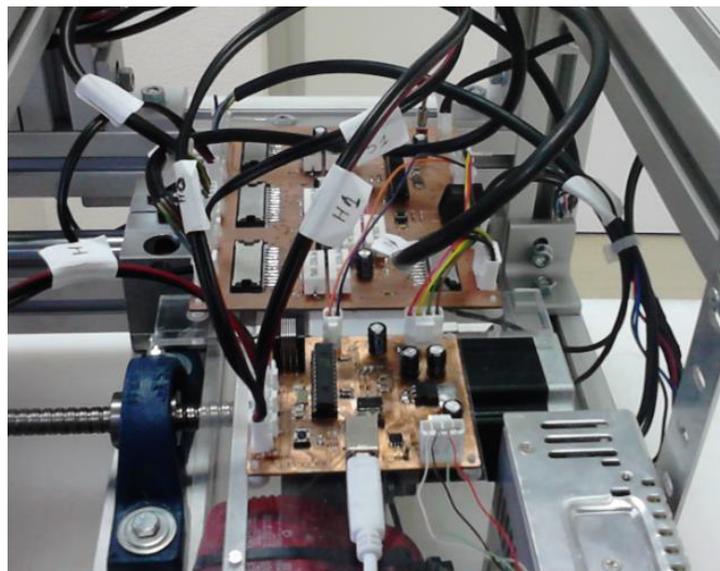


Figura 30 - Hardware do equipamento

## 6.7. Software de controlo

Foi desenvolvido um *software* para definir o tipo de ensaio como também as variáveis em causa (Figura 31), tais como:

- Ângulo da faca
- Carga pretendida (kg)
- Comprimento do risco da faca (depende do tipo de prato)
- Número de passagens
- Número de testes
- Rotação do parto (ainda não definido no *software*)



Figura 31 – Software do equipamento

## CONCLUSÕES

Foi obtido no final deste projeto um equipamento de *MetalMarking* à medida do que era solicitado pela Vista Alegre, este equipamento é mais evoluído tecnologicamente, permitindo ensaios de maior precisão.

Com a rotação do prato é possível efetuar vários ensaios em zonas de contacto diferentes. O ângulo que a faca faz com o prato é controlado eletronicamente. A aplicação da célula de carga, permite a leitura da força que a faca faz com o prato. O movimento de simulação de corte acionado por um motor de passo num fuso de esferas, permite uma variação da amplitude para ensaios com vários pratos de dimensões diferentes.

Como melhoramentos, o protótipo necessita de aumentar a velocidade de simulação de corte, eliminar folgas existentes no mecanismo de angulação da faca, melhoramento na programação para os movimentos (velocidades) dos motores de passo, aplicação das blindagens em todo o protótipo e na ergonomia melhorar a fixação da faca e do prato.

Como projetos futuros é proposto o desenvolvimento de um *software* com base de dados para os registos dos ensaios efetuados e parâmetros pré-estabelecidos.

Este projeto possibilitou-me a aquisição de novas valências a nível profissional. Nomeadamente no campo da produção / maquinaria e projeto conceptual, onde o envolvimento direto com o processo produtivo desde a sua fase inicial até à final, permitiu adquirir conhecimentos numa componente mais prática, que acabou por complementar a vertente mais teórica adquirida ao longo do percurso académico.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] **R.F. Geller and A.S. Creamer**, "Metal Marking of Whiteware Glazes Influenced by Sulphur and Carbon in Kiln Atmospheres," *J. Am. Ceram. Soc.*, 14 (9)624-630 (1931).
- [2] **Harrison E. Ashley**, "Cutlery Marks on Glue," *Trans. Am. Ceram. Soc.*, 13,226-271.
- [3] **J.R. Taylor and A.C. Bull**, *Ceramic Glaze Technology*. Pergamon Press, London, 1986.
- [4] **Cullen W. Parmelee and Cameron G. Harmon**, *Ceramic Glazes*, 3<sup>rd</sup> ed. Cahners Publishing Co., Boston, 1973.
- [5] **James Bailey**, "The Scratch-Resisting Power of Glass and Its Measurement," *J. Am. Ceram. Soc.*, 20 [2] 42-52 (1937).
- [6] **Allen Dinsdale**, *Pottery Science, Materials, Processes, and Products*. Halsted Press, Chichester, UK, 1986.
- [7] **M.E. Rose and T.R. Wilshaw**, "A Technique for Measuring the Scratch Resistance of Ceramic Glazes," *Trans. I. Brit. Ceram. Soc.*, 74 [6]171-175 (1975).
- [8] **B.W. Roberts**, "The Micro-Indentation Hardness of Glazes," *Trans. I. Brit Ceram. Soc.*, 64,33-59 (1965).

## WEBGRAFIA

- [9] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cer%C3%A2mica>
- [10] <http://www.tramontina.com/produtos/16977-faca-de-mesa>
- [11] <http://www.skf.com/pt/products/linear-motion/linear-guides-and-tables/linear-ball-bearings/index.html>
- [12] [http://www.rolindeq.com/Catalogos/Rexroth\\_teclinear.pdf](http://www.rolindeq.com/Catalogos/Rexroth_teclinear.pdf)
- [13] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_passo](http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_de_passo)
- [14] [http://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula\\_de\\_carga](http://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_de_carga)
- [15] <http://www.omega.com/pptst/lc201.html>

## ANEXO – ESPECIFICAÇÕES DA CÉLULA DE CARGA

### CELLE DI CARICO A TRAZIONE O COMPRESSIONE DA SUB-MINI DIAMETRO DI 19 mm (0,75"). MODELLI STANDARD E METRICI.

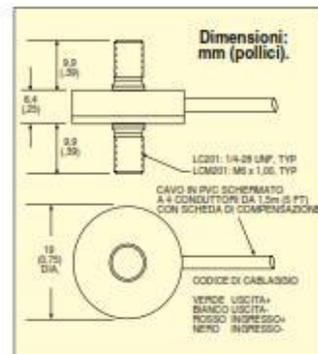
**Trazione/Compressione**  
**Calibrate in trazione**  
**da 0-100 a 0-500 N**  
**(da 0-25 a 0-300 lb).**

1 Newton = 0,2248 lb.  
 1 daNewton = 10 Newton.  
 1 lb = 454 g.  
 1 t = 1000 kg = 2204 lb.

**STANDARD**  
 LC201-50, mostrato di dimensioni più grandi di quelle reali.

**METRICO**  
 LCM201-200N, mostrato di dimensioni più grandi di quelle reali.

#### Serie LC201/LCM201



- ✓ Involucro sub-mini per applicazioni di robotica, diametro 19 mm (0,75").
- ✓ Doppi perni di montaggio per una facile installazione.
- ✓ Fornito con calibrazione a 5 punti.

**Effetti termici:**  
 Zero: 0,018% FSO/°C.  
 Ampiezza: 0,018% FSO/°C.

**Sovraccarico di sicurezza:**  
 150% della capacità.

**Sovraccarico limite:** 300% della capacità.

**Ingresso in resistenza:** min 360 Ω.

**Resistenza in uscita:** 350 ±10 Ω.

**Costruzione:** acciaio inox.

**Dati elettrici:** cavo schermato a 4 conduttori da 1,5 m (5') con scheda di compensazione.

Le celle di carico sub-mini della serie LC201/LCM201 di OMEGA sono progettate per impieghi gravosi in ambienti di automazione industriale e robotica. Con un diametro di soli 19 mm (0,75") ed una costruzione interamente in acciaio inox, possono trovare posto anche in sistemi di piccole dimensioni. Queste unità assicurano elevata precisione e affidabilità a lungo termine in un involucro di dimensioni sub-mini.

#### SPECIFICHE TECNICHE.

**Eccitazione:** 10 Vcc, 15 Vcc max.  
**Uscita:** 2 mV/V nominale.  
**Precisione:** ±1,0% FSO, linearità, isteresi e ripetibilità combinate.  
**Calibrazione a 5 punti (in trazione):** 0%, 50%, 100%, 50%, 0%.  
**Bilanciamento a carico zero:** ±2% FSO.  
**Intervallo di temperatura di esercizio:** da -54 a 121°C (da -65 a 250°F).  
**Intervallo di temperatura compensato:** da 16 a 71°C (da 60 a 160°F).  
**Classe di protezione:** IP54.

#### MODELLI STANDARD.

Per ordinare, visitare il sito [it.omega.com/lc201](http://it.omega.com/lc201) per prezzi e dettagli.

| CAPACITÀ |      | CODICE PRODOTTO | MISURATORI COMPATIBILI | TESTA A SNODO |
|----------|------|-----------------|------------------------|---------------|
| lb       | N    |                 |                        |               |
| 25       | 111  | LC201-25        | DP41-S, DP25B-S        | REC-014F      |
| 50       | 222  | LC201-50        | DP41-S, DP25B-S        | REC-014F      |
| 75       | 334  | LC201-75        | DP41-S, DP25B-S        | REC-014F      |
| 100      | 445  | LC201-100       | DP41-S, DP25B-S        | REC-014F      |
| 300      | 1334 | LC201-300       | DP41-S, DP25B-S        | REC-014F      |

#### MODELLI METRICI.

| CAPACITÀ |     | CODICE PRODOTTO | MISURATORI COMPATIBILI | TESTA A SNODO |
|----------|-----|-----------------|------------------------|---------------|
| N        | lb  |                 |                        |               |
| 100      | 22  | LCM201-100N     | DP41-S, DP25B-S        | MREC-M6F      |
| 200      | 45  | LCM201-200N     | DP41-S, DP25B-S        | MREC-M6F      |
| 300      | 67  | LCM201-300N     | DP41-S, DP25B-S        | MREC-M6F      |
| 500      | 112 | LCM201-500N     | DP41-S, DP25B-S        | MREC-M6F      |

Viene fornito completo con calibrazione a 5 punti con tracciabilità NIST e dati di shunt da 59 kΩ.  
**Esempi di ordini:** LC201-25, cella di carico universale sub-mini, capacità 25 lb.  
 LCM201-500N, cella di carico universale sub-mini, capacità 500N.



# F.013

**SISTEMA DE PERIFERTECOS EM ALUMÍNIO DE ALTA RESISTÊNCIA DESTINADO À CONSTITUIÇÃO DE MOBILIÁRIO INDUSTRIAL, ENGENHARIA E AUTOMAÇÃO.**

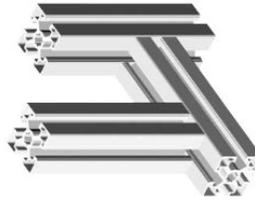
A multiplicidade aplicativa do sistema base e conseguida com a introdução nos diversos sectores construtivos de perfis em alumínio extrudado, permite ou de acção integrada a realização conceptual.

Para a aplicação adequada dos perfis, a nível de normas de construção permitiu um aumento de funcionalidades e inúmeras possibilidades de construção, das bancas aos elementos de apoio em esquadro, os sistemas de montagem de trabalho e ainda, de soluções para stands.

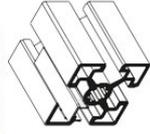
Fazem parte deste sistema, diversos elementos metálicos de ligação, especificamente concebidos para potenciar a produtividade de montagem e oferecer uma elevada segurança durante a utilização.

**APLICAÇÃO**

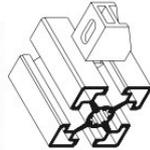
- Bancas de trabalho ergonómicas;
- Bancas de trabalho para máquinas e equipamentos;
- Linhas de montagem manual ou automatizada;
- Linhas de secagem;
- Linhas de pintura e eletrodeposição;
- Bancadas de teste e inspeção;
- Integridade de máquinas CDM;
- Máquinas de corte a laser;
- Máquinas de soldagem;
- Engenharia e automação;
- Bancas;
- Divisores;
- Etc.



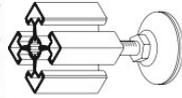
CAHAL DE REMATE PVC



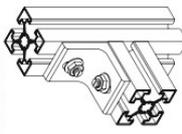
SUPORES PARA PORTLETRAS



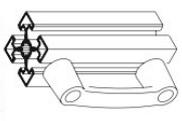
PERI MELIADORES (VÁRIOS)



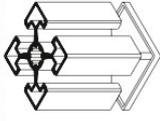
ESQUADRO DE RECORVO



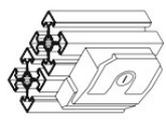
OPÇÃO DE PUNTADES



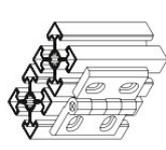
TOPOS AJUSTÁVEIS A CADA PERFIL



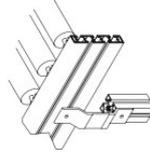
FICHOS C/ OU S/ CHAVE



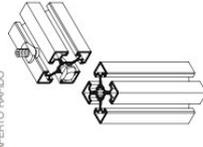
UTILIZAÇÃO DE DIVERSAS DOBRADIÇAS



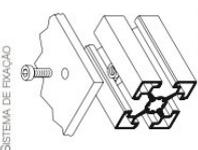
PERFIL PARA TRANSPORTADORES



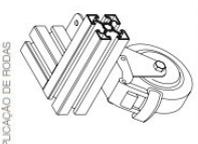
AFERTO RÁPIDO



SISTEMA DE FRAÇÃO



APLICAÇÃO DE RODAS



F.013

As inovações contidas neste trabalho foram autorizadas em 14/02/2013, E.O. 14/02/2013

## ANEXO – FICHA TÉCNICA DO FUSO DE ESFERAS



### Precision Rolled Ball Screws PR Series/LPR Series

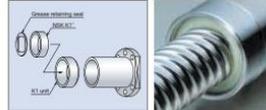
Compact ball nut heralding in the next generation standard.  
Extended maintenance free operation with NSK K1®  
lubrication unit and new grease retaining seal.  
Suitable for high speed and long stroke operation.



## A 25% reduction in the ball nut diameter compared to the current series

No backlash, high speed and long stroke operation is possible. Extended maintenance free operation achieved with NSK K1<sup>®</sup> lubrication unit and new grease retaining seal, thus contributing to total cost reduction.

- Compact ball nut**
- Saves assembly space
  - Suitable for rotating ball nut applications because of its low inertia and balanced design
- Remarkable improvement in sealing performance (introduction of grease retaining seal)**
- Grease retention capabilities substantially enhanced
  - Assists clean environment maintenance due to minimum grease scattering
  - Superior sealing capabilities in contaminated environments

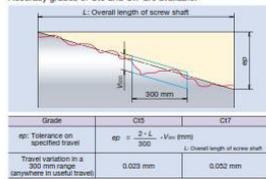


**Maintenance free (equipped with NSK K1<sup>®</sup> lubrication unit as a standard feature)**

NSK K1<sup>®</sup> lubrication unit, that is molded from resin and is impregnated with lubrication oil, supplies fresh oil onto the ball rolling surfaces. In union with grease it retains the lubricating ability for an extended period of time. Since its first appearance on the market in 1998, it has been widely accepted in many industrial fields.

**Accuracy grade**

Accuracy grades of C0 and C1 are available.



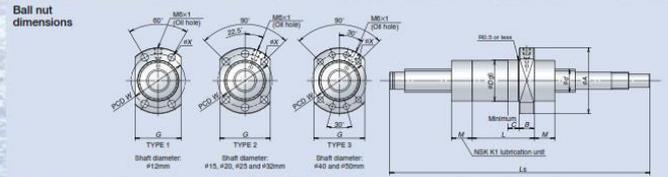
**Options**

Support unit (sold separately)

NSK provides the support bearing units to accompany the ball screw shafts. For further details, please refer to the NSK catalog: Precision Machine Components (CAT. No. E3161). The bearing journal configurations of the screw shaft are provided on the following pages.

