

LAUDO ESTRUTURAL NP003

ESCORAS TELESCÓPICAS REGULÁVEIS METÁLICAS

CAXIAS DO SUL – RS



NOPIN BRASIL EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL LTDA

ART – N° 10021650
Caxias do Sul – 15 de Janeiro de 2019

1.0 - OBJETIVO:

O Presente Memorial Técnico refere-se a ESCORAS TELESCÓPICAS REGULÁVEIS METÁLICAS, fabricadas pela empresa NOPIN na Espanha, importado e comercializado no Brasil pelas empresas NOPIN Brasil Equipamentos para Construção Civil Ltda e NOPIN Locação de Bens Móveis Ltda.

O objetivo deste laudo é verificar o atendimento as normas brasileiras:

A máxima espessura dos tubos é de 2,5mm. Portanto será utilizada a Norma Brasileira ABNT NBR 14762:2010 “Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis laminados a frio”.

Esta norma é aplicável para materiais com espessura máxima.

Na falta de definição em norma brasileira, será utilizada norma europeia.

2.0 – DEFINIÇÃO DE ESCORA:

Peça de compressão utilizada normalmente como suporte vertical temporário nas obras de construção.

Formado por dois tubos de aço que podem deslizar telescopicamente um dentro do outro.

O sistema de ajuste aproximado se efetua introduzindo um passador (contrapino) em um dos furos do tubo interno e, o sistema de ajuste é efetuado através de movimento da porca.

3.0 – COMPONENTES:

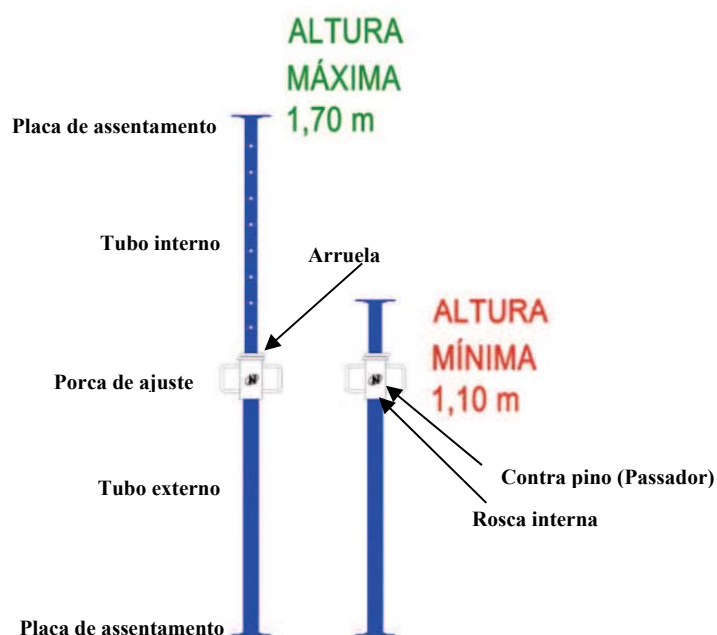
3.1 – PLACA DE ASSENTAMENTO (BASE): Placa fixada perpendicularmente ao eixo, num dos extremos dos tubos (interno e externo).		
3.2 – PORCA DE AJUSTE: Porca que possui um sistema de acionamento através de manípulos (figura 2) ou através de alavanca (figura 3), enroscada internamente para proporcionar à escora um ajuste preciso de altura.		
3.3 – TUBO INTERNO: Tubo de menor diâmetro dotado de furos para ajuste aproximado da escora, com uma placa de assentamento soldada em um dos extremos.		
3.4 – TUBO EXTERNO: Tubo de maior diâmetro que tem em um dos extremos um elemento soldado, com rosca interna e, no lado oposto uma placa de assentamento ou base.		
3.5 – PASSADOR (CONTRA PINO): Barra dobrada em forma de gancho que se introduz nos furos do tubo interno.		
3.6 – ROSCA INTERNA: Tubo com rosca externa, soldado em um dos extremos do tubo externo para o ajuste final na altura, em função do movimento rotativo relativo entre esta peça e a porca de ajuste.		
3.7 – ARRUELA: Chapa troco-cônica de aço colocada sobre a porca de ajuste para o apoio do passador ou contra pino no momento de uso.		

