



Maschinenfabrik GmbH & Co. KG

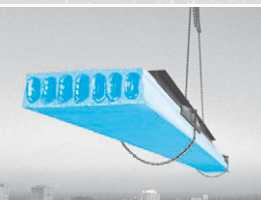
# Catálogo Geral Tecnologia em Protensão de Concreto



Protensão de Postes e  
Torres Eólicas



Protensão de Dor-  
mentes de Concreto



Protensão de lajes  
Alveolares



Protensão de  
Elementos de Concreto  
Pré-fabricados

**made**  
**in**  
**Germany**



Protensão de Cabos Estaiados



*Na fábrica da Paul em Dürmentigen/Alemanha em uma área de 37.000m<sup>2</sup>, são produzidas e montadas máquinas, como também estão localizados os complexos de treinamento, administração e comercial da empresa. A área total ocupada pela Paul cobre mais de 120.000m<sup>2</sup>.*

# SUMÁRIO



**Tradição e experiência**

**4**



**Planejamento e consultoria**

**6**



**Produção de concreto  
pré-tensionado em fábrica**

**8**



**Protensão na obra**

**10**



**Tecnologia de tensores  
multifilar e cabos estaiados**

**12**



**Produção de postes  
e torres eólicas**

**14**



**Produção de dormentes  
de concreto**

**16**



**Sistemas de manuseio  
de fios e cordoalhas**

**18**



**Ancoragem**

**20**

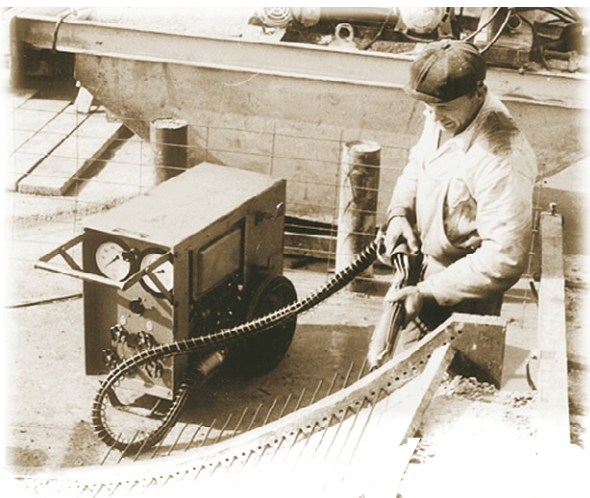


**Testes e medição**

**21**



# EXPERIÊNCIA E TRADIÇÃO



A Paul fabrica maquinário e acessórios para a produção de concreto protendido desde os anos 50 em estreita cooperação com os usuários ao redor do mundo.

## Maquinário com reputação internacional

Em 1959 a Paul entregou o primeiro tensor monofilar para a produção do Domo da HP com a então revolucionária operação por dois botões e, com este desenvolvimento, lançou a pedra fundamental de um futuro de sucesso.

Expandindo e estendendo, passo-a-passo ao longo dos anos, as linhas disponíveis hoje cobrem uma vasta gama de máquinas e acessórios em diferentes processos de pro-

dução de concreto protendido.

Nós podemos fornecer a você todas as máquinas e acessórios para uma protensão eficiente.

A variedade de escolhas de tensores, bombas hidráulicas, cilindros de desprotensão para diferentes forças de protensão é complementada por equipamentos úteis como cortes e lançadores de cabos, que facilitam o dia-a-dia do trabalho.



Fig. 1: nosso primeiro tensor (30KN, curso de 170mm, fabricado em 1959)





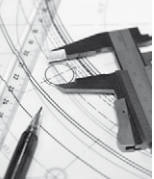
Fig. 2: Unidades hidráulicas e tensores multi-filares da Paul para aplicações em pós-tensão

Nós colocamos grande prioridade em produzir os componentes “em casa”. Desta maneira mantemos o maior controle possível dos processos de produção e garantimos o alto nível de qualidade das nossas máquinas e equipamentos.

Todos os dias, mais de 20.000 cunhas emergem dos tornos automáticos e são em seguida processadas em máquinas especiais.