1 | **NSK**

## Precision Rolled Ball Screws PR Series/LPR Series



| PR Series | Model No. | Shaft diameter d | Lead f | Effective turns of balls | Basic load rating (N)              |                                   | Dimensions |    |    |    |    |    |      |     |      |             | Maximum screw shaft length |             |             |        |
|-----------|-----------|------------------|--------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------|----|----|----|----|----|------|-----|------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|--------|
|           |           |                  |        |                          | Dynamic load rating C <sub>d</sub> | Static load rating C <sub>s</sub> | D          | A  | G  | B  | L  | C  | Type | W   | X    | M           | OC                         | OC          | OC          |        |
|           | PR1205    | 12               | 5      | 2.7:1                    | 3,200                              | 9,800                             | 24         | 40 | 26 | 11 | 30 | 10 | 1    | 32  | 4.2  | (18)        | 300 ~ 800                  | -1,000      | 200 ~ 800   | -1,500 |
|           | PR1505    | 15               | 5      | 2.7:1                    | 5,400                              | 10,200                            | 28         | 48 | 40 | 11 | 30 | 10 | 2    | 38  | 5.5  | (18)        | 200 ~ 600                  | -1,000      | 200 ~ 1,200 | -1,500 |
|           | PR1510    | 15               | 10     | 2.7:1                    | 5,400                              | 10,200                            | 28         | 48 | 40 | 11 | 43 | 15 | 2    | 38  | 5.5  | (18)        | 200 ~ 600                  | -1,000      | 200 ~ 1,200 | -1,500 |
|           | PR2005    | 20               | 5      | 2.7:1                    | 8,700                              | 18,500                            | 36         | 58 | 44 | 13 | 31 | 10 | 2    | 47  | 6.6  | (18)        | 300 ~ 600                  | -2,000      | 300 ~ 1,600 | -2,000 |
|           | PR2010    | 20               | 10     | 2.7:1                    | 8,700                              | 18,500                            | 36         | 58 | 44 | 13 | 45 | 15 | 2    | 47  | 6.6  | (18)        | 300 ~ 600                  | -2,000      | 300 ~ 1,600 | -2,000 |
|           | PR2505    | 25               | 5      | 4.7:1                    | 15,700                             | 40,900                            | 40         | 60 | 48 | 12 | 42 | 10 | 2    | 51  | 6.6  | (21)        | 300 ~ 2,500                | -           | 300 ~ 3,200 | -      |
|           | PR2510    | 25               | 10     | 3.7:1                    | 12,800                             | 32,300                            | 40         | 60 | 48 | 10 | 35 | 2  | 51   | 6.6 | (21) | 300 ~ 2,500 | -                          | 300 ~ 3,200 | -           |        |
|           | PR3205    | 32               | 5      | 4.7:1                    | 23,800                             | 60,900                            | 50         | 80 | 62 | 12 | 50 | 10 | 2    | 65  | 9    | (23)        | 300 ~ 2,500                | -3,200      | 300 ~ 3,200 | -4,000 |
|           | PR3210    | 32               | 10     | 3.7:1                    | 19,000                             | 51,500                            | 50         | 80 | 62 | 12 | 50 | 10 | 2    | 65  | 9    | (23)        | 300 ~ 2,500                | -3,200      | 300 ~ 3,200 | -4,000 |
|           | PR4005    | 40               | 5      | 4.7:1                    | 39,800                             | 99,900                            | 63         | 93 | 70 | 14 | 60 | 10 | 3    | 78  | 9    | (25)        | 300 ~ 1,600                | -           | 300 ~ 3,200 | -4,000 |

| LPR Series | Model No. | Shaft diameter d | Lead f | Effective turns of balls | Basic load rating (N)              |                                   | Dimensions |     |    |    |     |    |      |    |     |      | Maximum screw shaft length |        |             |        |
|------------|-----------|------------------|--------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------|-----|----|----|-----|----|------|----|-----|------|----------------------------|--------|-------------|--------|
|            |           |                  |        |                          | Dynamic load rating C <sub>d</sub> | Static load rating C <sub>s</sub> | D          | A   | G  | B  | L   | C  | Type | W  | X   | M    | OC                         | OC     | OC          |        |
|            | LPR2005   | 20               | 5      | 1.7:2                    | 18,900                             | 21,900                            | 36         | 58  | 44 | 13 | 54  | 25 | 2    | 47 | 6.6 | (18) | 300 ~ 800                  | -3,000 | 300 ~ 1,600 | -2,000 |
|            | LPR2010   | 20               | 10     | 1.7:2                    | 11,000                             | 27,500                            | 40         | 62  | 48 | 12 | 65  | 30 | 2    | 47 | 6.6 | (18) | 300 ~ 2,500                | -      | 300 ~ 1,600 | -2,000 |
|            | LPR2505   | 25               | 5      | 1.7:2                    | 18,900                             | 43,900                            | 50         | 80  | 62 | 14 | 70  | 40 | 2    | 65 | 9   | (23) | 300 ~ 2,500                | -3,000 | 300 ~ 3,200 | -4,000 |
|            | LPR4005   | 40               | 5      | 1.7:2                    | 29,000                             | 75,000                            | 63         | 93  | 70 | 16 | 84  | 45 | 3    | 78 | 9   | (25) | 500 ~ 4,000                | -      | 500 ~ 4,000 | -6,000 |
|            | LPR5005   | 50               | 5      | 1.7:2                    | 32,200                             | 95,200                            | 75         | 110 | 85 | 18 | 115 | 45 | 3    | 83 | 11  | (25) | 500 ~ 4,000                | -      | 500 ~ 4,500 | -6,500 |

**Applications**

Woodworking machines, general transporting equipment, feeders, robots, etc.

2 | **NSK**

## 1. Precision Rolled Ball Screws PR Series/LPR Series

### 1.1 Specification number

For ordering, please quote the specification number.

**Reference number: H S P 40 40 K 1 D 2002 S A 1**

- H: Accuracy grade and axial play (HSP: C0, axial play 0.02 mm; HSP: C1, axial play 0.015 mm)
- S: Screw shaft diameter (mm)
- P: Lead (mm)
- 40 40: Overall length of screw shaft (mm) (if the length is less than 1000 mm, enter 0 to the fourth digit)
- K: Equipped with NSK K1 unit (K: No NSK K1 unit; S: Equipped with grease retaining seal unit)
- D: Position of ball nut flange (D: Opposite to drive side)
- 2002: Number of nut
- S: Screw shaft end configuration (S: Opposite to drive side)
- A: Opposite to the drive side
- 1: Drive side

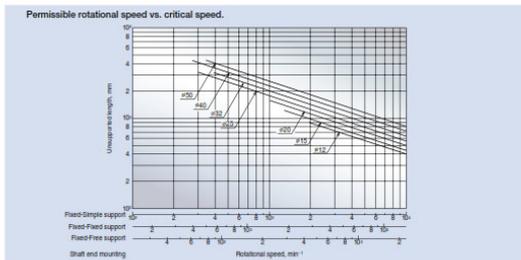
### 1.2 Permissible rotational speed of precision rolled ball screws

We strongly recommend reviewing the allowable speed of the screw shaft. The allowable rotational speed of the ball screw shall be checked on the following.

- d-N value, which is involved in damaging the ball re-circulation components (Where, d: shaft diameter measured in mm, N: rotational speed measured in min<sup>-1</sup>)
- Critical speed of the screw shaft (caused by the resonance of the screw shaft)
- Permissible d-N
- Preferably d-N<150 000. Please consult with NSK if your ball screw exceeds the limitation.
- Critical speed

See the chart below. For detailed calculations, please refer to the catalog: Precision Machine Component (CAT No. E3161).

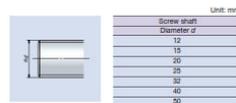
Please consult NSK if the maximum rotational speed exceeds 5 000 min<sup>-1</sup>, even both the critical speed of the screw shaft rotation and the d-N value are in ranges of the allowable limit.



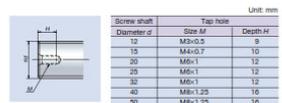
3 | **NSK**

## 2. Recommendation of Screw Shaft End Configuration

### 2.1 Drive side shaft end and opposite end: P



### 2.2 Drive side shaft end and opposite end: R



### 2.3 Opposite to drive side shaft end: S

| Support unit     | Screw shaft | Bearing journal         | Width of groove       | Position of groove   | Top hole                  |
|------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| Reference number | Diameter d  | Diameter d <sub>1</sub> | Length L <sub>1</sub> | Width W              | Position R <sub>1</sub>   |
| WBK08S-01        | 12          | 6                       | 9                     | 0.8 9 <sup>1</sup>   | 5.7 L <sub>1</sub> 6.8    |
| WBK12S-01        | 15          | 10                      | 12                    | 1.15 11 <sup>1</sup> | 8.6 L <sub>1</sub> 9.15   |
| WBK15S-01        | 20          | 15                      | 13                    | 1.15 11 <sup>1</sup> | 14.3 L <sub>1</sub> 10.15 |
| WBK20S-01        | 25          | 20                      | 19                    | 1.35 11 <sup>1</sup> | 19.1 L <sub>1</sub> 15.35 |
| WBK25S-01        | 32          | 25                      | 20                    | 1.35 11 <sup>1</sup> | 23.8 L <sub>1</sub> 16.35 |
| (S209)           | 40          | 30                      | 22                    | 1.75 11 <sup>1</sup> | 28.6 L <sub>1</sub> 17.75 |
| (S207)           | 50          | 35                      | 25                    | 1.75 11 <sup>1</sup> | 33 L <sub>1</sub> 18.75   |

(1) Reference number of bearing

### 2.4 Opposite to drive side shaft end: T

| Support unit     | Screw shaft | Bearing journal         | Width of groove       | Position of groove   | Top hole                  |
|------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| Reference number | Diameter d  | Diameter d <sub>1</sub> | Length L <sub>1</sub> | Width W              | Position R <sub>1</sub>   |
| WBK08T-01        | 12          | 6                       | 9                     | 0.8 9 <sup>1</sup>   | 5.7 L <sub>1</sub> 6.8    |
| WBK12T-01        | 15          | 10                      | 12                    | 1.15 11 <sup>1</sup> | 8.6 L <sub>1</sub> 9.15   |
| WBK15T-01        | 20          | 15                      | 13                    | 1.15 11 <sup>1</sup> | 14.3 L <sub>1</sub> 10.15 |
| WBK20T-01        | 25          | 20                      | 19                    | 1.35 11 <sup>1</sup> | 19.1 L <sub>1</sub> 15.35 |
| WBK25T-01        | 32          | 25                      | 20                    | 1.35 11 <sup>1</sup> | 23.8 L <sub>1</sub> 16.35 |
| (S209)           | 40          | 30                      | 22                    | 1.75 11 <sup>1</sup> | 28.6 L <sub>1</sub> 17.75 |
| (S207)           | 50          | 35                      | 25                    | 1.75 11 <sup>1</sup> | 33 L <sub>1</sub> 18.75   |

(1) Reference number of bearing

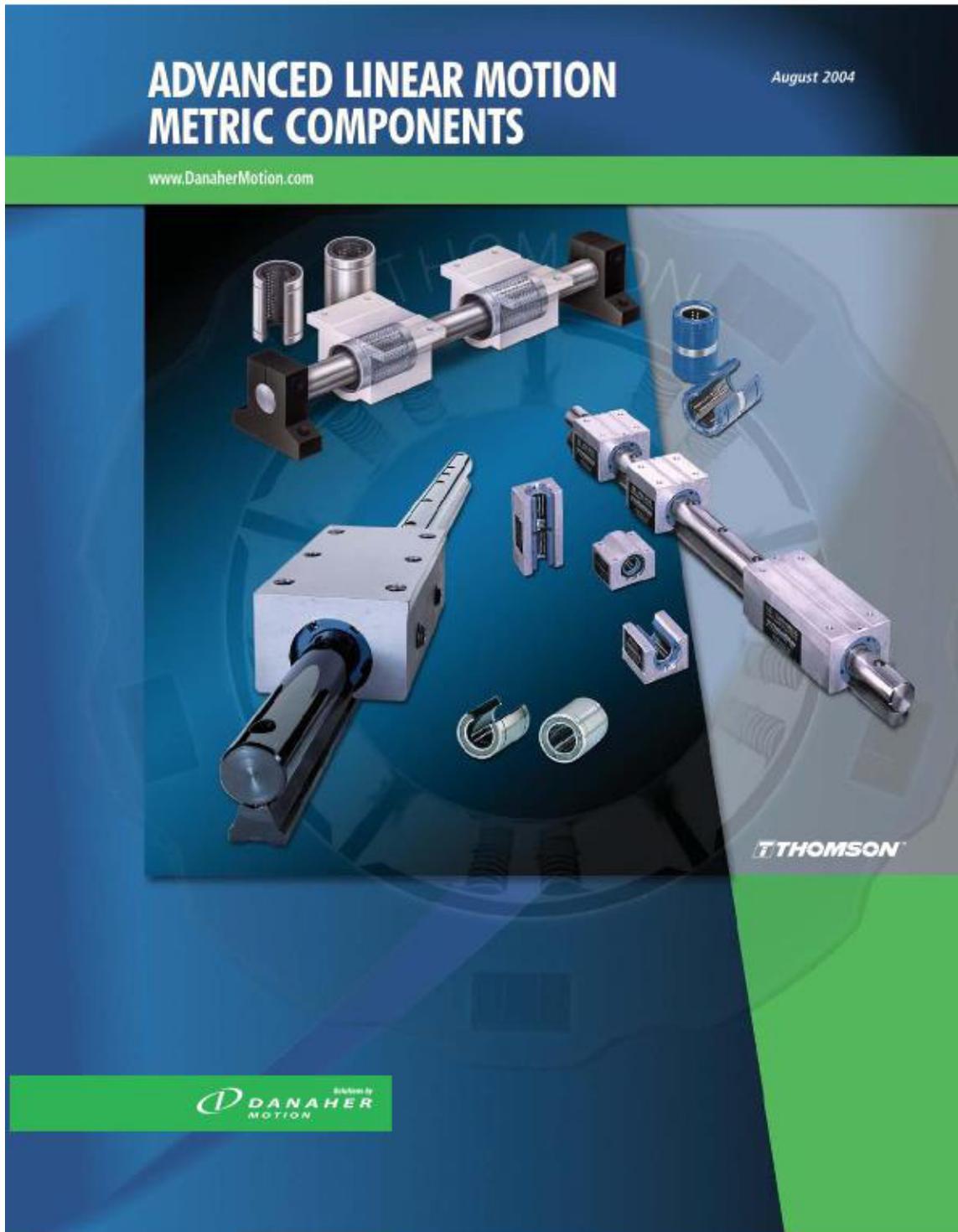
### 2.5 Drive side shaft end: C Opposite to drive side shaft end: U

| Support unit     | Spacer     | Screw shaft             | Bearing journal       | Lock nut thread               | Hexagon hole |    |
|------------------|------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------|----|
| Reference number | Diameter d | Diameter d <sub>1</sub> | Length L <sub>1</sub> | Nominal length L <sub>2</sub> | Depth H      |    |
| WBK08C-U         | WBK08-11   | WBK08C                  | 12                    | 8                             | M8x1         | 8  |
| WBK12C-U         | WBK12-11   | WBK12C                  | 15                    | 12                            | M12x1        | 10 |
| WBK15C-U         | WBK15-11   | WBK15C                  | 20                    | 15                            | M15x1        | 15 |
| WBK20C-U         | WBK20-11   | WBK20C                  | 25                    | 20                            | M20x1        | 16 |
| WBK25C-U         | WBK25-11   | WBK25C                  | 32                    | 25                            | M25x1.5      | 20 |
| WBK30CF-31       | -          | 40                      | 30                    | 89                            | M30x1.5      | 26 |
| WBK30DF-31       | -          | 50                      | 35                    | 92                            | M35x1.5      | 30 |

4 | **NSK**



## ANEXO – FICHA TÉCNICA DOS APOIOS DAS GUIAS LINEARES



## Mechanical and Electro-Mechanical Product Solutions by Danaher Motion

### New Name, Established Brands

Danaher Motion's wide range of motion control systems and components offer customers an unprecedented choice in selecting the right solution to match their particular application requirements. Our product innovations have been improving the efficiency and productivity of complex manufacturing operations for over 60 years through trusted brand names such as Dover, Kollmorgen, Pacific Scientific, Portescap and Thomson in industries as diverse as semiconductor, aerospace and defense, mobile-off-highway, packaging, medical and robotics.

In addition, Danaher Motion, through Motion Engineering (MEI), offers powerful integrated motion control solutions with its industry-leading, multi-axis motion platforms and SynqNet™ communications network for ultra-reliable machine performance. From software and controller, through the communications network to drives and I/O devices, to mechanical and electro-mechanical products, Danaher Motion differentiates itself in the marketplace by designing standard and custom solutions to satisfy the most demanding application requirements.

Our growing family of leading motion control products and application expertise tells only half the story. With a worldwide service and support infrastructure, our field service engineers and support teams are available to assist whenever they are needed. It is part of Danaher Corporation's unrelenting focus on its customer. That's why more and more design engineers are turning to Danaher Motion to meet their motion control requirements.

#### Danaher Motion Values

- Application Expertise
- Broad & Innovative Motion Control Products and Systems
- Customer Focus
- Customizable Products and Services
- Motion Control Pioneers with Global Staying Power
- Operational Excellence

Website: [www.DanaherMotion.com](http://www.DanaherMotion.com)



**KOLLMORGEN**



**Portescap™**

**THOMSON**

|   |  |       |  |
|---|--|-------|--|
|    | <b>General Product Overview</b> .....                | 4     |  |
|   | Size Availability .....                              | 5     |  |
|   | Engineering Support .....                            | 6-12  |  |
|    | <b>Super Smart Ball Bushing™ Bearings</b> .....      | 13-20 | Super Smart Ball Bushing Bearings      |
|   | Closed   |       |  |
|   | Open   |       |  |
|   | Applications   |       |  |
|    | <b>Super Smart Ball Bushing Pillow Blocks</b> .....  | 21-28 | Super Smart Ball Bushing Pillow Blocks |
|   | Single Closed, Single Closed Adjustable              |       |  |
|   | Single Open, Single Open Adjustable                  |       |  |
|   | Twin Closed, Twin Closed Adjustable                  |       |  |
|   | Twin Open, Twin Open Adjustable                      |       |  |
|   | Application  |       |  |
|   | <b>MultiTrac Ball Bushing Bearings</b> .....         | 29-34 | MultiTrac Ball Bushing Bearings        |
|   | Closed, Closed Adjustable                            |       |  |
|   | Open   |       |  |
|   | Application  |       |  |
|  | <b>60 Case™ LinearRace™ Shaft and Supports</b> ..... | 41-47 | 60 Case LinearRace Shaft and Supports  |
|   | 60 Case Hardened and Ground LinearRace               |       |  |
|   | LinearRace Support Block                             |       |  |
|   | LinearRace Support Rails                             |       |  |
|   | LinearRace Support Rail and Smart Rail™ Assemblies   |       |  |
|   | Precision Machining                                  |       |  |
|   | <b>Accessories</b> .....                             | 48-49 |  |
|   | <b>Index</b> .....                                   | 50-51 |  |

THOMPSON and Metric Components are a registered trademark of Danaher Corporation. Danaher Motion makes every attempt to ensure accuracy and reliability of the specifications in this publication. Specifications are subject to change without notice. Danaher Motion provides this information "AS IS" and disclaims all warranties, express or implied, including, but not limited to, implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. It is the responsibility of the product user to determine the suitability of this product for a specific application. ©2004, 2004 Danaher Motion.