4.0 - MATERIAL:

As escoras telescópicas NOPIN estão certificadas pelas mais avançadas e exigentes normas europeias a respeito de carga e segurança. De acordo com estas normas as escoras são fabricadas utilizando:

- Tubo de aço conformado a frio a partir de aço laminado a quente sem tratamento prévio de calor e eletro soldado conforme norma de fabricação EN-10219.
- Tecnologia mais moderna de soldagem e a implementação de sistemas e controle da mesma.
- Aço S-355-JR (ST52) conforme a norma de qualidade EN-10025.
ST52.3 - Tensão de escoamento = 355Mpa – Tensão de ruptura = 490 a 630Mpa
- Pintura a pó EPOXI. Poliester com espessura mínima de 60 μ (micras).

5.0 - DETALHES DA MONTAGEM:



6.0 - VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL:

Estas escoras são nominadas PONTEIRA EXTENSÍVEL (Puntal telescópico metálico), pelo fabricante.

A análise estrutural é complexa e imprecisa, devido a diversos fatores:

A estrutura é formada por dois tubos, uma placa de assentamento, uma porca de ajuste, um passador, uma arruela e uma rosca interna.

A altura total do conjunto é variável, sendo que em cada tamanho (altura total), o tubo externo tem altura fixa. Para permitir o embutimento do tubo interno no tubo externo, é necessária a uma folga nos diâmetros, que pode levar a atuação da carga não ser perfeitamente no eixo da escora.

A porca de ajuste exige uma folga, tanto nos diâmetros das roscas, bem como nas dimensões dos dentes, que pode levar a atuação da carga não ser perfeitamente no eixo da escora.

O uso do espaçador transversal permite uma leve inclinação do tubo interno superior, que pode levar a atuação não ser perfeitamente no eixo da escora.

Como há dois diâmetros de tubos, é difícil estabelecer exatamente a resistência de cada elemento na sustentação da carga.

O uso da fórmula de Euler para definir a carga resistente de projeto, não é aplicável em todos os casos (principalmente nos de menor altura).

Portanto concluo que o melhor método, para definir a capacidade de carga de cada modelo de escora, é o MÉTODO DE ENSAIO.

No corpo deste trabalho, há o desenvolvimento de cálculo, em uma situação hipotética, em que toda a escora é formada por um único tubo de diâmetro e espessura de parede, de acordo com o tubo externo (inferior) de cada modelo, a fim de demonstrar esta dificuldade.

6.1 – DIMENSIONAMENTO COM BASE EM ENSAIOS:

A **NBR 14762:2010, no Item 11.1** especifica que deve ser usado o dimensionamento com base em ensaios, quando o elemento estrutural, formado por barras, não é previsto nas seções 9 e 10, desta norma.

NBR 14762:2010, no Item 11.2 – Condições pra execução de ensaios:

Os ensaios devem ser feitos por laboratórios idôneos, adequadamente equipados e por profissionais com comprovada experiência na preparação e execução dos ensaios:

Os ensaios foram feitos no ano de 2003, no Instituto de Ciências de La Construcción Eduardo Torroja, em Madrid.



Este informe consta de 37 hojas y 5 fotografías, todas ellas numeradas y selladas.

Madrid, 22 de septiembre de 2003

informe n° 18.257 Contrato AK-35-03

petionario D. Ignacio Marcos Pérez

en nombre de TALLERES ROMÁN GÓMEZ
Polígono Jundiz, C/ Zorrolleta nº 4
01015
VITORIA

ensayos solicitados Ensayos de puntales telescópicos metálicos.

Vº Bº

LA DIRECTORA

[Signature]

Mª del Carmen Andrade Perdrix
Dra. en Ciencias Químicas

[Signature]

Cecilio López Hombrados
Ingeniero de Caminos



muestras enviadas 174 puntales objeto de los ensayos

informe n° 18.257

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA

A NOPIN não executou estes ensaios no BRASIL.