Fig. 3: Produção das cunhas em tornos automáticos



# PLANEJAMENTO E CONSULTORIA

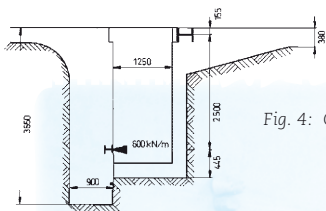


Fig. 4: Cabeceira encravada no solo

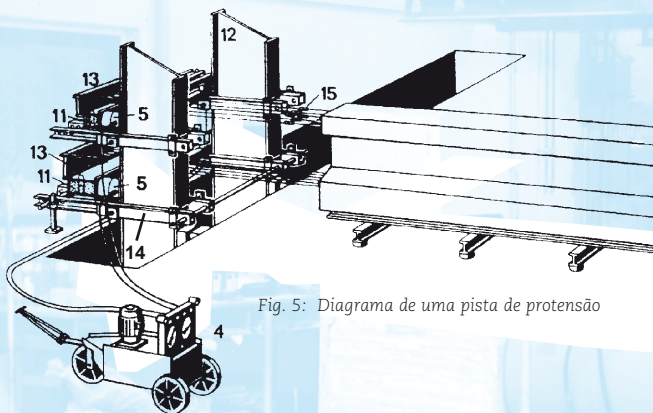


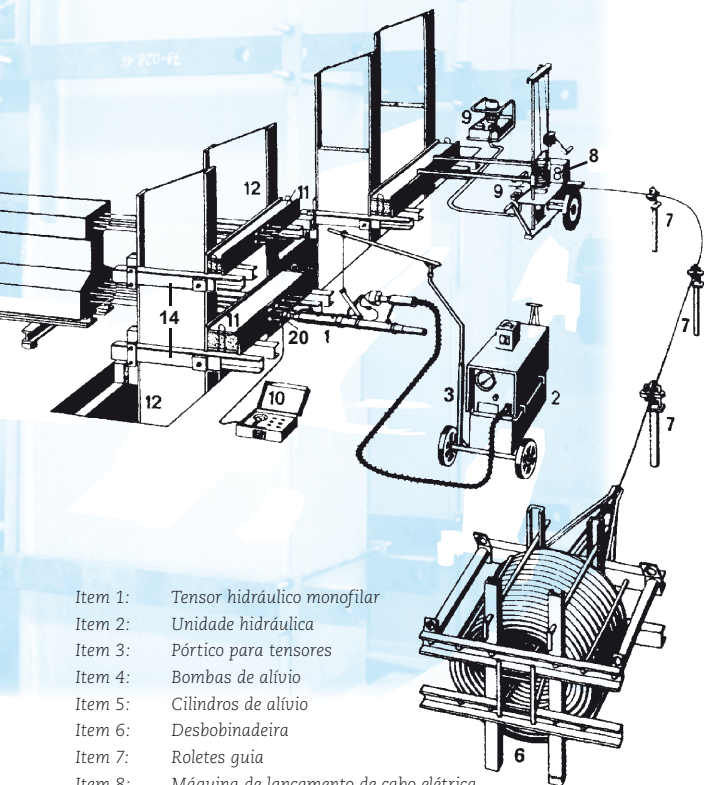
Fig. 5: Diagrama de uma pista de protensão

Além de levarmos em conta seus requisitos, tentamos também projetar sua linha de produção para necessidades futuras.

Nossos planos para cabeceiras encravadas e por gravidade dispensa a necessidade de você ter que elaborar os próprios e caros cálculos. Benefício de décadas de experiência.

Nós projetamos e desenvolvemos instalações complexas e pistas de protensão completas. Nós auxiliamos desde o planejamento ao comissionamento.

Uma força em particular da Paul é o desenvolvimento e produção de soluções especiais para aplicações específicas, de acordo com suas ideias e requisitos.



- Item 1: *Tensor hidráulico monofilar*
- Item 2: *Unidade hidráulica*
- Item 3: *Pórtico para tensores*
- Item 4: *Bombas de alívio*
- Item 5: *Cilindros de alívio*
- Item 6: *Desbobinadeira*
- Item 7: *Roletes guia*
- Item 8: *Máquina de lançamento de cabo elétrica*
- Item 9: *Corte de metal hidráulico*
- Item 10: *Medidor digital DMS*
- Item 11: *Cabeceira transversal*
- Item 12: *Cabeceira de pista*
- Item 13: *Dispositivos de proteção*
- Item 14: *Suportes*
- Item 15: *Acoplamentos de fios/cordoalhas*
- Item 20: *Cunhas/Porta-cunhas*



# PRODUÇÃO DE CONCRETO PRÉ-TENSIONADO EM FÁBRICA



Fig. 6: Bomba de alívio e quatro cilindros de desprotensão de 1.500KN

Nós fornecemos todos os componentes de instalação, máquinas e acessórios para pistas de protensão.