The inherent ability of a RoundRail™ Ball Bushing™ bearing system to absorb torsional misalignment caused by inaccuracies in carriage or base machining or machine deflection...with little increase in stress to bearing components.



### Super Smart Ball Bushing™ Bearings

Thomson Super Smart Ball™ Bushing Bearings represent a major advancement for linear technology, worldwide.

This patented self-aligning linear bearing provides two times the load carrying capacity of the industry standard Thomson Super Ball™ Bushing bearing. Super Smart Ball Bushing bearings also provide eight times the bearing life and up to five times the LinearRace™ shaft life when used in place of standard Super type bearings (See page 13)



### Super Smart Ball Bushing Pillow Blocks

Thomson Super Smart Ball Bushing Pillow Blocks available in closed, adjustable and open styles in both single and twin versions.

To minimize installation time and cost, the Super Smart Ball bushing bearing can be ordered factory-installed in an industry standard single or twin pillow block. The closed type pillow block is used in end supported applications for spanning or bridging a gap. The open style is used in continuously supported applications when maximum rigidity and stiffness is required. Each Super Smart Pillow Block is complete with integral double acting seals which keep out contaminants, retain lubrication and maximize bearing life. Since each pillow block is dimensionally interchangeable with industry standard pillow blocks, system performance improvements can be realized immediately. All pillow blocks are available and in stock from 1800 authorized distributors worldwide. (See page 21)



### MultiTrac Ball Bushing™ Bearings

Rigid, high load capacity, linear bearings

Extremely rigid MultiTrac Ball Bushing™ bearing gives you less deflection and twice the load capacity or eight times the travel life of conventional Ball Bushing™ bearings. This increased bearing performance significantly reduces downtime and maintenance, while increasing machine reliability. The improvement in bearing capacity permits designers to optimize system compactness and minimizes hardware costs. The bearing's patented ball control technology eliminates binding and chatter (stick-slip) common to high friction, plain bushings. Available and stocked in 7 standard sizes from over 1800 distributor locations worldwide. (See page 29)



### 60 Case™ LinearRace™ Shafts

The recommended linear race for all RoundRail™ applications.

Thomson 60 Case LinearRace is the preferred inner race for all linear bearing applications. Each hardened, precision-ground shaft is manufactured to world-class quality standards. The surface finish is enhanced by the Thomson Microbrite™ finishing process, which optimizes Ball Bushing™ bearing performance. 60 Case™ shafting is also a cost-effective answer to non-linear bearing applications. From piston rods to tie rods and spindles, 60 Case shafting provides improved performance and function. The hardened case provides three times the tensile strength of an unhardened shaft. 60 Case shafts are also available in corrosion-resistant 550C stainless steel material, and in chrome-plated steel. You can put our 45 years of experience in the custom machining of special shafts to work for you. Contact Danaher Motion today for your next Round Rail shafting requirement. Thomson 60 Case Products are available for immediate shipment from stock in diameters between 5 and 80mm (See page 41)

Thomson and Metric Components are a registered trademark of Danaher Corporation. Danaher Motion makes every attempt to ensure accuracy and reliability of the information in this publication. Specifications are subject to change without notice. Danaher Motion provides this information, 3D CAD and 2D drawings of mechanical systems in metric, including, but not limited to, limited warranties of merchantability and fitness for a particular purpose is the responsibility of the product user to determine the suitability of this product for a specific application. ©2004, 2012 Danaher Motion



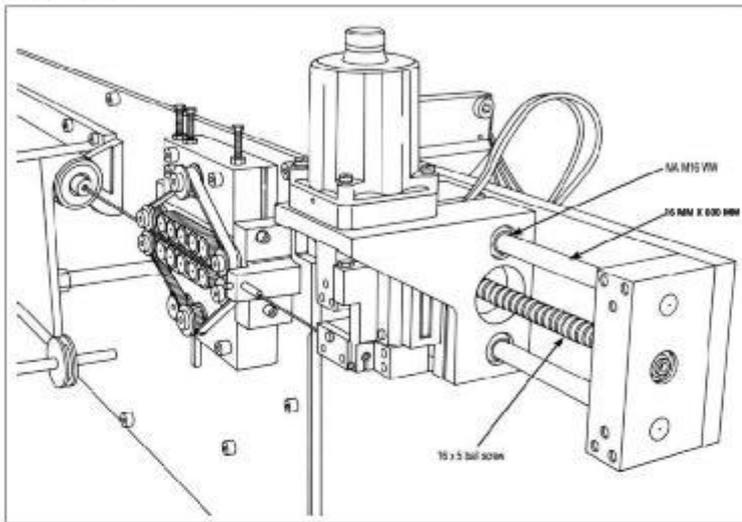
### Size Availability

| Size Type (mm)                                | 5 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 80 |
|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>Super Smart Ball Bushing™ Bearings</b>     |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Closed  |   | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Open  |   |   |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| <b>Super Smart Pillow Blocks</b>              |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Single Closed                                 |   | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Single Closed Adjustable                      |   | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Single Open                                   |   |   |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Single Open Adjustable                        |   |   |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Twin Closed                                   |   | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Twin Closed Adjustable                        |   | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Twin Open                                     |   |   |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Twin Open Adjustable                          |   |   |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| <b>Multitrac Ball Bushing™ Bearings</b>       |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Closed  |   | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Closed Adjustable                             |   | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Open  |   |   |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| <b>Support Blocks and Shaft Support Rails</b> |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Aluminum Shaft Support block                  |   | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Shaft Support Rail                            |   | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| Smart Rail                                    |   |   |    | *  | *  | *  | *  | *  |    | *  |    |    |    |
| <b>60 Case™ Shafting</b>                      | * | * | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  |
| <b>Precision Machining</b>                    | * | * | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  |

Thomson and Metric Components are a registered trademark of Danaher Corporation. Danaher Motion makes every attempt to ensure accuracy and reliability of the specifications in this publication. Specifications are subject to change without notice. Danaher Motion provides this information "AS IS" and disclaims all warranties, express or implied, including, but not limited to, implied warranties of merchantability and fitness, for a particular purpose. It is the responsibility of the purchaser to determine the suitability of this product for a specific application.  
©2014, 2013 Danaher Motion



## Application



Thomson products manufactured by Danaher Motion are engineered to world-class performance standards, so that you can specify them with confidence worldwide. This Engineering Support section provides charts, formulas and technical information for:

- Ball Bushing™ bearing selection
- Load considerations for horizontal, side and vertical mounted applications
- Shaft deflection
- Installation
- Tolerance zones for internal and external diameters

THOMSON and Metric Components are a registered trademark of Danaher Corporation. Danaher Motion makes every attempt to ensure accuracy and reliability of the specifications in this publication. Specifications are subject to change without notice. Danaher Motion provides this information "AS IS" AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE IN A TITLE. THE RESPONSIBILITY OF THE PRODUCT USER TO DETERMINE THE SUITABILITY OF THIS PRODUCT FOR A SPECIFIC APPLICATION. ©2014, 2013 Danaher Motion.

### Ball Bushing Bearing Life Expectancy and Load Capacity

#### Load Capacity

The load ratings given in the tables apply to Thomson Industries Ball Bushing™ bearings in conjunction with 60 Case™ LinearRace™ shafts.

1. The load is applied at 90° relative to the horizontal plane with the load carrying elements oriented as shown in the specific product polar graphs.
2. Shaft hardness is HRC 60 to 65.

For configurations other than those described above, the following formula is used:

$$W_r = \frac{P}{K_d \cdot K_s \cdot K_L}$$

where:

- W<sub>r</sub> = required dynamic load capacity (N)
- P = resultant of externally applied loads (N)
- K<sub>d</sub> = factor for direction of resultant load
- K<sub>s</sub> = shaft hardness factor
- K<sub>L</sub> = travel life factor

#### Load Direction

In applications where the direction of the applied load is known, refer to the polar graphs on the product specification pages for the load correction factor, K<sub>d</sub>.

#### Shaft Hardness

For shafts which do not meet 60 Case shaft hardness specifications, shaft hardness factor K<sub>s</sub> must be applied.

#### Travel Life

The travel life correction factors, K<sub>L</sub>, can be found on Figure 1.

Figure 2

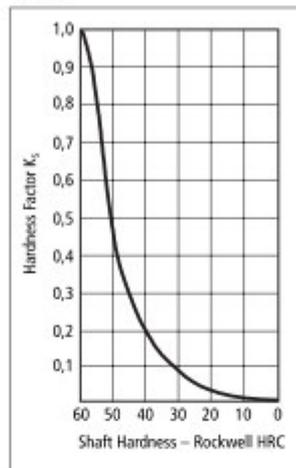
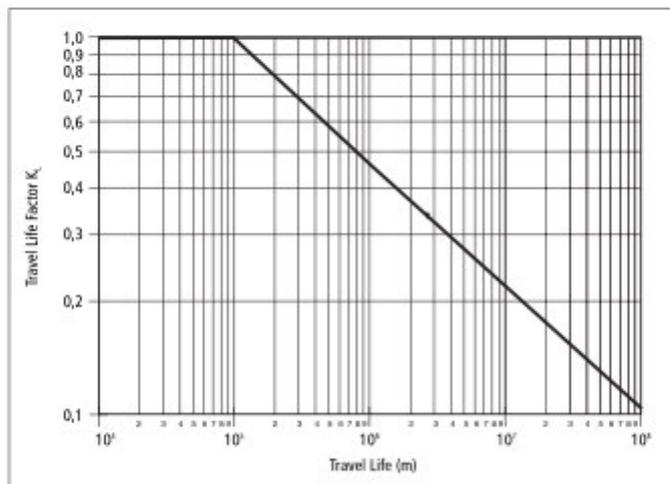


Figure 1



THOMSON and Metric Components are a registered trademark of Danaher Corporation. Danaher Motion makes every attempt to ensure accuracy and reliability of the specifications in this publication. Specifications are subject to change without notice. Danaher Motion provides this information "AS IS" and disclaims all warranties, express or implied, including, but not limited to, implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. It is the responsibility of the product user to determine the suitability of this product for a specific application. ©2014, 2009 Danaher Motion.

**Load Limit**

The load limit is the maximum load which can be applied to the bearing. It is important to analyze your application so that peak and shock loading does not exceed the load limit.

**Dynamic Load Rating**

The dynamic load rating is the maximum continuous load that can be applied to the bearing with a 90% reliability of achieving life of 100 km under conventional operating conditions. However, it is important to remember that very short strokes and the direction of the applied load can be significant factors.

The following formula may be used to determine travel life.

$$L_{10} = \left(\frac{W}{P}\right)^3 \cdot K_v \cdot K_a \cdot 10^6 \text{ m}$$

**Where:**

- $L_{10}$  = travel life (m)
- $W$  = dynamic load rating from tables (N)
- $P$  = resultant fo extremely applied loads (N)
- $K_v$  = factor for direction of resultant load
- $K_a$  = shaft hardness factor

**Sample Calculations:**

Determine the correct Ball Bushing™ bearing size for your application. In this example, the bearing/shaft system is subjected to a load of 2300 N perpendicular to the direction of travel. The load is distributed equally among four closed type MultiTrac Ball Bushing™ bearings. The carriage reciprocates over a 0,3 m stroke at a frequency of 100 complete cycles per minute. The minimum service life required is 3500 hours. 60 Case™ Linearface™ shafting is used.

The first step is to determine the average load on each Ball Bushing bearing.

$$P = \frac{2300}{4} = 575 \text{ N}$$

Next, determine the equivalent travel life in meters:

$$\begin{aligned} L_{10} &= 2 \cdot s \cdot f \cdot L_h \cdot 60 \\ L_{10} &= 2 \cdot 0,3 \cdot 100 \cdot 3500 \cdot 60 \\ L_{10} &= 1,26 \cdot 10^7 \text{ m} \end{aligned}$$

**Where:**

- $s$  = stroke in meters
- $f$  = frequency in cycles per minute
- $L_h$  = required life in hours

From Figure 1 (Travel Life Chart), the travel life factor ( $K_v$ ) is 0,2.

From Figure 2 (Shaft Hardness Chart), the shaft hardness factor ( $K_a$ ) is 1. For closed type MultiTrac Ball Bushing™ bearings, the minimum value of  $K_a$  is 1, the assumed value for this calculation.

The required dynamic load capacity is obtained by using the following formula:

$$W_{10} = \frac{P}{K_v \cdot K_a \cdot K_a}$$

$$W_{10} = \frac{575}{2,0 \cdot 1 \cdot 1} = 2875 \text{ N}$$

By referring to the product specification and dimension sections of this catalog, the linear bearing with the next higher load capacity is the MultiTrac MA M40 with a dynamic load capacity of 3820 N.

**Determining the travel life**

The expected travel life of the MultiTrac MA M40 bearing under the conditions described in the example is:

- $W = 3820 \text{ N}$  is the rated dynamic load capacity
- $P = 575 \text{ N}$  is resultant of external loads
- $K_v = 1$  is the orientation factor
- $K_a = 1$  is the shaft hardness factor

The values are substituted into the following formula:

$$L_{10} = \left(\frac{W}{P}\right)^3 \cdot K_v \cdot K_a \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$L_{10} = \left(\frac{3820}{575}\right)^3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$L_{10} = \frac{293 \cdot 10^6}{2 \cdot 60 \cdot 0,3 \cdot 100}$$

This is converted into hours by the following:

$$L_h = \frac{L_{10}}{2 \cdot 60 \cdot s \cdot f}$$

$$L_h = \frac{293 \cdot 10^6}{2 \cdot 60 \cdot 0,3 \cdot 100}$$

$$L_h = 8139 \text{ h}$$

### Load Consideration

When designing a linear motion system, it is necessary to consider the effect the variables of operation will have on performance.

The following examples demonstrate how the position of the load and the center of gravity can influence the product selection. When evaluating your application, review each of the forces acting on your system and determine the product best for your needs.

#### Terms

- $d_x$  = distance between centerlines of pillow blocks
- $d_y$  = distance between centerlines of shafts
- $d_z$  = distance from centerline of carriage to load action point
- $d_1$  = distance from centerline of carriage to load action point
- $d_2$  = distance from centerline of carriage to load action point
- $L$  = Load (N)
- $F_{ax}$  = Force in the X-axis direction (N)
- $F_{ay}$  = Force in the Y-axis direction (N)
- $F_{az}$  = Force in the Z-axis direction (N)

$$F_{1x} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_2}{d_x}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{2x} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_2}{d_x}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{3x} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_2}{d_x}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{4x} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_2}{d_x}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

**Horizontal Application I**  
At the time of movement with uniform velocity or at the time of stop.

$$F_{1x} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_2}{d_x}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{2x} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_2}{d_x}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{3x} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_2}{d_x}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{4x} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_2}{d_x}\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

**Horizontal Application II**  
At the time of movement with uniform velocity or at the time of stop.

$$F_{1x} = F_{2x} = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{3x} = F_{4x} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{1y} = F_{2y} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{3y} = F_{4y} = \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

**Side Mounted Application**  
At the time of movement with uniform velocity or at the time of stop.

$$F_{1x} - F_{2x} = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{3x} - F_{4x} = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{d_z}{d_1}\right)$$

$$F_{1x} + F_{2x} - F_{3x} + F_{4x}$$

$$F_{1y} + F_{2y} - F_{3y} + F_{4y}$$

**Vertical Application**  
At the time of movement with uniform velocity or at the time of stop. At the time of start and stop, the load varies because of inertia.

THOMSON and Metric Components are a registered trademark of Danaher Corporation. Danaher Motion makes every attempt to ensure accuracy and reliability of the specifications in this publication. Specifications are subject to change without notice. Danaher Motion provides this information "AS IS" and disclaims all warranties, express or implied, including, but not limited to, implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose to the responsibility of the product user to determine the suitability of this product for a specific application. ©2014, 2013 Danaher Motion

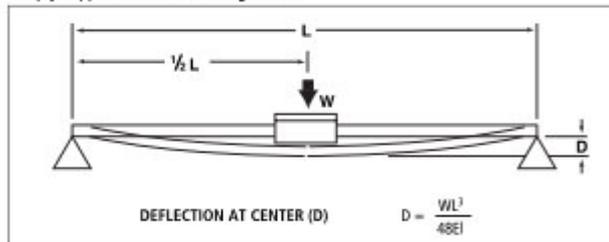
### Shaft Deflection

When a Linear Motion System is used in an end supported configuration it is important to ensure that system deflections at the bearing locations are kept within performance limitations.

These equations give the deflection at the center of an end supported shaft. Systems with full shaft support are not subject to the same types of deflection.

For more detailed information of the deflection characteristics of Thomson linear motion products contact application engineering.