A definição dos protótipos e a montagem do aparato de ensaio, envolvendo a vinculação do protótipo, o carregamento e a maneira de se aplicar o carregamento devem ser coerentes com as condições de serviço da estrutura.

O atendimento a este item está demonstrado no corpo do relatório dos ensaios.

NBR 14762:2010, no Item 11.3 – Resposta estrutural:

Nos ensaios são determinadas as ações aplicadas correspondentes aos estados-limites últimos estabelecidos em cada caso. Para determinação dos efeitos das ações, necessários para o dimensionamento, os esforços resistentes de cálculo devem ser obtidos mediante o emprego de modelos teóricos coerentes com os empregados em projeto.

A NOPIN não informou como foi determinado o projeto destas estruturas.
Porém as forças aplicadas foram adequadas para determinar as resistências.

NBR 14762:2010, no Item 11.4 – Emissão de relatório:

Os registros das informações pertinentes aos ensaios devem ser feitos em relatórios técnicos, devendo constar no mínimo a descrição dos protótipos ensaiados, descrição do aparato de ensaio, descrição e instrumentos de medição utilizados, resultados das medições de todas as etapas de carregamento e demais informações que se julgarem relevantes.

O Instituto de Ciências de La Construcción Eduardo Torroja, em Madrid, entregou a NOPIN na Espanha um relatório de 41 páginas, que atendem a este item, em setembro de 2003.

Este relatório serve de base para este laudo.

NBR 14762:2010, no Item 11.5 – Análise dos resultados:

O valor nominal do esforço resistente, deve ser tomado como o valor médio de todos os ensaios válidos. No mínimo devem ser ensaiados três protótipos idênticos, sendo que o desvio do resultado não pode ser maior que 15% do valor médio.

Foram analisados de escoras de cada um dos 29 tipos, perfazendo um total de 174 ensaios.
Como resultado dos ensaios adotou-se o menor valor de ruptura da estrutura no teste de cada modelo e tamanho.

6.2 – CÁLCULO ESTATICO QUE DEVE TER SIDO FEITO PELO FABRICANTE AO DEFINIR O PROJETO:

Estes cálculos não foram fornecidos pela NOPIN para elaboração deste laudo.

- Métodos de estado limite último:

A - O efeito das forças internas devem ser menores que resistência do material $\Rightarrow E_d < R_d$

Para calcular o efeito interno deve-se considerar os efeitos de segunda ordem devido imperfeição do arco para elemento submetido a compressão.

B - Deve-se considerar as diversas ações internas:

Q₁ – Peso próprio

Q₂ – Cargas verticais impostas, devido: construção apoiada, áreas de armazenamento, peso devido operários, neve e gelo.

Q₃ – Carga horizontal igual a 1% da carga vertical.

Q₄ – Carga adicional devido elaboração do concreto no local.

Q₅ – Ação do vento

Q₆ – Ação de fluxos d'água e escombros

Q₇ – Efeitos sísmicos

Q₈ – Ações indiretas: Temperatura e assentamento

Q₉ – Ações diversas.

Cálculo de cada ação interna $\Rightarrow Q_{d,i} = \gamma_{F,i} \times \Psi_i \times Q_{k,i}$, onde:

Q_{d,i} – Valor da ação

$\gamma_{F,i}$ – Coeficiente parcial de segurança – 1,35 para ação Q₁ e 1,50 para as demais.

Ψ_i – Coeficiente da combinação de carga

Q_{k,i} - Valor característico da ação

C – Cálculo da resistência

$R_{d,1} = R_{k,i} / \gamma_{M,i} \times 1,15$

R_{k,i} - Valor característico da resistência do material

$\gamma_{M,i}$ – Coeficiente de segurança

6.3 – CÁLCULO HIPOTÉTICO CONSIDERANDO A ESCORA COMO TUBO ÚNICO:

Visando demonstrar a dificuldade de elaborar um modelo matemático, para cálculo de resistência desta estrutura, demonstrarei a seguir os cálculos, considerando a escora uma estrutura única de tubo redondo com diâmetro do maior diâmetro do conjunto de cada modelo e extensão.

6.3.1 – Escora 1,5m:

Alturas disponibilizadas pelo fabricante: 1.10m, 1.3m, 1.5m e 1.7m.