Eles incluem componentes permanentes, como as cabeceiras de pista, cabeceira transversal, etc. (vide pág. 6 e 7). Também para equipamentos de protensão móvel, nossa vasta gama de produtos oferece a solução mais apropriada.

- Unidades hidráulicas como fontes universais para tensores, guilhotina de cabos, etc.
- Máquinas para lançamento de cabos dentro de formas
- Tensores monofilares para forças de 30KN a 300KN (ver tabela 1)

- Macacos rosqueados para protensão exata de fios curtos
- Tensores duplos para protensão de cabos monofilares
- Cilindros de desprotensão de 200 a 10.000KN (Fig. 6) para transmissão uniforme da força

Cilindros de desprotensão especiais e cabeceiras são desenvolvidos e fornecidos para produção por moldes deslizantes que permitem que a forma passe por cima (Fig. 7).

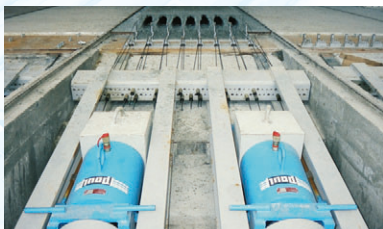


Fig. 7: Ancoragem de Desprotensão



Fig. 8: tensor de 2 mangueiras 60 kN, curso 200mm

A grande variedade de tensores monofilares (veja tabela 1) para diferentes forças de tensão e alongamento, aliada à poderosas unidades hidráulicas, tem como resultado máquinas mais apropriadas para todo tipo de aplicação.



Fig. 9: tensor de 4 mangueiras 160 kN

Os mini tensores são adequados para protensão de fios menores, como de estacas de cercas ou para Universidades e Escolas, com o propósito de treinamento, e são normalmente fornecidos com bomba manual ou mini bombas.

Força Máxima de Protensão (kN)	Máximo curso (mm)	Comprimento mín de projeção do fio/cordoalha (mm)	Peso (kg)
<b>Tensor de 4 mangueiras</b>			
30	200	160	18,5
30	500	160	24,0
60	200	160	19,5
60	400	160	25,0
120	200	170	29,0
120	500	170	45,0
160	200	170	31,0
160	300	170	34,0
160	500	170	47,0
300	200	155	39,0
300	400	170	50,0
<b>Tensor de 2 mangueiras</b>			
30	200	185	17,0
30	600	185	27,0
60	200	185	18,0
60	600	185	28,0
180	250	333	36,0
180	500	333	43,0
250	250	345	44,0
250	500	345	56,0

Tabela 1



Fig. 10: tensor de 2 mangueiras 250 kN em operação





## PROTENSÃO NO LOCAL DA OBRA

Para protensão no local da obra, nós oferecemos uma ampla gama de acessórios, que são facilmente transportáveis e consequentemente flexíveis em seu uso.

Eles incluem unidade hidráulica portátil montada sobre rodas, máquinas para lançamento de longas cordoalhas com rodas pneumáticas, controle por rádio ou cabos e muito mais.

Todos os equipamentos pesados possuem olhais de içamento e podem ser facilmente carregados por talhas.



Fig. 11: Unidade hidráulica portátil



Fig. 12: Tensor multifilar TENSA M 4800 kN

Fig. 13: Unidade hidráulica portátil e tensor multifilar para uso em pós-tensão com mobilidade



Fig. 14: Unidade hidráulica montada sobre rodas



Controle por rádio ou cabo facilita muito a operação da máquina de lançamento de cabo. O operador não precisa se posicionar ao lado da máquina, mas diretamente no tendão e, portanto, em uma posição muito melhor para monitorar a inserção da cordoalha.

Naturalmente, o sistema de rádio controle proporciona um valioso serviço em fábricas de protensão onde as cordoalhas são lançadas dentro das formas.



Fig. 15: Rádio controle NCS-5



Fig. 16: Máquinas de lançamento hidráulicas



# TENSORES MULTIFI- LARES E TECNOLOGIA PARA CABOS ESTAIADOS

Os tensores multifilares TENSA M ou TENSA M-PV são projetadas para uma rápida e precisa pós tensão de tendões multifilares.