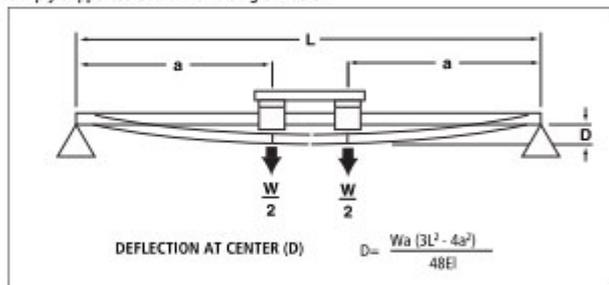
#### Simply Supported Shaft with Single Block



Values of EI for Thomson 60 Case™ Hardened and Ground Shafts

| Shaft Dia. (mm) | EI (Nm <sup>2</sup> )   |
|-----------------|-------------------------|
| 5               | 5,838                   |
| 8               | 38,26                   |
| 10              | 93,41                   |
| 12              | 193,7                   |
| 16              | 612,2                   |
| 20              | 1495                    |
| 25              | 3649                    |
| 30              | 7566                    |
| 40              | 2,391 • 10 <sup>4</sup> |
| 50              | 5,838 • 10 <sup>4</sup> |
| 60              | 1,211 • 10 <sup>5</sup> |
| 80              | 3,826 • 10 <sup>5</sup> |

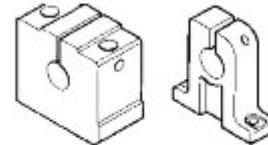
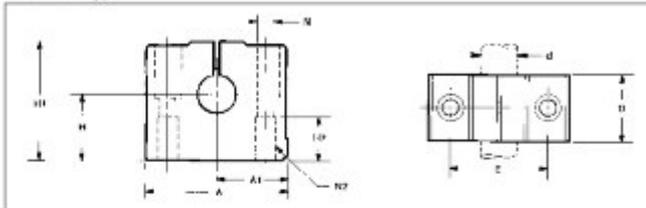
#### Simply Supported Shaft with 2 Single Blocks



THOMSON and Metric Components are a registered trademark of Danaher Corporation. Danaher Motion makes every attempt to ensure accuracy and reliability of the specifications in this publication. Specifications are subject to change without notice. Danaher Motion provides this information "AS IS" and disclaims all warranties, express or implied, including, but not limited to, implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. It is the responsibility of the product user to determine the suitability of this product for a specific application. ©2004, 2000 Danaher Motion.

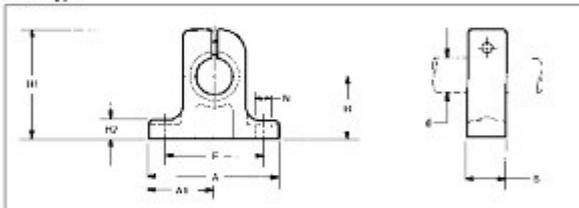
### Thomson LinearFace™ Support Blocks

Aluminum type



| Part Number | Dimensions (mm) |            |    |    |     |              |    |            |      |     | Linearface Block Mass (Kg) |
|-------------|-----------------|------------|----|----|-----|--------------|----|------------|------|-----|----------------------------|
|             | d<br>h6         | H<br>±0,01 | H1 | H2 | A   | A1<br>±0,015 | B  | E<br>±0,12 | N    | N2  |                            |
| ASB M08     | 8               | 15         | 28 | 9  | 32  | 16,0         | 18 | 22         | 3,5  | M4  | 0,04                       |
| ASB M12     | 12              | 20         | 36 | 13 | 43  | 21,5         | 20 | 30         | 5,3  | M6  | 0,10                       |
| ASB M16     | 16              | 25         | 43 | 18 | 53  | 26,5         | 24 | 38         | 6,6  | M8  | 0,15                       |
| ASB M20     | 20              | 30         | 51 | 22 | 60  | 30,0         | 30 | 42         | 8,4  | M10 | 0,23                       |
| ASB M25     | 25              | 35         | 61 | 26 | 78  | 39,0         | 38 | 56         | 10,5 | M12 | 0,41                       |
| ASB M30     | 30              | 40         | 71 | 26 | 87  | 43,5         | 40 | 64         | 10,5 | M12 | 0,53                       |
| ASB M40     | 40              | 50         | 88 | 34 | 108 | 54,0         | 48 | 82         | 13,5 | M16 | 0,99                       |

Steel type



| Part Number | Dimensions (mm) |            |    |      |     |              |    |            |      |      | Linearface Block Mass (Kg) |
|-------------|-----------------|------------|----|------|-----|--------------|----|------------|------|------|----------------------------|
|             | d<br>h6         | H<br>±0,01 | H1 | H2   | A   | A1<br>±0,012 | B  | E<br>±0,12 | N    |      |                            |
| SB M08      | 8               | 15         | 27 | 5,2  | 32  | 16           | 10 | 25         | 4,5  | 0,03 |                            |
| SB M12      | 12              | 20         | 35 | 5,5  | 42  | 21           | 12 | 32         | 5,5  | 0,06 |                            |
| SB M16      | 16              | 25         | 42 | 6,5  | 50  | 25           | 16 | 40         | 5,5  | 0,11 |                            |
| SB M20      | 20              | 30         | 50 | 8,0  | 60  | 30           | 20 | 45         | 5,5  | 0,21 |                            |
| SB M25      | 25              | 35         | 58 | 9,0  | 74  | 37           | 25 | 60         | 6,6  | 0,35 |                            |
| SB M30      | 30              | 40         | 68 | 10,0 | 84  | 42           | 28 | 68         | 9,0  | 0,52 |                            |
| SB M40      | 40              | 50         | 86 | 12,0 | 108 | 54           | 32 | 86         | 11,0 | 0,92 |                            |

60 Case LinearFace  
Steel and Supports

THOMSON and Metric Components are a registered trademark of Danaher Corporation. Danaher Motion makes every attempt to assure accuracy and reliability of the specifications in this publication. Specifications are subject to change without notice. Danaher Motion provides the information "AS IS" and disclaims all warranties, express or implied, including, but not limited to, implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. It is the responsibility of the product user to determine the suitability of this product for a specific application. ©2014, 2007 Danaher Motion.

## ANEXO – FICHA TÉCNICA DOS ROLAMENTOS LINEARES

Electric Drives  
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and  
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

**Rexroth**  
Bosch Group

### Linear Bushings and Shafts

R310EN 3100 (2007.03)

The Drive & Control Company



Bosch Rexroth AG

## Linear Motion and Assembly Technologies

Ball Rail Systems  
Roller Rail Systems  
Linear Bushings and Shafts

Ball Screw Drives  
Linear Motion Systems

Basic Mechanical Elements  
Manual Production Systems  
Transfer Systems



[www.boschrexroth.com/brl](http://www.boschrexroth.com/brl)

## Life Expectancy Calculation

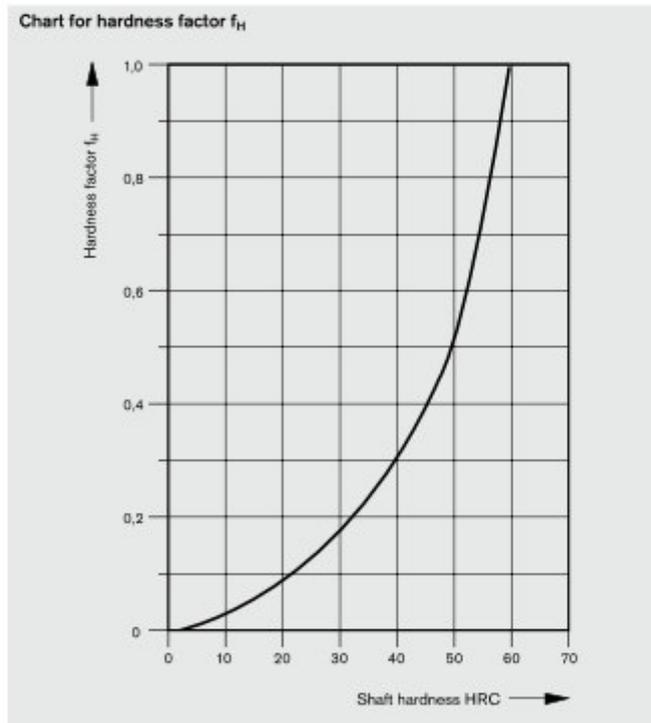
### Nominal life

$$L = \left( \frac{C}{F_m} \cdot f_H \cdot f_t \cdot f_s \right)^3 \cdot 10^6$$

$$L_h = \frac{L}{2 \cdot s \cdot n_s \cdot 60}$$

- L = nominal life (m)
- $L_h$  = nominal life (h)
- C = dynamic load capacity (N)
- $F_m$  = equivalent dynamic load (N)
- $f_H$  = shaft hardness factor -
- $f_t$  = temperature factor -
- $f_s$  = short stroke factor (for Segmental, Compact, eLINE and Super Linear Bushings only) -
- s = length of stroke (m)
- $n_s$  = stroke repetition rate (full cycles) ( $\text{min}^{-1}$ )

### Shaft hardness factor



### Temperature factor

|                          |     |      |      |      |      |
|--------------------------|-----|------|------|------|------|
| Bushing temperature (°C) | 100 | 125  | 150  | 175  | 200  |
| Temperature factor $f_t$ | 1   | 0.92 | 0.85 | 0.77 | 0.70 |

### Short stroke factor

For eLINE, Compact, Super and Segmental Linear Bushings, a short stroke is defined as a stroke length of less than three times the length of the linear bushing. In short-stroke applications, the life of the shaft is shorter than that of the Linear Bushing. For further information, please refer to the technical data given for the individual linear bushing types. For applications with a stroke that is longer than three times the linear bushing length, the short stroke factor is  $f_s = 1$ .

**Equivalent dynamic load on bearing**

If the bushings are subjected to variable loads but constant direction of load, the equivalent dynamic load  $F_m$  is calculated as follows:

$$F_m = \sqrt[3]{|F_1|^3 \cdot \frac{q_{s1}}{100\%} + |F_2|^3 \cdot \frac{q_{s2}}{100\%} + \dots + |F_n|^3 \cdot \frac{q_{sn}}{100\%}}$$

If the load acts from several directions, the overall resultant load must be calculated. Any preloads and tilting moments must be also considered in the nominal life calculation.

- $F_m$  = equivalent dynamic load on the bearing (N)
- $F_1, F_2 \dots F_n$  = discrete dynamic load steps in phases 1 ... n (N)
- $q_{s1}, q_{s2} \dots q_{sn}$  = discrete travel steps for  $F_1 \dots F_n$  (%)
- $n$  = number of phases (-)

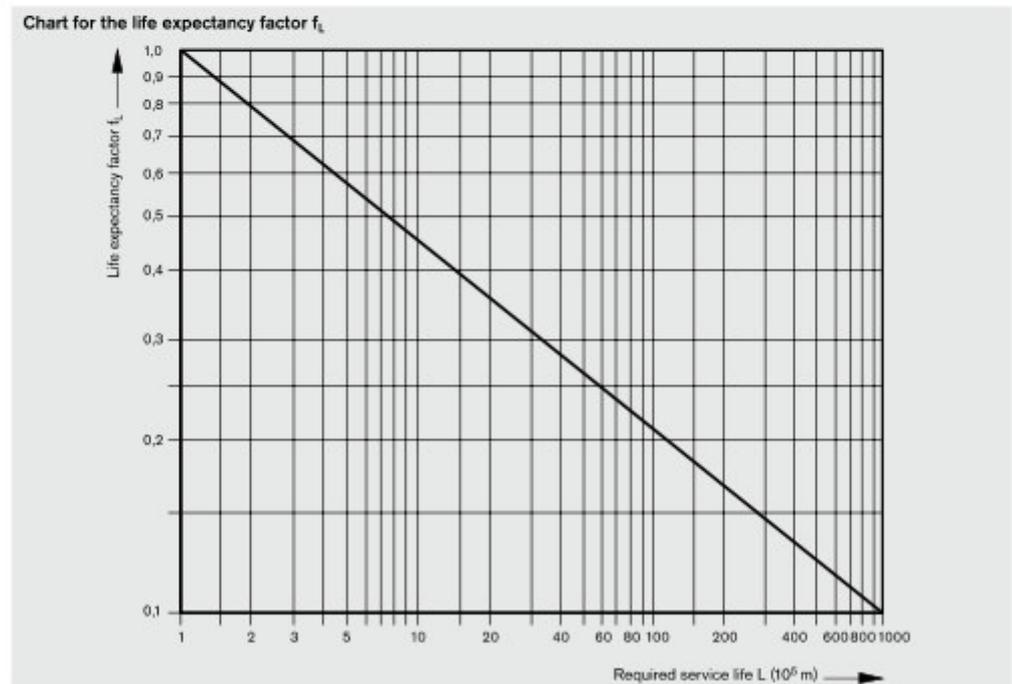
**Load capacity calculation**

The following formula can be used in rough design calculations:

$$C_{req} = \frac{F_m}{f_{Ht} \cdot f_t \cdot f_s \cdot f_L}$$

- $C_{req}$  = required dynamic load capacity (N)
- $F_m$  = equivalent dynamic load on the bearing (N)
- $f_{Ht}$  = shaft hardness factor (-)
- $f_t$  = temperature factor (-)
- $f_s$  = short stroke factor (for Segmental, Compact, eLINE and Super Linear Bushings only) (-)
- $f_L$  = life expectancy factor (-)

**Effect of the required life**



## Life Expectancy Calculation

### Load capacities

| Dimensions<br>(mm)<br>Shaft | Load capacities (N)               |                |                                  |                |                             |                |                              |                |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
|                             | eLINE, Compact<br>Linear Bushings |                | Super<br>Linear Bushings<br>⊖, ⊕ |                | Standard<br>Linear Bushings |                | Segmental<br>Linear Bushings |                |
| ∅ d                         | C                                 | C <sub>0</sub> | C                                | C <sub>0</sub> | C                           | C <sub>0</sub> | C                            | C <sub>0</sub> |
| 3                           | -                                 | -              | -                                | -              | 55                          | 45             | -                            | -              |
| 4                           | -                                 | -              | -                                | -              | 70                          | 60             | -                            | -              |
| 5                           | -                                 | -              | -                                | -              | 180                         | 140            | -                            | -              |
| 8                           | 500                               | 350            | -                                | -              | 320                         | 240            | -                            | -              |
| 10                          | 600                               | 410            | 600                              | 330            | 300                         | 260            | -                            | -              |
| 12                          | 730                               | 420            | 830                              | 420            | 420                         | 280            | 480                          | 420            |
| 14                          | 760                               | 430            | -                                | -              | -                           | -              | -                            | -              |
| 16                          | 950                               | 500            | 1020                             | 530            | 580                         | 440            | 720                          | 620            |
| 20                          | 1120                              | 610            | 2020                             | 1050           | 1170                        | 860            | 1020                         | 870            |
| 25                          | 2330                              | 1310           | 3950                             | 2180           | 2080                        | 1560           | 1630                         | 1360           |
| 30                          | 3060                              | 1880           | 4800                             | 2790           | 2820                        | 2230           | 2390                         | 1960           |
| 40                          | 5040                              | 3140           | 8240                             | 4350           | 5170                        | 3810           | 3870                         | 3270           |
| 50                          | 5680                              | 3610           | 12060                            | 6470           | 8260                        | 6470           | -                            | -              |
| 60                          | -                                 | -              | -                                | -              | 11500                       | 9160           | -                            | -              |
| 80                          | -                                 | -              | -                                | -              | 21000                       | 16300          | -                            | -              |

### Note on dynamic load capacities

Determination of the dynamic load capacities is based on a travel life of 100,000 m. Often only 50,000 m are actually stipulated. For comparison: Multiply values C from the table by 1.26.

### Static load safety factor

The static load safety factor  $S_0$  is required in order to avoid any inadmissible permanent deformations of the running tracks and rolling elements. It is the ratio of the static load capacity  $C_0$  to the maximum load occurring,  $F_{0max}$ . Calculations must always be based on the highest occurring amplitude, even if this is only of very short duration.

$$S_0 = \frac{C_0}{F_{0max}}$$

$S_0$  = static load safety factor (-)  
 $C_0$  = static load capacity (N)  
 $F_{0max}$  = maximum static load on bearing (N)

### Recommendations for the static load safety factor under different conditions of use

| Conditions of use                    | $S_0$    |
|--------------------------------------|----------|
| Normal conditions of use             | 1 ... 2  |
| Low impact loads and vibrations      | 2 ... 4  |
| Moderate impact loads and vibrations | 3 ... 5  |
| Heavy impact loads and vibrations    | 4 ... 6  |
| Unknown load parameters              | 6 ... 15 |

**Calculation example**

The load on a carriage acting perpendicular to the twin shafts is 800 N. It is assumed that the load is distributed evenly over the four Linear Bushings. The carriage travels back and forth over a stroke of  $s = 0.2$  m with a frequency of  $n_s = 30$  full cycles per minute. The minimum required service life is  $L_n = 8000$  hours. The operating temperature lies between 0 °C and 80 °C. Precision Steel Shafts with a minimum hardness of HRC 60 and eLINE Linear Bushings are to be used. The conditions of use are assumed to be low impact loads and vibrations.

**Determination of the Linear Bushing size**

Since the load is distributed evenly among the four Linear Bushings, the same load value can be applied for each Linear Bushing.

$$F_m = \frac{800 \text{ N}}{4} = 200 \text{ N}$$

$F_m$  = equivalent dynamic load on the bearing (per Linear Bushing) (N)

The nominal life  $L$  as total travel in meters is calculated as follows:

$$L = 2 \cdot s \cdot n_s \cdot 60 \cdot L_n$$

$$L = 2 \cdot 0.2 \cdot 30 \cdot 60 \cdot 8000$$

$$L = 576 \cdot 10^5 \text{ m}$$

$L$  = nominal life (m)  
 $L_n$  = nominal life (h)  
 $s$  = length of stroke (m)  
 $n_s$  = stroke repetition rate (min)

The life expectancy factor  $f_L$  associated with the calculated service life of  $57.6 \cdot 10^5$  m can be read off from the "Life expectancy factor" chart as  $f_L = 0.25$ .