TIPO DE PUNTAL	PUNTAL 1,5 m
CÓDIGO DE PRODUCTO	P10001
Ø TUBO EXTERIOR (mm)	48 mm
ESPESSOR TUBO EXTERIOR (mm)	1,5 mm
Ø TUBO INTERIOR (mm)	40 mm
ESPESSOR TUBO INTERIOR (mm)	1,5 mm

O tubo interno representa somente 25% do comprimento total, na situação mais crítica e há a porca de ajuste atuando como enrijecedor, ligando os dois tubos.

Portanto é possível considerar todo o comprimento com características do tubo externo, de maior diâmetro.

Tubo diâmetro 48mm – Espessura da parede = 1,5mm.

Momento de inércia do tubo $J_{\min} = 0,7854 \times (2,4^4 - 2,25^4) = 5,93\text{cm}^3$

Área do tubo $S = \pi (4,8^2 - 4,5^2) / 4 = 2,19\text{cm}^2$

Raio de inércia $\rho = (J_{\min} / S)^{0,5} = (5,93 / 2,19)^{0,5} = 1,64$

Comprimento de flambagem $l_0 = 110\text{cm}$

Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 110 / 1,64 = 67 < 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Jonhson

Comprimento de flambagem $l_0 = 130\text{cm}$

Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 130 / 1,64 = 79 < 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Jonhson

Comprimento de flambagem $l_0 = 150\text{cm}$

Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 150 / 1,64 = 92 < 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Jonhson

Comprimento de flambagem $l_0 = 170\text{cm}$

Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 170 / 1,64 = 103 > 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Euler

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 5,93 / 170^2 = 4.252\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **3.543kgf**.

Resultados dos ensaios:

Altura de 1,1m. Passador no primeiro furo – Carga de colapso 2.800kP

Ruptura por flexão lateral e desgarramento do tubo inferior

Altura de 1,7m. Passador no último furo – Carga de colapso 2.740kP

Ruptura por flexão lateral com dobramento do passador.

Conclusão:

Somente na maior extensão é possível aplicar a fórmula de Euler, que indicada para este tipo de situação. Os valores calculados são muito maiores que os valores obtidos em ensaio prático.

Aplicando fator de segurança 2, sobre os resultados dos ensaios, a NOPIN definiu os valores a seguir para uso:

Tabla de cargas de uso		Valores obtidos no cálculo hipotético	
Altura (m)	Carga admisible (Kg)	Carga admissível (kg)	
1,10 m	1.400 Kg	Indefinido	
1,30 m	1.400 Kg	Indefinido	
1,50 m	1.370 Kg	Indefinido	
1,70 m	1.370 Kg	3.543kg	

Eng. Mecânico Pleno Mário César dos Santos – CREA RS46033D (51) 992884225 - Janeiro 2019		MCS	5
--	--	-----	---

6.3.2 – Escora 3,0m: Alturas disponibilizadas pelo fabricante: 1.83m, 2.10m, 2.30m, 2.50m, 2.70m, 2.90m e 3.11m.

TIPO DE PUNTAL	PUNTAL 3 m
CÓDIGO DE PRODUCTO	P30001
Ø TUBO EXTERIOR (mm)	48 mm
ESPESSOR TUBO EXTERIOR (mm)	2 mm
Ø TUBO INTERIOR (mm)	40 mm
ESPESSOR TUBO INTERIOR (mm)	2 mm

O tubo interno representa 41% do comprimento total, na situação mais crítica e há a porca de ajuste atuando como enrijecedor, ligando os dois tubos.

Portanto é possível considerar todo o comprimento com características do tubo externo, de maior diâmetro.

Tubo diâmetro 48mm – Espessura da parede = 2,0mm.