Comparado com os tensores TENSA M (com ancoragem na parte traseira), os modelos TENSA M-PV com ancoragem frontal requerem uma pequena projeção das cordoalhas para atracamento (ver tabela 2).

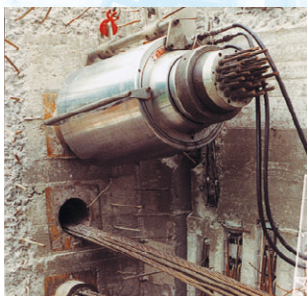


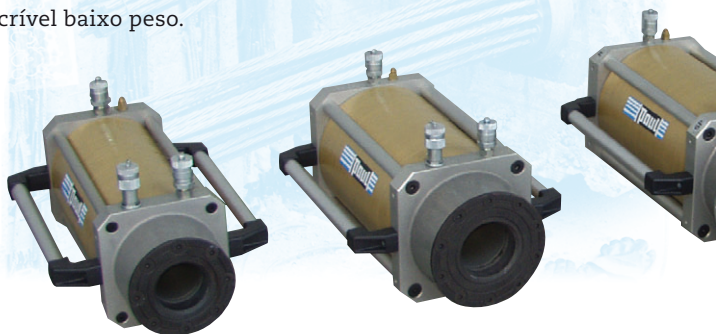
Fig. 17: TENSA M 6800kN tensionando os tendões

Máx Força de Tensão (kN)	Max. Curso de tensão (mm)	Min comprimento de projeção da cordoalha (mm)	Nº máx. de cordoalhas	Peso (Kg)
<b>Tensor Multifilar TENSA M</b>				
1000	250	700	7	120
1090	200	650	5	80
1500	250	650	9	195
1700	250	750	7	190
2100	250	800	12	260
3000	460	1000	15	420
4800	300	1050	22	750
6800	300	1100	31	1185
9750	300	1200	37	1770
	500	1650	108	5800
<b>Tensor Multifilar TENSA M-PV</b>				
650	120	260	3	70
650	450	150	3	136
850	250	160	4	100
3100	250	230	15	390
4800	100	320	22	643
7100	120	245	31	920
8600	300	500	61	2150

Tabela 2

Os tensores superleves CFRP são particularmente distintos devido ao seu incrível baixo peso.

Eles são flexíveis e simples de usar no local da obra.



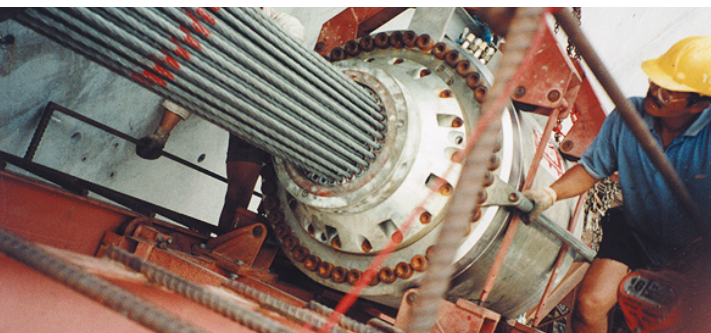


Fig. 18: TENZA M 15000 kN em operação

Dependendo do método adotado, cabos estaiados são completamente tensionados usando grandes tensores multifilares ou inseridos individualmente em dutos e tensionados usando tensores monofilares leves.

Nós fornecemos tensores e máquinas de lançar/puxar cabos adequados para os dois métodos.

Os cabos estaiados de pontes existentes são ajustados usando grandes tensores multifilares. A tensão é aumentada ou reduzida estirando-se todo o cabo estaiado e apertando ou folgando a ancoragem.



Fig. 19: Tensores multifilar CFRP de construção leve e tensor monofilar TENZA SM 240 Kn.





# PRODUÇÃO DE TORRES E POSTES



Fig. 20: Máquina de empurrar elétrica incl. mesa de 15 m

Para a produção de postes existem diferentes métodos disponíveis: tensionamento em conjunto é recomendado quando são usados grandes quantidades de fios de pequeno diâmetro com rebite. Protensão de fios sem rebite ou de cordoalhas são feitas utilizando tensor monofilar.