For a shaft hardness of 60 HRC, the reading from the chart for Shaft hardness factor  $f_H$  gives a value of  $f_H = 1$ .

The temperature factor (as given in the table) is  $f_t = 1$ .

Since this is not a short-stroke application, the short stroke is  $f_s = 1$ .

The resulting required load capacity  $C_{req}$  is as follows:

$$C_{req} = \frac{F_m}{f_H \cdot f_t \cdot f_s \cdot f_L}$$

$$C_{req} = \frac{200}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.25}$$

$$C_{req} = 800 \text{ N}$$

$C_{req}$  = required dynamic load capacity (N)  
 $F_m$  = equivalent dynamic load on the bearing (N)

The Linear Bushing with the next highest load capacity would be, for example, R0658 252 44.

Because the orientation of the Linear Bushings relative to the load direction is not clearly defined, the calculation must be based on the minimum load capacities. In this case, these are:

Dynamic load capacity  $C_{min} = 950$  N.

Static load capacity  $C_{0min} = 500$  N.

## Life Expectancy Calculation

### Calculation of the nominal life

The nominal life in meters of the selected Linear Bushing R065B 252 44 can now be calculated by introducing the following values into the formula:

$$L = \left( \frac{C}{F_m \cdot f_H \cdot f_t \cdot f_s} \right)^3 \cdot 10^6$$

$$L = \left( \frac{950}{200 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} \right)^3 \cdot 10^6$$

L = nominal life (m)

|                                    |                |   |       |
|------------------------------------|----------------|---|-------|
| Dynamic load capacity              | C              | = | 950 N |
| Equivalent dynamic load on bearing | F <sub>m</sub> | = | 200 N |
| Hardness factor                    | f <sub>H</sub> | = | 1     |
| Temperature factor                 | f <sub>t</sub> | = | 1     |
| Short stroke factor                | f <sub>s</sub> | = | 1     |

$$L = \left( \frac{950}{200} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \right)^3 \cdot 10^6$$

$$L = 107 \cdot 10^6 \text{ m}$$

L = nominal life (m)

The service life in operating hours can be calculated from the travel life in meters by using the following formula:

$$L_h = \frac{L}{2 \cdot s \cdot n_s \cdot 60}$$

$$L_h = \frac{107 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,2 \cdot 30 \cdot 60}$$

$$L_h = 14861 \text{ h}$$

L<sub>n</sub> = nominal life (h)  
s = length of stroke (m)  
n<sub>s</sub> = stroke repetition rate (min)

The required minimum service life of 8000 hours is therefore met.

### Calculation of the static load safety factor

The static load safety factor can now be calculated for the selected Linear Bushing R065B 252 44 with the help of the formula:

$$S_0 = \frac{C_0}{F_{0max}}$$

S<sub>0</sub> = static load safety factor (-)  
C<sub>0</sub> = static load capacity (N)  
F<sub>0max</sub> = maximum static load on bearing (N)

|                                |                   |   |       |
|--------------------------------|-------------------|---|-------|
| Static load capacity           | C <sub>0</sub>    | = | 500 N |
| Maximum static load on bearing | F <sub>0max</sub> | = | 200 N |

$$S_0 = \frac{500}{200} = 2,5$$

S<sub>0</sub> = static load safety factor (-)

The conditions of use defined for this calculation example call for a static load safety factor S<sub>0</sub> = 2 ... 4, which is fulfilled by the result of the calculation.

## Tolerance Tables

### Tolerances for inside dimensions

| Rated dimension (mm) | Tolerances (μm) = 0.001 mm |     |     |     |     |      |      |      |       |       |      |     |     |     |     |      |
|----------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|------|
|                      | G7                         | H5  | H6  | H7  | H8  | H11  | H12  | H13  | JS6   | JS7   | JS14 | K6  | K7  | M6  | M7  | P9   |
| > 3                  | +16                        | +5  | +8  | +12 | +18 | +75  | +120 | +180 | +4    | +6    | +150 | +2  | +3  | -1  | 0   | -12  |
| ≤ 6                  | +4                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | -4    | -6    | -150 | -6  | -9  | -9  | -12 | -42  |
| > 6                  | +20                        | +6  | +9  | +15 | +22 | +90  | +150 | +220 | +4.5  | +7.5  | +180 | +2  | +5  | -3  | 0   | -15  |
| ≤ 10                 | +5                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | -4.5  | -7.5  | -180 | -7  | -10 | -12 | -15 | -51  |
| > 10                 | +24                        | +8  | +11 | +18 | +27 | +110 | +180 | +270 | +5.5  | +9    | +215 | +2  | +6  | -4  | 0   | -18  |
| ≤ 18                 | +6                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | -5.5  | -9    | -215 | -9  | -12 | -15 | -18 | -61  |
| > 18                 | +28                        | +9  | +13 | +21 | +33 | +130 | +210 | +330 | +6.5  | +10.5 | +260 | +2  | +6  | -4  | 0   | -22  |
| ≤ 30                 | +7                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | -6.5  | -10.5 | -260 | -11 | -15 | -17 | -21 | -74  |
| > 30                 | +34                        | +11 | +16 | +25 | +39 | +160 | +250 | +390 | +8    | +12.5 | +310 | +3  | +7  | -4  | 0   | -26  |
| ≤ 50                 | +9                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | -8    | -12.5 | -310 | -13 | -18 | -20 | -25 | -88  |
| > 50                 | +40                        | +13 | +19 | +30 | +46 | +190 | +300 | +460 | +9.5  | +15   | +370 | +4  | +9  | -5  | 0   | -32  |
| ≤ 80                 | +10                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | -9.5  | -15   | -370 | -15 | -21 | -24 | -30 | -106 |
| > 80                 | +47                        | +15 | +22 | +35 | +54 | +220 | +350 | +540 | +11   | +17.5 | +435 | +4  | +10 | -6  | 0   | -37  |
| ≤ 120                | +12                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | -11   | -17.5 | -435 | -18 | -25 | -28 | -35 | -124 |
| > 120                | +54                        | +18 | +25 | +40 | +63 | +250 | +400 | +630 | +12.5 | +20   | +500 | +4  | +12 | -8  | 0   | -43  |
| ≤ 180                | +14                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | -12.5 | -20   | -500 | -21 | -28 | -33 | -40 | -143 |
| > 180                | +61                        | +20 | +29 | +46 | +72 | +290 | +460 | +720 | +14.5 | +23   | +575 | +5  | +13 | -8  | 0   | -50  |
| ≤ 250                | +15                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | -14.5 | -23   | -575 | -24 | -33 | -37 | -46 | -165 |

### Tolerances for outside dimensions

| Rated dimension (mm) | Tolerances (μm) = 0.001 mm |     |     |     |     |      |      |      |       |       |      |     |     |     |     |     |
|----------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                      | g7                         | h5  | h6  | h7  | h8  | h11  | h12  | h13  | js6   | js7   | js14 | k6  | k7  | m6  | m7  | p9  |
| > 3                  | -4                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | +4    | +6    | +150 | +9  | +13 | +12 | +16 | +42 |
| ≤ 6                  | -16                        | -5  | -8  | -12 | -18 | -75  | -120 | -180 | -4    | -6    | -150 | +1  | +1  | +4  | +4  | +12 |
| > 6                  | -5                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | +4.5  | +7.5  | +180 | +10 | +16 | +15 | +21 | +51 |
| ≤ 10                 | -20                        | -6  | -9  | -15 | -22 | -90  | -150 | -220 | -4.5  | -7.5  | -180 | +1  | +1  | +6  | +6  | +15 |
| > 10                 | -6                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | +5.5  | +9    | +215 | +12 | +19 | +18 | +25 | +61 |
| ≤ 18                 | -24                        | -8  | -11 | -18 | -27 | -110 | -180 | -270 | -5.5  | -9    | -215 | +1  | +1  | +7  | +7  | +18 |
| > 18                 | -7                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | +6.5  | +10.5 | +260 | +15 | +23 | +21 | +29 | -   |
| ≤ 30                 | -28                        | -9  | -13 | -21 | -33 | -130 | -210 | -330 | -6.5  | -10.5 | -260 | +2  | +2  | +8  | +8  | -   |
| > 30                 | -9                         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | +8    | +12.5 | +310 | +18 | +27 | +25 | +34 | -   |
| ≤ 50                 | -34                        | -11 | -16 | -25 | -39 | -160 | -250 | -390 | -8    | -12.5 | -310 | +2  | +2  | +9  | +9  | -   |
| > 50                 | -10                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | +9.5  | +15   | +370 | +21 | +32 | +30 | +41 | -   |
| ≤ 80                 | -40                        | -13 | -19 | -30 | -46 | -190 | -300 | -460 | -9.5  | -15   | -370 | +2  | +2  | +11 | +11 | -   |
| > 80                 | -12                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | +11   | +17.5 | +435 | +25 | +38 | +35 | +48 | -   |
| ≤ 120                | -47                        | -15 | -22 | -35 | -54 | -220 | -350 | -540 | -11   | -17.5 | -435 | +3  | +3  | +13 | +13 | -   |
| > 120                | -14                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | +12.5 | +20   | +500 | +28 | +43 | +40 | +55 | -   |
| ≤ 180                | -54                        | -18 | -25 | -40 | -63 | -250 | -400 | -630 | -12.5 | -20   | -500 | +3  | +3  | +15 | +15 | -   |
| > 180                | -15                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | +14.5 | +23   | +575 | +33 | +50 | +46 | +63 | -   |
| ≤ 250                | -61                        | -20 | -29 | -46 | -72 | -290 | -460 | -720 | -14.5 | -23   | -575 | +4  | +4  | +17 | +17 | -   |

eLINE, Compact Linear Sets

**eLINE Linear Sets, R1027**  
**Closed type, normal**  
**or corrosion-resistant**

**Compact Linear Sets, R1028**  
**Adjustable, normal**

**Structural design, eLINE Linear Sets**  
**R1027**

- Precision housing in lightweight construction (aluminum)
- With eLINE Linear Bushing (shaft diameter 50 with Compact Linear Bushing)
- Integrated wiper seals
- Reduced radial clearance
- Pre-lubricated with Dynalub 510
- Also available in corrosion-resistant version (per ISO 683-17/EN 10088)

**Structural design, Compact Linear Sets**  
**R1028**

- With Compact Linear Bushing



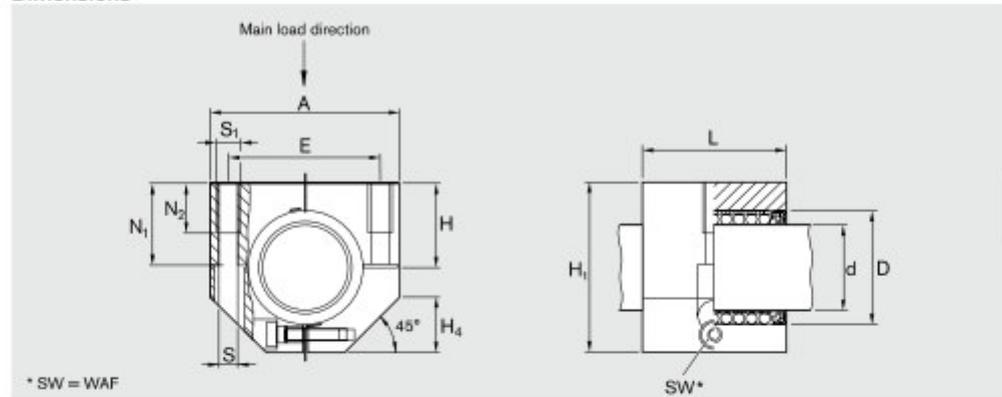
| Shaft<br>Ø d<br>(mm) | Part numbers eLINE Linear Set |                            | Weight<br>(kg) |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------|
|                      | Normal                        | Corrosion-resistant        |                |
| 12                   | R1027 251 44                  | R1027 251 34               | 0.08           |
| 16                   | R1027 252 44                  | R1027 252 34               | 0.11           |
| 20                   | R1027 253 44                  | R1027 253 34               | 0.15           |
| 25                   | R1027 254 44                  | R1027 254 34               | 0.27           |
| 30                   | R1027 255 44                  | R1027 255 34               | 0.40           |
| 40                   | R1027 256 44                  | R1027 256 34               | 0.75           |
| 50                   | R1027 250 44 <sup>1)</sup>    | R1027 250 34 <sup>1)</sup> | 1.20           |

1) With Compact Linear Bushing (normal radial clearance)



| Shaft<br>Ø d<br>(mm) | Part numbers Compact Linear Set |  | Weight<br>(kg) |
|----------------------|---------------------------------|--|----------------|
|                      | Normal                          |  |                |
| 12                   | R1028 212 44                    |  | 0.08           |
| 16                   | R1028 216 44                    |  | 0.11           |
| 20                   | R1028 220 44                    |  | 0.15           |
| 25                   | R1028 225 44                    |  | 0.27           |
| 30                   | R1028 230 44                    |  | 0.40           |
| 40                   | R1028 240 44                    |  | 0.75           |
| 50                   | R1028 250 44                    |  | 1.20           |

Dimensions



\* SW = WAF

Dimensions (mm)

| Ø d | D  | H  | H <sub>1</sub> | A   | L  | E<br>±0.15 | S <sup>1)</sup> | S <sub>1</sub> | N <sub>1</sub> | N <sub>2</sub> | H <sub>4</sub> | WAF |
|-----|----|----|----------------|-----|----|------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|
| 12  | 19 | 17 | 33             | 40  | 28 | 29         | 4.3             | M5             | 16             | 11             | 11             | 2.5 |
| 16  | 24 | 19 | 38             | 45  | 30 | 34         | 4.3             | M5             | 18             | 11             | 13             | 2.5 |
| 20  | 28 | 23 | 45             | 53  | 30 | 40         | 5.3             | M6             | 22             | 13             | 15             | 3   |
| 25  | 35 | 27 | 54             | 62  | 40 | 48         | 6.6             | M8             | 26             | 18             | 17             | 4   |
| 30  | 40 | 30 | 60             | 67  | 50 | 53         | 6.6             | M8             | 29             | 18             | 19             | 4   |
| 40  | 52 | 39 | 76             | 87  | 60 | 69         | 8.4             | M10            | 38             | 22             | 24             | 5   |
| 50  | 62 | 47 | 92             | 103 | 70 | 82         | 10.5            | M12            | 46             | 26             | 30             | 6   |

| Ø d<br>(mm) | Radial clearance (µm) |  | Tolerance for H <sup>2)</sup> (µm) |            | Load capacities <sup>3)</sup> (N) |                |                     |                |
|-------------|-----------------------|--|------------------------------------|------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
|             | R1027<br>Shaft        | R1028  | R1027                              | R1028      | Normal                            |                | Corrosion-resistant |                |
|             | h6                    |  |                                    |            | C                                 | C <sub>0</sub> | C                   | C <sub>0</sub> |
| 12          | +8<br>-24             | Adjusted prior to delivery to zero-clearance on h6 shaft (lower limit) when screwed down | +24<br>0                           | +12<br>-12 | 810                               | 490            | 570                 | 390            |
| 16          | +8<br>-24             |  | +24<br>0                           | +12<br>-12 | 1050                              | 570            | 730                 | 460            |
| 20          | +9<br>-25             |  | +25<br>0                           | +13<br>-12 | 1410                              | 900            | 990                 | 720            |
| 25          | +12<br>-24            |  | +25<br>0                           | +13<br>-12 | 2930                              | 1950           | 2050                | 1560           |
| 30          | +12<br>-24            |  | +25<br>0                           | +13<br>-12 | 3850                              | 2790           | 2700                | 2230           |
| 40          | +18<br>-25            |  | +26<br>0                           | +14<br>-12 | 6380                              | 4650           | 4470                | 3720           |
| 50          | +42<br>-1             |  | +14<br>-12                         | +14<br>-12 | 7180                              | 5350           | 5030                | 4280           |

- 1) Mounting screws ISO 4762-8.8.
- 2) Relative to Ø d.
- 3) The load capacities apply for the main direction of loading. If the load does not act in the main direction of loading, the load capacities must be multiplied by the following factors:

Ø d 12 and 16:  $f = 0.90, f_0 = 0.86$

Ø d 20 to 50:  $f = 0.79, f_0 = 0.68$

Determination of the dynamic load capacities is based on a travel life of 100,000 m. Often only 50,000 m are actually stipulated. For comparison: Multiply values C from the table by 1.26.