Momento de inércia do tubo $J_{\min} = 0,7854 \times (2,4^4 - 2,2^4) = 7,65 \text{ cm}^3$

Área do tubo $S = \pi (4,8^2 - 4,4^2) / 4 = 2,89 \text{ cm}^2$ Raio de inércia $\rho = (J_{\min} / S)^{0,5} = (7,65 / 2,89)^{0,5} = 2,18$

Comprimento de flambagem $l_0 = 183 \text{ cm}$ - Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 183 / 2,18 = 83 < 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Jonhson

Comprimento de flambagem $l_0 = 210 \text{ cm}$ - Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 210 / 2,18 = 96 < 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Jonhson

Comprimento de flambagem $l_0 = 230 \text{ cm}$

Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 230 / 2,18 = 105 > 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Euler

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 230^2 = \mathbf{2.997 \text{ kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **2.497kgf**.

Como todos os vãos a seguir são maiores, em todos casos será aplicada fórmula de Euler.

Comprimento de flambagem $l_0 = 250 \text{ cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 250^2 = \mathbf{2.536 \text{ kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **2.133kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 270 \text{ cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 270^2 = \mathbf{2.174 \text{ kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.811kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 290 \text{ cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 290^2 = \mathbf{1.885 \text{ kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.570kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 311 \text{ cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 311^2 = \mathbf{1.639 \text{ kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.365kgf**.

Resultados dos ensaios: Altura de 1,83m. Passador no primeiro furo – Carga de colapso 2.590kP

Ruptura por dobramento do passador e desgarramento do tubo inferior

Altura de 3,11m. Passador no último furo – Carga de colapso 1.790kP

Ruptura por flexão lateral.

Conclusão: Somente nas maiores extensões é possível aplicar a fórmula de Euler, que indicada para este tipo de situação. Os valores calculados são maiores que os valores obtidos em ensaio prático.

Aplicando fator de segurança 2, sobre os resultados dos ensaios, a NOPIN definiu os valores a seguir para uso:

Tabla de cargas de uso		Valores obtidos no cálculo hipotético
Altura (m)	Carga admisible (Kg)	Carga admissível (kg)
1,83 m	1.535 Kg	Indefinido
2,10 m	1.490 Kg	Indefinido
2,30 m	1.408 Kg	2.497kg
2,50 m	1.345 Kg	2.133kg
2,70 m	1.268 Kg	1.811kg
2,90 m	1.189 Kg	1.570kg
3,11 m	1.155 Kg	1.365kg

6.3.3 – Escora 4,0m:

Alturas disponibilizadas pelo fabricante: 2.41m, 2.60m, 2.80m, 3.00m, 3.30m, 3.40, 3,60, 3.80 e 4.03m.

TIPO DE PUNTAL	PUNTAL 4 m
CÓDIGO DE PRODUCTO	P40001
Ø TUBO EXTERIOR (mm)	48 mm
ESPESSOR TUBO EXTERIOR (mm)	2 mm
Ø TUBO INTERIOR (mm)	40 mm
ESPESSOR TUBO INTERIOR (mm)	2,5 mm

O tubo interno representa 40% do comprimento total, na situação mais crítica e há a porca de ajuste atuando como enrijecedor, ligando os dois tubos. Portanto é possível considerar todo o comprimento com características do tubo externo, de maior diâmetro.

Tubo diâmetro 48mm – Espessura da parede = 2,0mm.

Momento de inércia do tubo $J_{\min} = 0,7854 \times (2,4^4 - 2,2^4) = 7,65\text{cm}^3$

Área do tubo $S = \pi (4,8^2 - 4,4^2) / 4 = 2,89\text{cm}^2$

Raio de inércia $\rho = (J_{\min} / S)^{0,5} = (7,65 / 2,89)^{0,5} = 2,18$

Comprimento de flambagem $l_0 = 241\text{cm}$

Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 241 / 2,18 = 118 > 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Euler

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 241^2 = 2.729\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **2.274kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 260\text{cm}$

Comprimento livre $L = 2,60\text{m}$

Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 260 / 2,18 = 119 > 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Euler

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 260^2 = 2.536\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **2.113kgf**.

Como todos os vãos a seguir são maiores, em todos casos será aplicada fórmula de Euler.

Comprimento de flambagem $l_0 = 280\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 280^2 = 2.022\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.685kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 300\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 300^2 = 1.761\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.467kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 320\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 320^2 = 1.548\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.290kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 340\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 340^2 = 1.371\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.142kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 360\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 360^2 = \mathbf{1.223\text{kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.019kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 380\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 380^2 = \mathbf{1.098\text{kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **915kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 403\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 7,65 / 403 = \mathbf{976\text{kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **813kgf**.