A gama de produtos é completada com máquinas de lançamento semi ou totalmente automatizadas. Utilizando a unidade de controle que inclui medidor



Fig. 21: Máquina bobinadeira em espiral para produção do reforço dos postes em espiral

de comprimento o operador produz o número certo de fios/cordoalhas em um curto tempo. É possível preparar os cabos de protensão para diversos postes e estoca-los em diferentes canais.

O reforço em espiral é fácil de produzir com a máquina bobinadeira em espiral. O mandril de bobinamento para diferentes tamanhos de cones pode ser substituídos em poucos minutos.

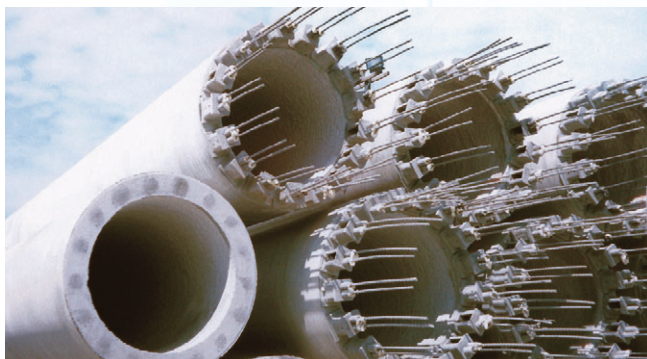


Fig. 22: Postes protendidos





Fig. 23: Usina de energia eólica com torres de concreto protendido

Torres eólicas feitas de concreto são protendidas no sentido vertical. A força de tensão é aplicada pelo tensor superleve CFRP acomodado no porão abaixo da torre. Para facilitar os trabalhos sobre cabeça, dispositivos de elevação em alumínio leve estão disponíveis. O dispositivo de elevação hidráulico possibilita o operador trabalhar com o tensor sem esforço. A unidade hidráulica associada fica fora

do porão e é atuada por uma unidade de controle manual. O equipamento de protensão pode ser aperfeiçoado pelo sistema de medição e registro TENSACONTROL.

Fig. 24: máquina de protensão com cilindro de pistão oco CFRP e dispositivo de elevação



Fig. 25: Segmento de uma torre pré-moldada em trânsito

Os tendões engraxados de protensão podem ser pré-fabricados na planta, colocados em tonéis e transportados para obra. Além da máquina de lançamento de cabos, a Paul também fornece sistemas computadorizados de manufatura de tendões engraxados.



# PRODUÇÃO DE DORMENTES



Fig. 26: Rebitadora controlada por CNC

Nós fornecemos equipamentos automáticos para tensionamento e destensionamento para vários processos na produção de dormentes de concreto protendido.

Isto inclui a rebitadora controlada por CNC, máquina automática de tensionamento e destensionamento com extrato de pivô embutido para produção de dormentes em formas auto-portantes.



Fig. 27: Máquina de tensionamento automática



Fig. 28: Máquina de destensionamento automática

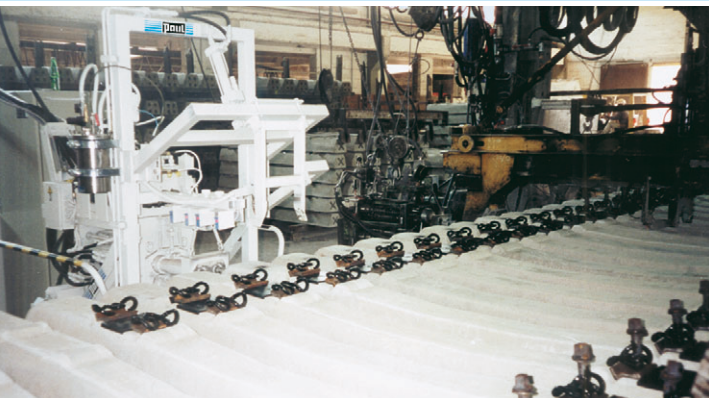


Fig. 29: Protensão de fios após cura

Para outro processo nós fornecemos maquinário automático para protensão após a cura.

Robôs também são usados nesta situação e podem protender um grande número de dormentes rápido e precisamente.



Fig. 30: blocos rígidos únicos com superestrutura direta

# SISTEMAS DE MANUSEIO DE FIOS E CORDOALHAS

Um sistema de estocagem bem planejado, alinhado por guias controladoras dos fios e cordoalhas, facilita e acelera a armação dos elementos de concreto.

Para este propósito, a Paul fornece desbobinadeiras para estocagem e um desenrolar controlado da bobina, assim como guias de cabo e máquinas de lançamento elétricas e guilhotinas de cabo.