# ANEXO – FICHA TÉCNICA DAS ESFERAS TRANSPORTADORAS

Electric Drives  
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and  
Assembly Technologies

Pneumatics

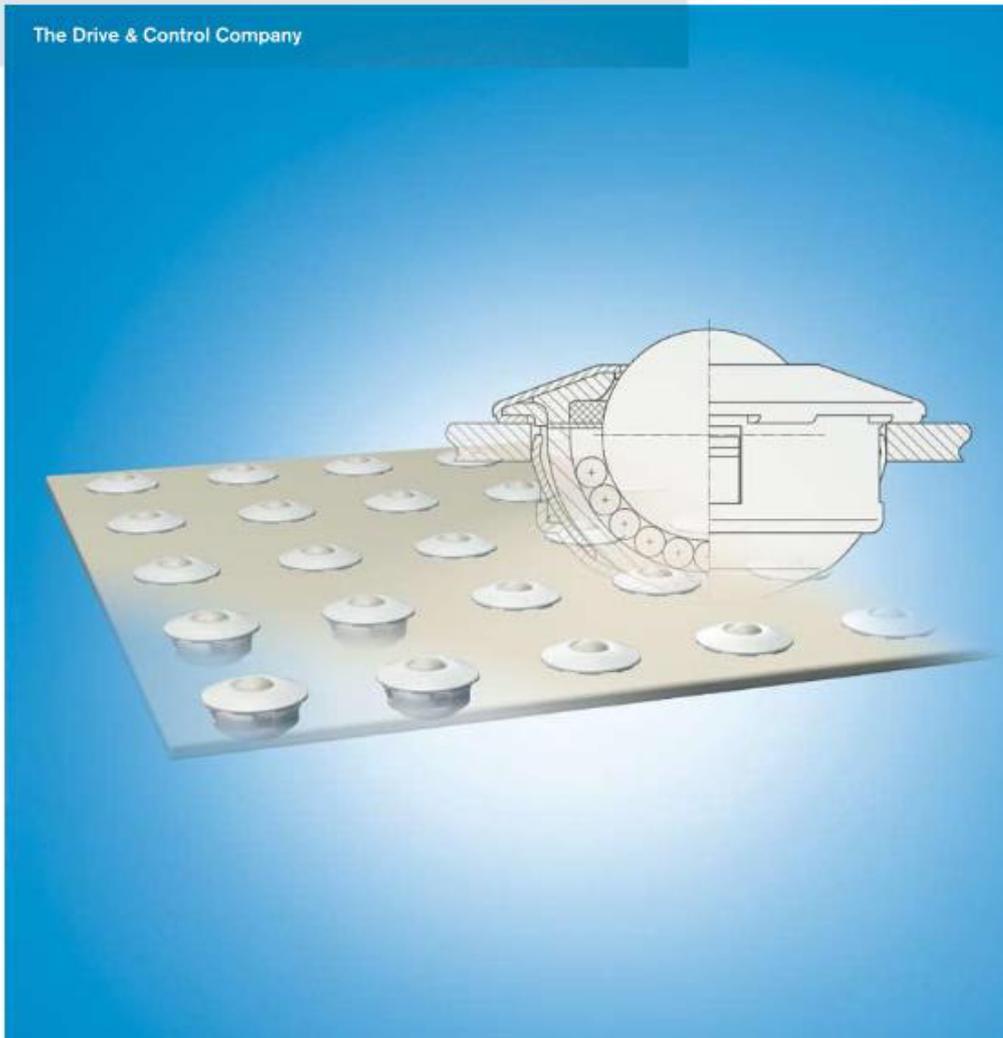
Service

**Rexroth**  
Bosch Group

## Ball Transfer Units

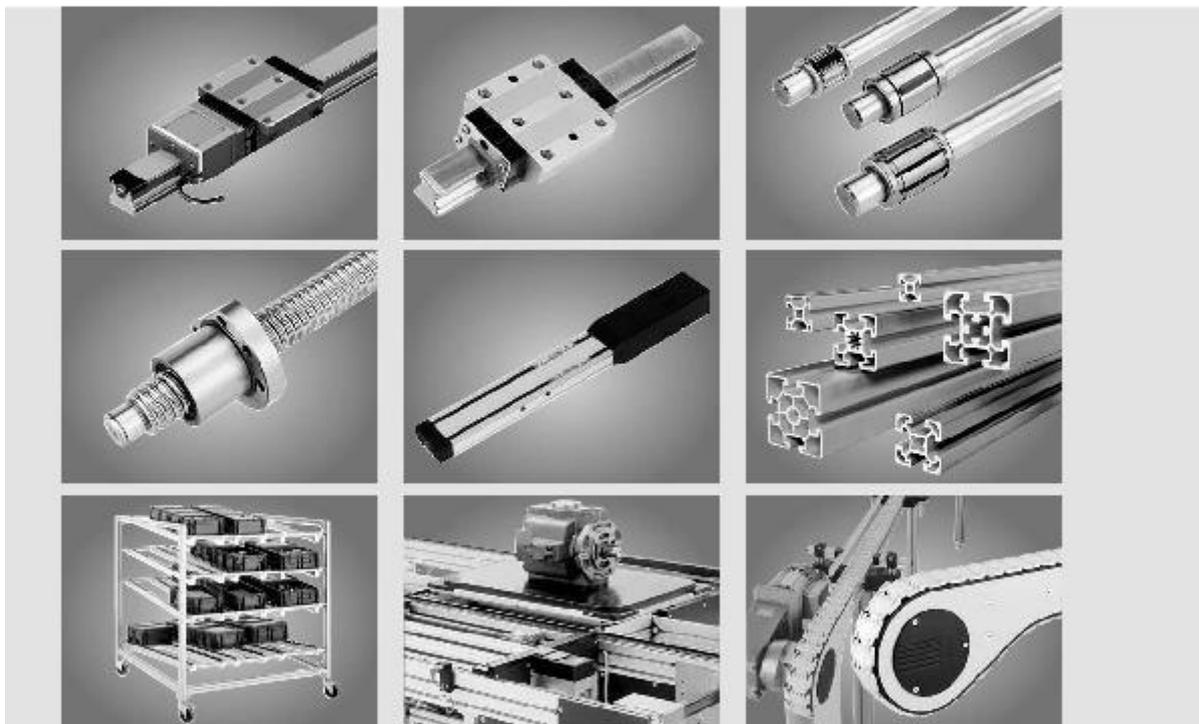
R310EN 2910 (2006.11)

The Drive & Control Company



## Linear Motion and Assembly Technologies

Ball Rail Systems  
Roller Rail Systems  
Linear Bushings and Shafts  
Ball Screw Drives  
Linear Motion Systems  
Basic Mechanical Elements  
Manual Production Systems  
Transfer Systems



[www.boschrexroth.com/brl](http://www.boschrexroth.com/brl)

## Ball Transfer Units

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Product Overview</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>Technical Data</b>                                       | <b>6</b>  |
| <b>Dimensions, Load Capacities</b>                          | <b>10</b> |
| with Sheet Steel Housing R0530                              | 10        |
| with Plastic Load Ball R0531                                | 10        |
| Spring-Loaded R0532   | 11        |
| with Solid Steel Housing R0533                              | 12        |
| without Housing R0534                                       | 15        |
| with Reinforced Sheet Steel Housing R0535                   | 15        |
| with Spring Clip R0536                                      | 16        |
| with Plastic Housing R0530                                  | 17        |
| <b>Tolerance Ring / Mounting Tools</b>                      | <b>18</b> |
| Tolerance Ring R0810  | 18        |
| Mounting tool R0536 for Ball Transfer Units R0535 and R0536 | 18        |

## Product Overview

Ball Transfer Units make light work of shifting, rotating and directing unit loads. They have proven extremely valuable as integral parts of conveyor systems, feed devices, and machining and packaging equipment.

### Applications

- General-purpose machines
- Feed tables for sheet-metal working machines
- Fixtures for press brakes
- Feed devices for machining centers
- Drilling machine tables and motor-driven supporting tables
- Assembly aids in the manufacture of large engines and motors

### Conveyor Systems

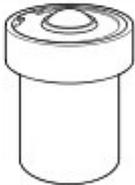
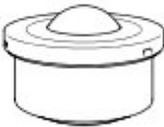
- Ball transfer tables, turntables and switches for sorting and distribution systems
- Crossover sections of continuous conveyors
- Baggage sorting systems at airports
- Transport of steel tubes and pipes
- Lifting platforms

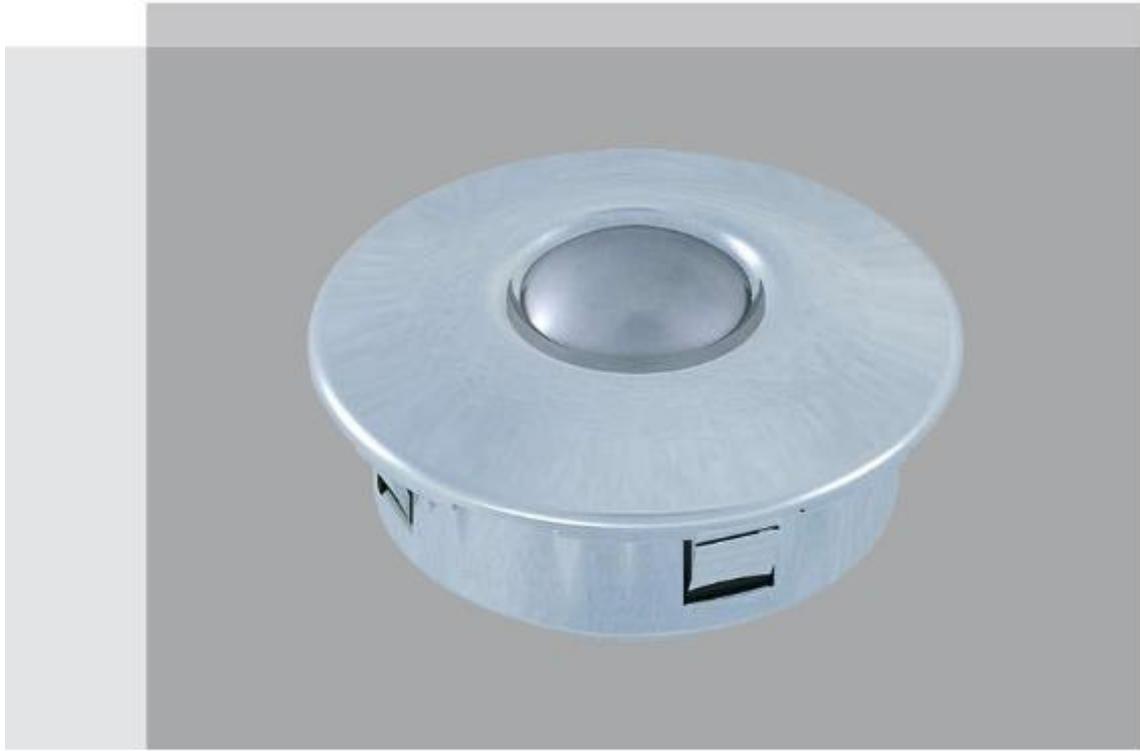
### Other Fields

- Construction of special-purpose machines
- Aerospace industry
- Beverage and stone-processing industries

### Further highlights

- Types for all standard applications and for many special solutions
- Easy mounting and extraction
- Conveying speed up to 2 m/sec in all types
- Consistently high quality
- High rationalization effect
- Smooth running
- Precise rolling and full load-bearing capability in any mounting orientation, even top-down

| Ball Transfer Units  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
|   |   |   |    |    |
| <p><b>with sheet steel housing</b><br/>0530-...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- smallest ball transfer unit</li> <li>- for general applications</li> </ul> <p><b>with plastic load ball</b><br/>0531-...</p> <p>suitable particularly for transporting sensitive materials such as glass, polished aluminum, brass and steel sheets</p> | <p><b>spring-loaded</b><br/>0532-...</p> <p>supported on springs and mounted under preload in a housing<br/>Ball Transfer Unit recedes into its housing under high loads</p> | <p><b>with steel housing</b><br/>0533-...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solid steel housing</li> <li>- without felt seal</li> <li>- very smooth movement</li> </ul> | <p><b>with steel housing</b><br/>0533-...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solid steel housing and cover</li> <li>- for very high loads</li> </ul> | <p><b>with steel housing</b><br/>0533-...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solid steel housing</li> <li>- for high loads</li> </ul> |



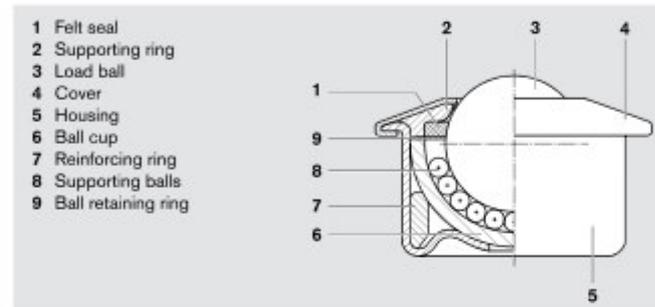
Ball Transfer Units

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|   |    |   |      |
| <p><b>without housing</b><br/><b>0534-...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- low space requirement</li> <li>- simple mounting</li> <li>- mounting via holes in the collar</li> </ul> | <p><b>with sheet steel housing</b><br/><b>0535-...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- reinforced housing and cover</li> <li>- for heavy impact loads</li> </ul> | <p><b>with spring clip</b><br/><b>0536-...</b></p> <p>easily mountable and extractable from the load side. Fixing is by means of spring clips, which permit generous tolerances in the mounting hole.<br/>Reinforced cover to withstand heavy impact loads.</p> | <p><b>with plastic housing</b><br/><b>0530-005-20</b></p> <p>for special applications</p> |

## Technical Data

### Structural design of the Ball Transfer Units

A hardened ball cup serves as a raceway for a multitude of small supporting balls. The supporting balls roll against the ball cup when the load ball turns. Rexroth Ball Transfer Units are designed so that precise rolling and full load-bearing capability are ensured in any mounting orientation. Ball Transfer Units require little maintenance, and almost every type is protected against dirt by an oil-soaked felt seal.



#### Ball Transfer Units in corrosion-preventive design

Corrosion, caused by moisture or chemical attack, can lead to impaired functioning or even failure of the Ball Transfer Units. Coated (galvanized + chromated) surfaces similar to EN 12329 specifications and/or higher-grade materials offer enhanced anticorrosion protection.

#### IvaGGF

offer simple protection against corrosion. In this type, the supporting balls and load balls are made from standard antifriction bearing steel and are protected from corrosive attack by the lubricant.

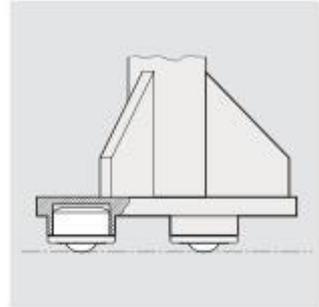
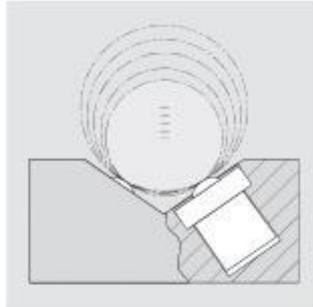
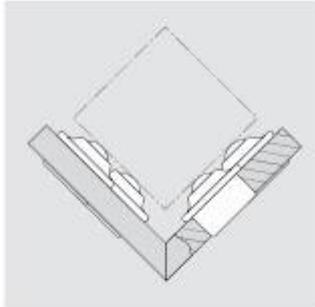
#### Galvanized internals, corrosion-resistant steel balls

Consistent coating of all internals and the use of corrosion-resistant steels for the antifriction bearing elements, similar to ISO 683-17 specifications, ensures comprehensive corrosion protection such as specified in ASTM B117-03.

#### All parts made from rust and acid resistant steel (Antifriction bearing steel to EN 10088)

This type is selected if the conveyed articles are abrasive and/or there is exposure to an aggressive environment, especially to chemicals. Since all versions have been designed to meet the high standards of ISO 281, even this type is unsuitable for underwater use.

**Mounting possibilities**



**Application example**  
Ball Transfer Units used for assembling ball rail system runner blocks

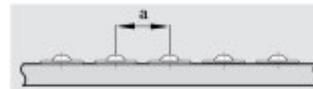


## Technical Data

### Arrangement of the Ball Transfer Units

How the Ball Transfer Units should be arranged depends on the undersurface of the conveyed article. For articles with a uniform, smooth undersurface, such as boxes and cases, the distance between the Ball Transfer Units is calculated simply by dividing the smallest edge length by 2.5.

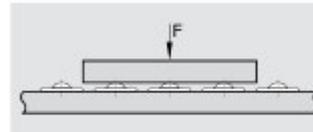
Example:  
Undersurface of the conveyed article  
= 500 x 1000 mm  
Distance between Ball Transfer Units  
 $a = \frac{500 \text{ mm}}{2.5} = 200 \text{ mm}$



### Determining the load for Ball Transfer Units

To determine the load for a Ball Transfer Unit, the weight of the conveyed article is divided by 3. If the load ball height tolerances are well-correlated, it is possible, depending on the nature of the conveyed article, to also perform the calculation based on the number of load-bearing Ball Transfer Units.

Example:  
Mass = 3000 N  
Ball Transfer Unit load  
 $F = \frac{3000 \text{ N}}{3} = 1000 \text{ N}$



### Spring-loaded Ball Transfer Units

The figures in the column headed "Preload" are most important when choosing the size for these types. The weight of the conveyed article is divided in this case by the number of load-bearing Ball Transfer Units.

### Conveying speed

$$V_{\text{max}} = 2 \text{ m/s}$$

### Load capacity

The stated load capacities apply to all mounting orientations and relate to  $10^6$  rotations of the load ball. In case of prolonged periods of use at speeds above 1 m/sec, an increase in temperature and reduced nominal life must be expected as a function of the load, especially for sizes 60 to 120.