Resultados dos ensaios:

Altura de 2,41m. Passador no primeiro furo – Carga de colapso 3.410kP

Ruptura por dobramento do passador e pequeno desgarramento do furo do tubo inferior

Altura de 4,03m. Passador no último furo – Carga de colapso 1.400kP

Ruptura por flexão lateral.

Conclusão: Os valores calculados são maiores que os valores obtidos em ensaio prático.

Aplicando fator de segurança 2, sobre os resultados dos ensaios, a NOPIN definiu os valores a seguir para uso:

Tabla de cargas de uso		Valores obtidos no cálculo hipotético	
Altura (m)	Carga admisible (Kg)	Carga admisible (kg)	
2,41 m	1.705 Kg	2.274kg	
2,60 m	1.501 Kg	2.113kg	
2,80 m	1.321 Kg	1.685kg	
3,00 m	1.174 Kg	1.467kg	
3,20 m	1.032 Kg	1.290kg	
3,40 m	914 Kg	1.142kg	
3,60 m	832 Kg	1.019kg	
3,80 m	772 Kg	915kg	
4,03 m	700 Kg	813kg	

6.3.4 – Escora 5,0m:

Alturas disponibilizadas pelo fabricante: 3.55m, 3.60m, 3.80m, 4.00m, 4.30m, 4.40, 4.60, 4.80, 5.00 e 5.13m.

TIPO DE PUNTAL	PUNTAL 5 m
CÓDIGO DE PRODUCTO	P50001
Ø TUBO EXTERIOR (mm)	60 mm
ESPESSOR TUBO EXTERIOR (mm)	2 mm
Ø TUBO INTERIOR (mm)	52 mm
ESPESSOR TUBO INTERIOR (mm)	2,5 mm

O tubo interno representa 31% do comprimento total, na situação mais crítica e há a porca de ajuste atuando como enrijecedor, ligando os dois tubos. Portanto é possível considerar todo o comprimento com características do tubo externo, de maior diâmetro.

Tubo diâmetro 60mm – Espessura da parede = 2,0mm.

Momento de inércia do tubo $J_{min} = 0,7854 \times (3,0^4 - 2,8^4) = 15,34\text{cm}^3$

Área do tubo $S = \pi (6,0^2 - 5,6^2) / 4 = 3,64\text{cm}^2$

Raio de inércia $\rho = (J_{min} / S)^{0,5} = (15,34 / 3,64)^{0,5} = 3,42$

Comprimento de flambagem $l_0 = 355\text{cm}$

Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 355 / 3,42 = 103 > 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Euler

Como todos os vãos a seguir são maiores, em todos casos será aplicada fórmula de Euler.

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 355^2 = 2.522\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **2.101kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 360\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 360^2 = 2.453\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **2.044kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 380\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 380^2 = 2.201\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.834kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 400\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 400^2 = 1.987\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.655kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 420\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 420^2 = 1.802\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.501kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 440\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 440^2 = 1.642\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.368kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 460\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 460^2 = 1.502\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.251kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 480\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 480^2 = 1.379\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.149kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 500\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 500^2 = 1.271\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.059kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 513\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 513^2 = 1.208\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.006kgf**.

Resultados dos ensaios:

Altura de 3,55m. Passador no primeiro furo – Carga de colapso 3.760kP

Ruptura por flexão lateral, devido dobramento do passador e pequeno desgarramento do furo do tubo inferior

Altura de 5,13m. Passador no último furo – Carga de colapso 1.630kP

Ruptura por flexão lateral.

Conclusão: Os valores calculados são maiores que os valores obtidos em ensaio prático.