Com a guilhotina hidráulica de 140 kN, equipadas com facas de corte reversíveis, aço para protendido de até  $\varnothing$  12,7mm e aço de armação de até  $\varnothing$  22mm podem ser cortados e com pouca rebarba.



Abb. 32: Guilhotina hidráulica de 140 kN



Fig. 31: Máquina de lançamento elétrica

Inserido na desbobinadeira da Paul, os fios de protensão podem ser puxados da bobina sem nenhum problema.

Guias de cabo conduzem as cordoalhas até as formas ou dutos de cabos



Fig. 33: Desbobinadeira



Fig. 34: Guilhotina para serviço pesado de 300 kN

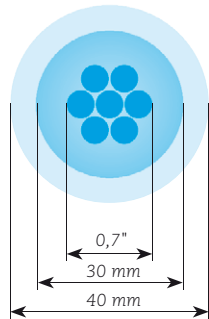


Fig. 35

Com a guilhotina para serviço pesado de 300 kN, cordoalhas (0,6" - 0,7"), aço temperado (max.  $\varnothing$  30mm, 800N/mm<sup>2</sup>) a aço para armação (max.  $\varnothing$  40mm, 600N/mm<sup>2</sup>) podem ser cortados no comprimento exato, rápido e facilmente.

As guilhotinas Paul (140 kN e 300 kN) podem ser acopladas à máquinas de lançamento de cabos, aumentando a eficiência do lançamento e corte das cordoalhas.





# ANCORAGEM

As cunhas são produzidas a partir de aço tratados termicamente, produzidos especialmente para a Paul.

Produção precisa e automática somada aos rigorosos testes, garantem a mais alta qualidade.



Fig. 37: Cunhas e porta-cunhas

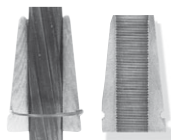
Existem três diferentes tipos de ancoragem:

**Tipo A:** porta-cunha aberta, o modelo mais simples e barato.

**Tipo F:** porta-cunha fechada, com rosca ou encaixe.

**Tipo K:** acoplamentos, com o qual duas cordoalhas são emendadas, possibilitando o aproveitamento de lances menores de cabo.

Fig. 36: Componentes de uma cunha



Cada segmento individual da cunha é controlado para a exata forma da rosca por câmeras de computador.

As porta-cunhas são produzidas a partir de matéria-prima de alta-resistência, sem fissuras, através de um processo especial e somente são gravadas e liberadas para expedição após um teste ultrassônico final.

Desta maneira, nós garantimos a mais alta segurança industrial e longa vida útil dos componentes de ancoragem.

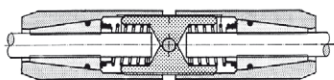
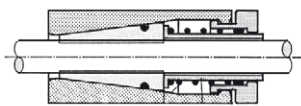
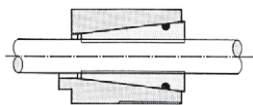


Fig. 38

# TESTE E MEDIÇÃO



A exata medição da força de tensão durante o tensionamento, direta ou indiretamente através da medição do alongamento, é de vital importância para garantir que a força correta seja transmitida para o elemento de concreto.

TENSAcontrol MAXI 6, o sistema de medição e registro (Fig. 39) determina as forças de tensão e alongamento e armazena os resultados em um pen drive. Este arquivo pode ser avaliado também em um PC e os resultados impressos.

Para a calibração dos sensores, o usuário emprega um medidor de força DMS. Esta unidade também serve para verificar a força aplicada a cada cabo individualmente. A precisão do display digital é de 0,5%.



Fig. 39: Sistema de medição e registro TENSAcontrol MAXI 6



Fig. 40: Medidor de força DMS



Nós o atendemos  
ao redor do mundo



Encontre seu  
representante e mais  
informações em

[www.paul.eu](http://www.paul.eu)



Maschinenfabrik GmbH & Co. KG

Max-Paul-Straße 1  
88525 Dürmentingen/Germany  
Phone +49 (0) 73 71 / 5 00-0  
Fax +49 (0) 73 71 / 5 00-111  
Mail: [spannbeton@paul.eu](mailto:spannbeton@paul.eu)  
Web: [www.paul.eu](http://www.paul.eu)



Reservado o direito a alterações.

pt PAUL-Info B 147.01/1

1301