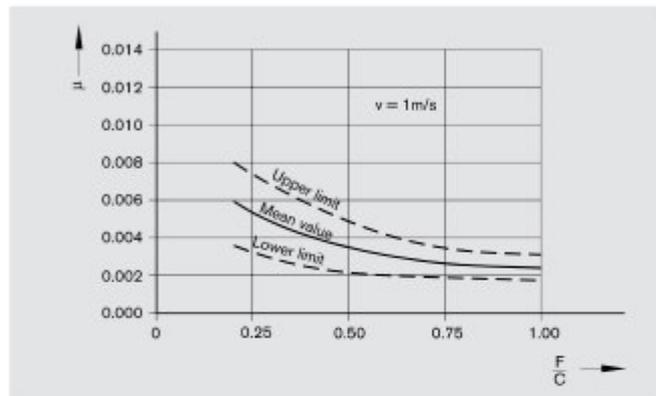
**Calculation of the nominal life**

$$L = \left(\frac{C}{F}\right)^3 \cdot 10^6$$

L = nominal life (rotations)  
 C = Load capacity (N)  
 F = load (N)

**Friction coefficients**

The diagram shows the friction coefficients of Ball Transfer Units as a function of load and speed. These guideline values apply to any mounting orientation for rolling contact on a hardened steel plate.



**Operating temperature**

**Ball Transfer Unit with steel load ball:**

up to 100 °C.  
 At temperatures above 100 °C, only non-galvanized load balls without a felt seal should be used. Make allowance for reduction in load capacity. Use high-temperature lubricant! Follow the manufacturer's instructions! The existing lube oil may have to be washed out.

**Ball Transfer Unit with plastic load ball:**

up to 30 °C.  
 At temperatures above 30 °C, make allowance for reduction in load capacity.

**Temperature factor**

for steel load ball:

for plastic load ball:

| Temperature (°C) | Temperature factor $f_T$ | Temperature (°C) | Temperature factor $f_T$ |
|------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| 125              | 0.9                      | 40               | 0.9                      |
| 150              | 0.8                      | 50               | 0.8                      |
| 175              | 0.7                      | 60               | 0.7                      |
| 200              | 0.5                      | 80               | 0.5                      |

The load capacity must be multiplied by the temperature factor.

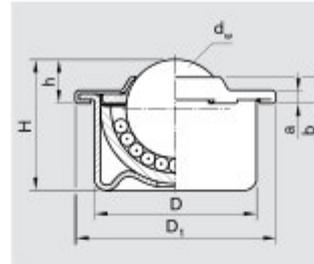
**Lubrication**

The lubrication must be adapted to the conveyed articles and to the ambient conditions. The lubricant (oil) can be introduced via the load ball.

## Dimensions, Load Capacities

### Ball Transfer Units with sheet steel housing R0530

- for general applications



| Part number                  | Execution   | Dimensions (mm) |              |                |             |      |     |      |      | Load capacity (N) |  | Weight (kg) |
|------------------------------|---|-----------------|--------------|----------------|-------------|------|-----|------|------|-------------------|--|-------------|
|                              |   | d <sub>w</sub>  | D            | D <sub>1</sub> | h           | H    | a   | b    | C    |                   |  |             |
| R0530 108 10 <sup>1)</sup>   | Cover and housing galvanized                                    | 8               | 12.6 ± 0.055 | 17             | 4.8 ± 0.15  | 11.2 | 1.8 | 3.2  | 130  | 0.007             |  |             |
| R0530 112 10 <sup>1)</sup>   |   | 12              | 18.0 ± 0.055 | 23             | 7.4 ± 0.15  | 15.5 | 2.0 | 4.3  | 250  | 0.018             |  |             |
| R0530 115 10 <sup>1)2)</sup> |   | 15              | 24.0 ± 0.065 | 31             | 9.5 ± 0.20  | 21.5 | 2.5 | 6.1  | 500  | 0.038             |  |             |
| R0530 122 10 <sup>2)</sup>   |   | 22              | 36.0 ± 0.080 | 45             | 9.8 ± 0.20  | 29.5 | 2.9 | 5.7  | 1300 | 0.132             |  |             |
| R0530 130 10 <sup>2)</sup>   |   | 30              | 45.0 ± 0.080 | 55             | 13.8 ± 0.30 | 37.5 | 3.7 | 7.9  | 2500 | 0.265             |  |             |
| R0530 145 10 <sup>2)</sup>   |   | 45              | 62.0 ± 0.095 | 75             | 19.0 ± 0.40 | 53.7 | 4.2 | 10.3 | 6000 | 0.720             |  |             |
| R0530 208 00 <sup>3)</sup>   | All parts galvanized, balls made from corrosion-resistant steel | 8               | 12.6 ± 0.055 | 17             | 4.8 ± 0.15  | 11.2 | 1.8 | 3.2  | 100  | 0.007             |  |             |
| R0530 212 10 <sup>1)</sup>   |   | 12              | 18.0 ± 0.055 | 23             | 7.4 ± 0.15  | 15.5 | 2.0 | 4.3  | 180  | 0.018             |  |             |
| R0530 215 10 <sup>1)2)</sup> |   | 15              | 24.0 ± 0.065 | 31             | 9.5 ± 0.20  | 21.5 | 2.5 | 6.1  | 370  | 0.038             |  |             |
| R0530 222 10 <sup>2)</sup>   |   | 22              | 36.0 ± 0.080 | 45             | 9.8 ± 0.20  | 29.5 | 2.9 | 5.7  | 970  | 0.132             |  |             |
| R0530 230 10 <sup>2)</sup>   |   | 30              | 45.0 ± 0.080 | 55             | 13.8 ± 0.30 | 37.5 | 3.7 | 7.9  | 1900 | 0.265             |  |             |
| R0530 245 10 <sup>2)</sup>   |   | 45              | 62.0 ± 0.095 | 75             | 19.0 ± 0.40 | 53.7 | 4.2 | 10.3 | 4500 | 0.720             |  |             |
| R0530 608 00 <sup>3)</sup>   | All parts made from corrosion-resistant steel                   | 8               | 12.6 ± 0.055 | 17             | 4.8 ± 0.15  | 11.2 | 1.8 | 3.2  | 100  | 0.007             |  |             |
| R0530 612 00 <sup>1)</sup>   |   | 12              | 18.0 ± 0.055 | 23             | 7.4 ± 0.15  | 15.5 | 2.0 | 4.3  | 180  | 0.018             |  |             |
| R0530 615 00 <sup>1)2)</sup> |   | 15              | 24.0 ± 0.065 | 31             | 9.5 ± 0.20  | 21.5 | 2.5 | 6.1  | 370  | 0.038             |  |             |
| R0530 622 00 <sup>2)</sup>   |   | 22              | 36.0 ± 0.080 | 45             | 9.8 ± 0.20  | 29.5 | 2.9 | 5.7  | 970  | 0.132             |  |             |
| R0530 630 00 <sup>2)</sup>   |   | 30              | 45.0 ± 0.080 | 55             | 13.8 ± 0.30 | 37.5 | 3.7 | 7.9  | 1900 | 0.265             |  |             |

### Ball Transfer Units with plastic load ball R0531

- suitable for conveying sensitive articles

| Part number                  | Execution                                     | Dimensions (mm)  |              |                |             |            |      |     |     | Load capacity <sup>4)</sup> (N) |       | Weight (kg) |
|------------------------------|---|--|--------------|----------------|-------------|------------|------|-----|-----|---------------------------------|-------|-------------|
|                              |   | d <sub>w</sub>   | D            | D <sub>1</sub> | h           | H          | a    | b   | C   |                                 |       |             |
| R0531 108 10 <sup>1)</sup>   | Cover and housing galvanized                  | 8  | 12.6 ± 0.055 | 17             | 4.8 ± 0.15  | 11.2       | 1.8  | 3.2 | 10  | 0.005                           |       |             |
| R0531 112 10 <sup>1)</sup>   |   | 12   | 18.0 ± 0.055 | 23             | 7.4 ± 0.15  | 15.5       | 2.0  | 4.3 | 35  | 0.012                           |       |             |
| R0531 115 10 <sup>1)2)</sup> |   | 15   | 24.0 ± 0.065 | 31             | 9.5 ± 0.20  | 21.5       | 2.5  | 6.1 | 70  | 0.024                           |       |             |
| R0531 122 10 <sup>2)3)</sup> |   | 22   | 36.0 ± 0.080 | 45             | 9.6 ± 0.20  | 29.3       | 2.9  | 5.7 | 100 | 0.093                           |       |             |
| R0531 130 10 <sup>2)3)</sup> |   | 30   | 45.0 ± 0.080 | 55             | 13.6 ± 0.30 | 37.3       | 3.7  | 7.9 | 150 | 0.168                           |       |             |
| R0531 208 10 <sup>1)</sup>   |   | All parts galvanized, load balls made from corrosion-resistant steel | 8            | 12.6 ± 0.055   | 17          | 4.8 ± 0.15 | 11.2 | 1.8 | 3.2 | 10                              | 0.005 |             |
| R0531 212 10 <sup>1)</sup>   | 12  |  | 18.0 ± 0.055 | 23             | 7.4 ± 0.15  | 15.5       | 2.0  | 4.3 | 35  | 0.012                           |       |             |
| R0531 215 10 <sup>1)2)</sup> | 15  |  | 24.0 ± 0.065 | 31             | 9.5 ± 0.20  | 21.5       | 2.5  | 6.1 | 70  | 0.024                           |       |             |
| R0531 222 10 <sup>2)3)</sup> | 22  |  | 36.0 ± 0.080 | 45             | 9.6 ± 0.20  | 29.3       | 2.9  | 5.7 | 100 | 0.093                           |       |             |
| R0531 230 10 <sup>2)3)</sup> | 30  |  | 45.0 ± 0.080 | 55             | 13.6 ± 0.30 | 37.3       | 3.7  | 7.9 | 150 | 0.168                           |       |             |
| R0531 608 00 <sup>1)</sup>   | All parts made from corrosion-resistant steel |  | 8            | 12.6 ± 0.055   | 17          | 4.8 ± 0.15 | 11.2 | 1.8 | 3.2 | 10                              | 0.005 |             |
| R0531 612 00 <sup>1)</sup>   |   | 12   | 18.0 ± 0.055 | 23             | 7.4 ± 0.15  | 15.5       | 2.0  | 4.3 | 35  | 0.012                           |       |             |
| R0531 615 00 <sup>1)2)</sup> |   | 15   | 24.0 ± 0.065 | 31             | 9.5 ± 0.20  | 21.5       | 2.5  | 6.1 | 70  | 0.024                           |       |             |
| R0531 622 00 <sup>2)3)</sup> |   | 22   | 36.0 ± 0.080 | 45             | 9.6 ± 0.20  | 29.3       | 2.9  | 5.7 | 100 | 0.093                           |       |             |
| R0531 630 00 <sup>2)3)</sup> |   | 30   | 45.0 ± 0.080 | 55             | 13.6 ± 0.30 | 37.3       | 3.7  | 7.9 | 150 | 0.168                           |       |             |

- 1) Without felt seal
- 2) Bottom hole for dirt discharge against surcharge
- 3) Dry felt seal
- 4) At 20 °C

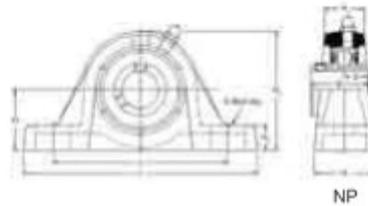
## ANEXO – FICHA TÉCNICA DAS CHUMACEIRAS

GAMA DE PRODUCTOS SELF-LUBE®

Tablas de rodamientos Self-Lube®



## Unidades de hierro fundido tipo puente Self-Lube® Serie NP



NP

| Diámetro del eje     |                           | Designación RHP                                   |                     |   |  | Inserto rodam. básico | Grupo de fundición | Dimensiones (mm) |       |      |       | Centros del perno |                   |
|----------------------|---------------------------|---|---------------------|---|--|-----------------------|--------------------|------------------|-------|------|-------|-------------------|-------------------|
| mm                   | pulg.                     |   |                     |   |  |                       |                    | L                | H     | H1   | H2    | J <sub>ext.</sub> | J <sub>int.</sub> |
| 12<br>15<br>16<br>17 | 1/2<br>5/8                | NP12<br>NP15<br>NP16<br>NP17<br>NP1 1/2<br>NP 5/8 |                     | NP12EC<br>NP15EC<br>NP16EC<br>NP17EC<br>NP1 1/2 EC<br>NP 5/8 EC | 1017   | 1                     | 126.5              | 30.20            | 14.2  | 57.2 | 100.5 | 85.5              |                   |
| 20                   | 3/4                       | NP20<br>NP  | NP20A<br>NP 3/4 A   | NP20EC<br>NP 3/4 EC   | NP20DEC<br>NP 3/4 DEC                                    | 1020                  | 2                  | 127.0            | 33.30 | 14.0 | 65.2  | 100.5             | 88.5              |
| 25                   | 7/8<br>1 1/16<br>1        | NP25<br>NP 7/8<br>NP 1 1/16<br>NP1                | NP25A<br>NP1A       | NP25EC<br>NP 7/8 EC<br>NP 1 1/16 EC<br>NP1EC                    | NP25DEC<br>NP 7/8 DEC<br>NP 1 1/16 DEC<br>NP1DEC         | 1025                  | 3                  | 139.0            | 36.50 | 16.0 | 71.0  | 112.7             | 96.8              |
| 30                   | 1 1/8<br>1 3/16<br>1 1/4  | NP30<br>NP 1 1/8<br>NP 1 3/16<br>NP 1 1/4         | NP30A<br>NP1 4AR    | NP30EC<br>NP 1 1/8 EC<br>NP 1 3/16 EC<br>NP 1 1/4 EC            | NP30DEC<br>NP 1 1/8 DEC<br>NP 1 3/16 DEC<br>NP 1 1/4 DEC | 1030                  | 4                  | 160.5            | 42.90 | 17.7 | 82.7  | 129.5             | 108.5             |
| 35                   | 1 1/4<br>1 3/8<br>1 7/16  | NP35<br>NP 1 1/4<br>NP 3/8<br>NP 7/16             | NP35A<br>NP 1 1/4 A | NP35EC<br>NP 1 1/4 EC<br>NP 3/8 EC<br>NP 7/16 EC                | NP35DEC<br>NP 1 1/4 DEC<br>NP 3/8 DEC<br>NP 7/16 DEC     | 1035                  | 5                  | 166.0            | 47.60 | 17.5 | 93.0  | 136.5             | 121.5             |
| 40                   | 1 1/2                     | NP40<br>NP 1 1/2                                  | NP40A<br>NP 1 1/2 A | NP40EC<br>NP 1 1/2 EC   | NP40DEC<br>NP 1 1/2 DEC                                  | 1040                  | 6                  | 180.5            | 49.20 | 18.5 | 98.5  | 148.0             | 127.0             |
| 45                   | 1 5/8<br>1 11/16<br>1 3/4 | NP45<br>NP 1 5/8<br>NP 1 11/16<br>NP 3/4          | NP45A<br>NP 1 3/4 A | NP45EC<br>NP 1 5/8 EC<br>NP 1 11/16 EC<br>NP 3/4 EC             | NP45DEC<br>NP 1 5/8 DEC<br>NP 1 11/16 DEC<br>NP 3/4 DEC  | 1045                  | 7                  | 190.5            | 54.00 | 20.0 | 108.0 | 154.5             | 140.5             |
| 50                   | 1 7/8<br>1 15/16<br>2     | NP50<br>NP 1 7/8<br>NP 1 15/16<br>NP2R            | NP50A               | NP50EC<br>NP 1 7/8 EC<br>NP 1 15/16 EC                          | NP50DEC<br>NP 1 7/8 DEC<br>NP 1 15/16 DEC<br>NP2DEC      | 1050                  | 8                  | 206.0            | 57.20 | 21.0 | 115.2 | 163.0             | 154.0             |
| 55                   | 2<br>2 1/8<br>2 1/16      | NP55<br>NP2<br>NP 2 1/8<br>NP 2 1/16              |                     |   | NP55DEC<br>NP2DEC<br>NP 2 1/8 DEC<br>NP 2 1/16 DEC       | 1055                  | 9                  | 219.5            | 63.50 | 24.8 | 129.5 | 178.5             | 162.5             |
| 60                   | 2 1/4<br>2 3/8<br>2 1/2   | NP60<br>NP 2 1/4<br>NP 2 3/8<br>NP 2 1/2          |                     |   | NP60DEC<br>NP 2 1/4 DEC<br>NP 2 3/8 DEC<br>NP 2 1/2 DEC  | 1060                  | 10                 | 240.0            | 69.90 | 26.3 | 142.3 | 201.0             | 176.0             |

Consulte disponibilidad

# ANEXO – FICHA TÉCNICA DE ROTÚLA DE LIGAÇÃO ENTRE CÉLULA DE CARGA E BARRAS

**SKF**

Rod ends requiring maintenance, steel-on-steel, female thread

| Principal dimensions |                       |   |         |                       |                | Angle of tilt | Basic load ratings |                          | Designation                            |
|----------------------|-----------------------|---|---------|-----------------------|----------------|---------------|--------------------|--------------------------|--|
| d                    | d <sub>2</sub><br>max | B | G<br>6H | C <sub>1</sub><br>max | h <sub>1</sub> |               | dynamic<br>C       | static<br>C <sub>0</sub> | Rod end with right or left-hand thread |
| mm                   |                       |   |         |                       |                | °             | kN                 |                          | -                                      |
| <b>6</b>             | 22                    | 6 | M 6     | 4,5                   | 30             | 13            | 3,4                | 8,15                     | SI 6 E                                 |