Aplicando fator de segurança 2, sobre os resultados dos ensaios, a NOPIN definiu os valores a seguir para uso:

Tabela de cargas de uso		Valores obtidos no cálculo hipotético
Altura (m)	Carga admissível (Kg)	Carga admissível (kg)
3,55 m	1.880 Kg	2.101kg
3,60 m	1.789 Kg	2.044kg
3,80 m	1.583 Kg	1.834kg
4,00 m	1.429 Kg	1.655kg
4,20 m	1.283 Kg	1.501kg
4,40 m	1.124 Kg	1.368kg
4,60 m	1.018 Kg	1.251kg
4,80 m	936 Kg	1.149kg
5,00 m	862 Kg	1.059kg
5,13 m	815 Kg	1.006kg

6.3.5 – Escora 6,0m:

Alturas disponibilizadas pelo fabricante: 4.47m, 4.80m, 5.10m, 5.40, 5,70 e 6.05m.

TIPO DE PUNTAL	PUNTAL 6 m
CÓDIGO DE PRODUCTO	P60001
Ø TUBO EXTERIOR (mm)	60 mm
ESPESSOR TUBO EXTERIOR (mm)	2 mm
Ø TUBO INTERIOR (mm)	52 mm
ESPESSOR TUBO INTERIOR (mm)	2,5 mm

O tubo interno representa 26% do comprimento total, na situação mais crítica e há a porca de ajuste atuando como enrijecedor, ligando os dois tubos. Portanto é possível considerar todo o comprimento com características do tubo externo, de maior diâmetro.

Tubo diâmetro 60mm – Espessura da parede = 2,0mm.

Momento de inércia do tubo $J_{\min} = 0,7854 \times (3,0^4 - 2,8^4) = 15,34\text{cm}^3$

Área do tubo $S = \pi (6,0^2 - 5,6^2) / 4 = 3,64\text{cm}^2$

Raio de inércia $\rho = (J_{\min} / S)^{0,5} = (15,34 / 3,64)^{0,5} = 4,21$

Comprimento de flambagem $l_0 = 447\text{cm}$

Índice de esbeltez $\lambda = l_0 / \rho = 447 / 4,21 = 106 > 100 \Rightarrow$ Usar fórmula de Euler

Como todos os vãos a seguir são maiores, em todos casos será aplicada fórmula de Euler.

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 447^2 = \mathbf{1.591\text{kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.325kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 480\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 480^2 = \mathbf{1.379\text{kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.149kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 510\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 510^2 = \mathbf{1.222\text{kgf}}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **1.018kgf**.

Eng. Mecânico Pleno Mário César dos Santos – CREA RS46033D (51) 992884225 - Janeiro 2019		10 MCS
--	--	-----------

Comprimento de flambagem $l_0 = 540\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 540^2 = 1.090\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **908kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 570\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 570^2 = 978\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **815kgf**.

Comprimento de flambagem $l_0 = 605\text{cm}$

Carga crítica elástica $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.100.000 \times 15,34 / 605^2 = 868\text{kgf}$

Considerando um fator de segurança 1,2, a carga permitida será de **723kgf**.

Resultados dos ensaios:

Altura de 4,47m. Passador no primeiro furo – Carga de colapso 2.920kP

Ruptura por flexão lateral.

Altura de 6,05m. Passador no último furo – Carga de colapso 1.300kP

Ruptura por flexão lateral.

Conclusão: Os valores calculados são maiores que os valores obtidos em ensaio prático.

Aplicando fator de segurança 2, sobre os resultados dos ensaios, a NOPIN definiu os valores a seguir para uso:

Tabla de cargas de uso		Valores obtidos no cálculo hipotético	
Altura (m)	Carga admisible (Kg)	Carga admissível (kg)	
4,47 m	1.460 Kg	1.325kg	
4,80 m	1.210 Kg	1.149kg	
5,10 m	1.005 Kg	1.018kg	
5,40 m	825 Kg	908kg	
5,70 m	704 Kg	815kg	
6,05 m	650 Kg	723kg	

7.0 – CONCLUSÃO:

O elementos estruturais, denominados ESCORAS EXTENSÍVEIS METÁLICAS, objeto deste laudo, fabricado pela empresa NOPIN na Espanha e comercializado no Brasil pelas empresas NOPIN Brasil Equipamentos para Construção Civil Ltda e NOPIN Locação de Bens Móveis Ltda, atende as solicitações da Norma Regulamentadora N°18 – NR18 do Ministério do Trabalho e Emprego, quanto a resistência estrutural.