**Tolerances**  
d<sub>3</sub> 6H  
w h14

**Specific load factor**  
K 100

**Material constant**  
K<sub>M</sub> 330



Rod ends requiring maintenance, steel-on-steel, female thread

| Principal dimensions |           |    |          | Angle of tilt |     |    | Basic load ratings |              | Designation                            |
|----------------------|-----------|----|----------|---------------|-----|----|--------------------|--------------|--|
| d                    | d2<br>max | B  | G<br>6H  | C1<br>max     | h1  |    | dynamic<br>C       | static<br>C0 | Rod end with right or left-hand thread |
| mm                   |           |    |          |               |     | °  | kN                 |              | -                                      |
| <b>6</b>             | 22        | 6  | M 6      | 4,5           | 30  | 13 | 3,4                | 8,15         | SI 6 E                                 |
| <b>6</b>             | 22        | 6  | M 6      | 4,5           | 30  | 13 | 3,4                | 8,15         | SIL 6 E                                |
| <b>8</b>             | 25        | 8  | M 8      | 6,5           | 36  | 15 | 5,5                | 12,9         | SI 8 E                                 |
| <b>8</b>             | 25        | 8  | M 8      | 6,5           | 36  | 15 | 5,5                | 12,9         | SIL 8 E                                |
| <b>10</b>            | 30        | 9  | M 10     | 7,5           | 43  | 12 | 8,15               | 19           | SI 10 E                                |
| <b>10</b>            | 30        | 9  | M 10     | 7,5           | 43  | 12 | 8,15               | 19           | SIL 10 E                               |
| <b>12</b>            | 35        | 10 | M 12     | 8,5           | 50  | 10 | 10,8               | 25,5         | SI 12 E                                |
| <b>12</b>            | 35        | 10 | M 12     | 8,5           | 50  | 10 | 10,8               | 25,5         | SIL 12 E                               |
| <b>15</b>            | 41        | 12 | M 14     | 10,5          | 61  | 8  | 17                 | 37,5         | SI 15 ES                               |
| <b>15</b>            | 41        | 12 | M 14     | 10,5          | 61  | 8  | 17                 | 37,5         | SIL 15 ES                              |
| <b>17</b>            | 47        | 14 | M 16     | 11,5          | 67  | 10 | 21,2               | 44           | SI 17 ES                               |
| <b>17</b>            | 47        | 14 | M 16     | 11,5          | 67  | 10 | 21,2               | 44           | SIL 17 ES                              |
| <b>20</b>            | 54        | 16 | M 20x1,5 | 13,5          | 77  | 9  | 30                 | 57           | SI 20 ES                               |
| <b>20</b>            | 54        | 16 | M 20x1,5 | 13,5          | 77  | 9  | 30                 | 57           | SIL 20 ES                              |
| <b>25</b>            | 65        | 20 | M 24x2   | 18            | 94  | 7  | 48                 | 90           | SI 25 ES                               |
| <b>25</b>            | 65        | 20 | M 24x2   | 18            | 94  | 7  | 48                 | 90           | SIL 25 ES                              |
| <b>30</b>            | 75        | 22 | M 30x2   | 20            | 110 | 6  | 62                 | 116          | SI 30 ES                               |
| <b>30</b>            | 75        | 22 | M 30x2   | 20            | 110 | 6  | 62                 | 116          | SIL 30 ES                              |
| <b>35</b>            | 84        | 25 | M 36x3   | 22            | 130 | 6  | 80                 | 134          | SI 35 ES-2RS                           |
| <b>35</b>            | 84        | 25 | M 36x3   | 22            | 130 | 6  | 80                 | 134          | SIL 35 ES-2RS                          |
| <b>40</b>            | 94        | 28 | M 42x3   | 24            | 145 | 6  | 100                | 166          | SI 40 ES-2RS                           |
| <b>40</b>            | 94        | 28 | M 42x3   | 24            | 145 | 6  | 100                | 166          | SIL 40 ES-2RS                          |
| <b>40</b>            | 94        | 28 | M 39x3   | 24            | 142 | 6  | 100                | 166          | SIA 40 ES-2RS                          |
| <b>40</b>            | 94        | 28 | M 39x3   | 24            | 142 | 6  | 100                | 166          | SILA 40 ES-2RS                         |
| <b>45</b>            | 104       | 32 | M 42x3   | 28            | 145 | 7  | 127                | 224          | SIA 45 ES-2RS                          |
| <b>45</b>            | 104       | 32 | M 42x3   | 28            | 145 | 7  | 127                | 224          | SILA 45 ES-2RS                         |
| <b>45</b>            | 104       | 32 | M 45x3   | 28            | 165 | 7  | 127                | 224          | SI 45 ES-2RS                           |
| <b>45</b>            | 104       | 32 | M 45x3   | 28            | 165 | 7  | 127                | 224          | SIL 45 ES-2RS                          |
| <b>50</b>            | 114       | 35 | M 45x3   | 31            | 160 | 6  | 156                | 270          | SIA 50 ES-2RS                          |
| <b>50</b>            | 114       | 35 | M 45x3   | 31            | 160 | 6  | 156                | 270          | SILA 50 ES-2RS                         |

# ANEXO – FICHA TÉCNICA GUIAS LINEARES

W

PRECOM

## Präzisionswellen

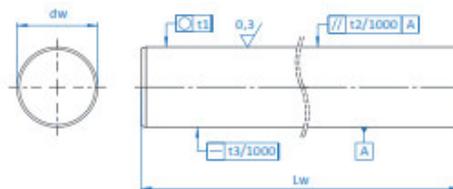
Baureihe W

Werkstoff: Vergütungsstahl

## Precision shafts

Series W

Material: Quenched and tempered steel



| Abmessungen<br>Dimensions (mm) |          | Gewicht<br>weight | Toleranz<br>Tolerance | Rundheit<br>Circularity | Parallelität <sup>2)</sup><br>Parallelism | Geradheit <sup>2)</sup><br>Straightness | Rht (min) <sup>3)</sup><br>SHD (min)<br>DIN ISO 13012 |
|--------------------------------|----------|-------------------|-----------------------|-------------------------|---|---|---|
| Type                           | dw<br>mm | Lw<br>mm          | Gew<br>kg/m           | ISO h6<br>µm            | t1<br>µm                                  | t2<br>µm                                | t3<br>µm  |
| W3                             | 3        | 2000              | 0,025                 | 0 / -6                  | 3   | 4                                       | 0,3   |
| W4                             | 4        | 2000              | 0,038                 | 0 / -8                  | 4   | 5                                       | 0,3   |
| W5                             | 5        | 3000              | 0,154                 | 0 / -8                  | 4   | 5                                       | 0,2   |
| W6                             | 6        | 6000              | 0,222                 | 0 / -8                  | 4   | 5                                       | 0,2   |
| W8                             | 8        | 6000              | 0,394                 | 0 / -9                  | 4   | 6                                       | 0,2   |
| W10                            | 10       | 6000              | 0,616                 | 0 / -9                  | 4   | 6                                       | 0,1   |
| W12                            | 12       | 6000              | 0,888                 | 0 / -11                 | 5   | 8                                       | 0,1   |
| W14                            | 14       | 6000              | 1,208                 | 0 / -11                 | 5   | 8                                       | 0,1   |
| W15                            | 15       | 6000              | 1,387                 | 0 / -11                 | 5   | 8                                       | 0,1   |
| W16                            | 16       | 6000              | 1,578                 | 0 / -11                 | 5   | 8                                       | 0,1   |
| W18                            | 18       | 6000              | 1,997                 | 0 / -11                 | 5   | 8                                       | 0,1   |
| W20                            | 20       | 6000              | 2,466                 | 0 / -13                 | 6   | 9                                       | 0,1   |
| W22                            | 22       | 6000              | 2,980                 | 0 / -13                 | 6   | 9                                       | 0,1   |
| W24                            | 24       | 6000              | 3,551                 | 0 / -13                 | 6   | 9                                       | 0,1   |
| W25                            | 25       | 6000              | 3,855                 | 0 / -13                 | 6   | 9                                       | 0,1   |
| W28                            | 28       | 6000              | 4,833                 | 0 / -13                 | 6   | 9                                       | 0,1   |
| W30                            | 30       | 6000              | 5,549                 | 0 / -13                 | 6   | 9                                       | 0,1   |
| W32                            | 32       | 6000              | 6,313                 | 0 / -16                 | 7   | 11                                      | 0,1   |
| W35                            | 35       | 6000              | 7,552                 | 0 / -16                 | 7   | 11                                      | 0,1   |
| W40                            | 40       | 6000              | 9,864                 | 0 / -16                 | 7   | 11                                      | 0,1   |
| W45                            | 45       | 6000              | 12,520                | 0 / -16                 | 7   | 11                                      | 0,1   |
| W50                            | 50       | 6000              | 15,413                | 0 / -16                 | 7   | 11                                      | 0,1   |
| W60                            | 60       | 6000              | 22,193                | 0 / -19                 | 8   | 13                                      | 0,1   |
| W70                            | 70       | 6000              | 30,210                | 0 / -19                 | 8   | 13                                      | 0,1   |
| W80                            | 80       | 6000              | 39,458                | 0 / -19                 | 8   | 13                                      | 0,1   |
| W90                            | 90       | 6000              | 49,920                | 0 / -22                 | 10  | 15                                      | 0,1   |
| W100                           | 100      | 6000              | 61,620                | 0 / -22                 | 10  | 15                                      | 0,1   |

- <sup>1)</sup> Durchmesserdifferenzmessung
- <sup>2)</sup> Messung analog DIN ISO 13012
- <sup>3)</sup> Randhärte tiefe
- <sup>4)</sup> Durchgehärtet möglich
- <sup>1)</sup> Diameter differential measurement
- <sup>2)</sup> Measurement analog DIN ISO 13012
- <sup>3)</sup> Surface hardening depth
- <sup>4)</sup> Through-hardened possible

- Werkstoff: z.B. Vergütungsstahl Cf53 / 1.1213
- Oberflächenhärte: 59 HRC min.

- Material: e.g. quenched and tempered steel Cf53 / 1.1213
- Surface hardness: 59 HRC min.

LUCOM-0514-01/GB

PRECOM Precision Components GmbH / Saarpfalz - Park 102, D - 66450 Bexbach / Germany  
 Tel: +49 (0) 6826 - 933 89 - 0 / Fax: +49 (0) 6826 - 933 89 - 29 / Email: info@precom-europe.com / www.precom-europe.com

F1

# ANEXO – FICHA TÉCNICA DE MOTORES DE PASSO

Data Pack

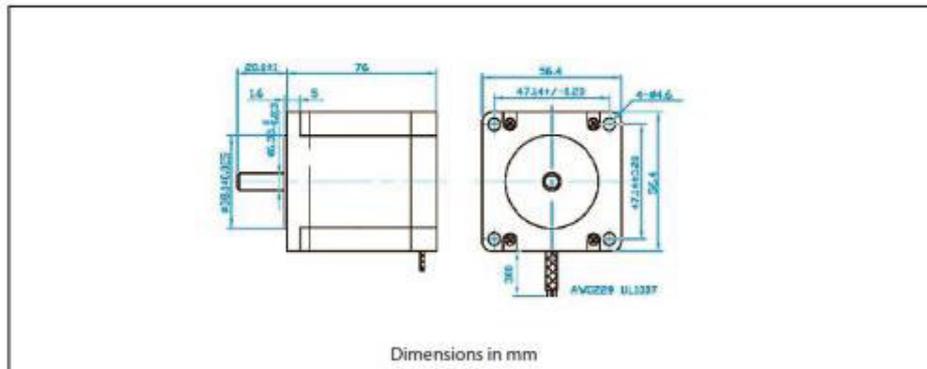
Issued July 2006 1504256276



## 57mm 1.8' HIGH TORQUE STEPPER 200 STEP

### Data Sheet

RS stock number 535-0445



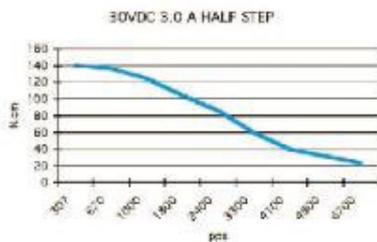
#### Specifications

|  |          |
|--|----------|
| Model  | 535-0445 |
| Step Angle                                   | 1.8°     |
| Step Angle Accuracy (Full Step, No Load) (%) | ±5%      |
| Rated Voltage (V)                            | 3.2      |
| Current/ Phase (A)                           | 2.8      |
| Resistance/Phase (Ω)                         | 1.13     |
| Inductance/Phase (mH)                        | 3.6      |
| Detent Torque (mNm)                          | 72       |
| Holding Torque (Ncm)                         | 189      |
| Rotor Inertia (g-cm <sup>2</sup> )           | 480      |
| Weight (Kg)                                  | 1        |
| Number Of Leads (No.)                        | 4        |

#### Characteristics

|   |
|---|
| <b>Resistance Accuracy</b><br>±10%                              |
| <b>Inductance Accuracy</b><br>±20%                              |
| <b>Temperature Rise</b><br>80°C Max. (Rated Current 2 phase On) |
| <b>Ambient Temp</b><br>-20 °C to +50 °C                         |
| <b>Insulation Resistance</b><br>100mm Ωmin, 500Vdc              |
| <b>Dielectric Strength</b><br>500Vac for 1 min                  |
| <b>Shaft Radial Play</b><br>0.06mm Max. (450G-Load)             |
| <b>Shaft Axial Play</b><br>0.08mm Max. (450G-load)              |

#### Speed V Torque Characteristics



RS Components shall not be liable for any liability or loss of any nature (howsoever caused and whether or not due to RS Components' negligence) which may result from the use of any information provided in RS technical literature.

RS Components, PO Box 99, Corby, Northants, NN17 9RS

Telephone: 01536 201234

An Electrocomponents Company

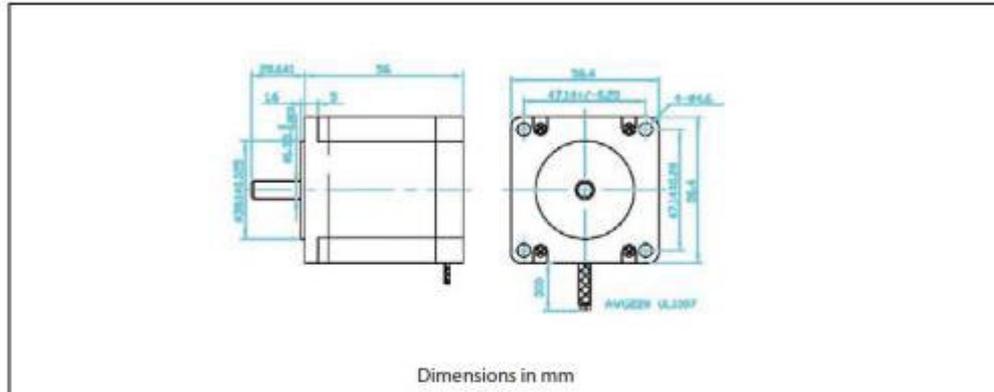
© RS Components 1998



# 57mm 1.8' HIGH TORQUE STEPPER 200 STEP

## Data Sheet

RS stock number 535-0439



Dimensions in mm

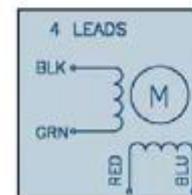
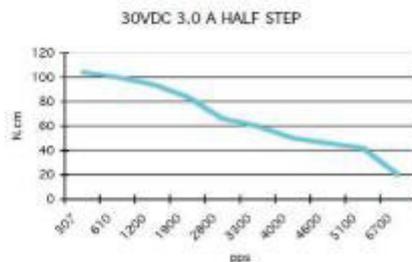
### Specifications

|  |          |
|--|----------|
| Model  | 535-0439 |
| Step Angle                                   | 1.8°     |
| Step Angle Accuracy (Full Step, No Load) (%) | ±5%      |
| Rated Voltage (V)                            | 2.5      |
| Current/ Phase (A)                           | 2.8      |
| Resistance/Phase (Ω)                         | 0.9      |
| Inductance/Phase (mH)                        | 2.5      |
| Detent Torque (mNm)                          | 42       |
| Holding Torque (Ncm)                         | 126      |
| Rotor Inertia (g-cm <sup>2</sup> )           | 300      |
| Weight (Kg)                                  | 0.7      |
| Number Of Leads (No.)                        | 4        |

### Characteristics

|   |
|---|
| <b>Resistance Accuracy</b><br>±10%                              |
| <b>Inductance Accuracy</b><br>±20%                              |
| <b>Temperature Rise</b><br>80°C Max. (Rated Current 2 phase On) |
| <b>Ambient Temp</b><br>-20 °C to +50 °C                         |
| <b>Insulation Resistance</b><br>100mm Ωmin_500Vdc               |
| <b>Dielectric Strength</b><br>500Vac for 1 min                  |
| <b>Shaft Radial Play</b><br>0.06mm Max. (450G-Load)             |
| <b>Shaft Axial Play</b><br>0.08mm Max. (450G-load)              |

### Speed V Torque Characteristics



RS Components shall not be liable for any liability or loss of any nature (howsoever caused and whether or not due to RS Components' negligence) which may result from the use of any information provided in RS technical literature.

RS Components, PO Box 99, Corby, Northants, NN17 9RS

Telephone: 01536 201234

An Electrocomponents Company

© RS Components 1998