Observe-se que aqui esta demonstrada a capacidade de carga, obtida por ensaio.

As tentativas de fazer uma demonstração teórica, esbarrou na variedade de componentes e dimensões variáveis de montagem, que não permitem uma formulação matemática adequada.

Porém, foi feita a verificação estrutural pelo MÉTODO DIRETO, considerando a escora como uma estrutura única tubular.

Os valores permitidos de carga obtidos nos cálculos desta situação hipotética, demonstram a lógica das cargas obtidas nos ensaios, já que as capacidades de carga seguem uma similariedade, entre ambos.

Alguns fatores que determinam a dificuldade de obter-se um cálculo teórico de projeto adequado:

- A definição da capacidade da porca roscada é imprecisa.
- Não há como definir a influência das variações de medidas toleradas em cada perfil, bem como as variações toleradas para as interferências e conseqüentemente a descentralização dos eixos dos tubos.
- O relatório de teste demonstra que a variação de medida da parede ocorre em todos os diâmetros.
- Somente na maior extensão é possível aplicar a fórmula de Euler, que indicada para este tipo de situação.

Portanto concluo que os valores de uso adotados pela NOPIN são seguros.

O proprietário ou locatário destas escoras deverá seguir as orientações do fabricante, quanto a montagem, uso, manutenção e desmontagem, para manter a integridade do equipamento e garantir a segurança dos usuários.

OBS: Este laudo foi elaborado por solicitação das empresas NOPIN Brasil Equipamentos para Construção Civil Ltda e NOPIN Locação de Bens Móveis Ltda.

Caxias do Sul, 15 de janeiro de 2019

Eng. Mec. Mário Cesar dos Santos
CREA RS46033

Observações pertinentes:

O relatório dos ensaios emitidos pelo INSTITUTO DE CIENCIA DE LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA, para NOPIN na ESPANHA em 13 de setembro de 2003, fazem parte deste laudo, já que foi fornecido a este engenheiro, a fim de poder elaborar este documento.

Este laudo é somente aplicável aos modelos e materiais relacionados no relatório, denominado Informe nº 18.257 e não garante a fabricação.

Eng. Mecânico Pleno Mário César dos Santos – CREA RS46033D (51) 992884225 - Janeiro 2019		12 MCS
--	--	-----------



Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL

Contratado		
Carteira: RS046033	Profissional: MARIO CESAR DOS SANTOS	E-mail: mcseguranca@pop.com.br
RNP: 2201657505	Título: Engenheiro Mecânico	
Empresa: NENHUMA EMPRESA		Nr.Reg.:

Contratante		
Nome: NOPIN BRASIL EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL LTD	E-mail:	
Endereço: RODOVIA RS-122 7470 PAV. 10 E 11	Telefone:	CPF/CNPJ: 10759129000131
Cidade: CAXIAS DO SUL	Bairro: DESVIO RIZZO	CEP: 95110310 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço		
Proprietário: NOPIN BRASIL EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL LTD		
Endereço da Obra/Serviço: RODOVIA RS-122 7470 PAV. 10 E 11	CPF/CNPJ: 10759129000131	
Cidade: CAXIAS DO SUL	Bairro: DESVIO RIZZO	CEP: 95110310 UF: RS
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES	Vlr Contrato(R\$): 1.800,00	Honorários(R\$): 500,00
Data Início: 15/01/2019	Prev.Fim: 15/01/2021	Ent.Classe: AEA

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Laudo Técnico	NP003 - ESCORAS METÁLICAS EXTENSÍVEIS	1,00	UN
Observações	VERIFICAÇÃO DE ADEQUAÇÃO AS NORMAS BRASILEIRAS	1,00	UN
Observações	A PARTIR DE RELATÓRIO DE ENSAIO DO INSTITUTO DE CIENCIAS DE	1,00	UN
Observações	LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA - INFORME Nº 18257 - MADRI	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 16/01/2019

Caxias do Sul - 15/04/19 Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	MARIO CESAR DOS SANTOS Profissional	NOPIN BRASIL EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL LTD Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA