



0	21/08/09	E	Emissão Inicial		
REVISÃO Nº	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES		
Tipo de Emissão	A. Preliminar B. Para Aprovação C. Para Conhecimento	D. Para Cotação E. Para Construção F. Conforme Comprado	G. Conforme Construído H. Cancelado I. De Trabalho		
 <b>ENGECORPS</b> corpo de engenheiros consultores					
PROJETO:	HN <del>HN</del>	PASC 	RKC  DATA: 21/08/09		
PROJETISTA:	-		DATA: 21/08/09		
VERIFICAÇÃO:	ACMM 	PACL 	DATA: 21/08/09		
APROVAÇÃO:	MOG 		DATA: 21/08/09		
 <b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL</b> <b>PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO</b> <b>COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO</b> <b>NORDESTE SETENTRIONAL</b>					
<b>ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DAS OBRAS (ATO) - LOTE A</b>					
<b>NOTA TÉCNICA – ATO OBRAS CIVIS</b> <b>ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE TUBOS HELICOIDAIS PARA DRENAGEM INTERNA DOS CANAIS</b>					
	DATA	RUBRICA	APROVAÇÃO	DATA	RUBRICA
PROJETISTA			Logos-Concremat		
DESENHISTA			Logos-Concremat		
VERIFICADO					
			CLIENTE		
ESCALA	DOCUMENTO Nº PROJETISTA: <b>885-MIN-ISF-RT-A0017</b> CLIENTE: <b>1210-REL-1051-00-40-009</b>				REVISÃO <b>0</b>

---

# **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

---

*MI*

**Projeto de Integração do Rio São Francisco  
com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

---

**ATO – Acompanhamento Técnico das Obras**

## ***NOTA TÉCNICA – ATO OBRAS CIVIS ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE TUBOS HELICOIDAIS PARA DRENAGEM INTERNA DOS CANAIS***

885-MIN-ISF-NT-A0017  
1210-REL-1051-00-40-009  
Agosto/2009  
Rev. 0

---

*ÍNDICE*

	<i>PÁG.</i>
<b>1. OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INFORMAÇÕES E DADOS RECEBIDOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>4</b>
<b>ANEXO 1 - MEMÓRIAS DE CÁLCULO RECEBIDAS.....</b>	<b>5</b>

## 1. OBJETIVO

Esta nota técnica tem por objeto o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias do Nordeste Setentrional – Projeto Executivo do Trecho I e por objetivo a apresentação das análises realizadas, dentro do escopo dos serviços de ATO, com relação à possibilidade de utilização de tubos helicoidais para os sistemas de drenagem interna projetados ao longo dos canais do Lotes 1, 2, 3 e 4.

A solicitação para esta análise foi feita pela Supervisora dos Lotes 1 e 2 (Sondotécnica). Deve-se observar que a presente análise poderá ser estendida aos canais dos lotes 3 e 4.

## 2. INFORMAÇÕES E DADOS RECEBIDOS

A Supervisora solicitou à ENGEORPS, através do memorando nº 220/2009, uma análise de alternativa de concepção para o sistema de drenagem interna do canal. Após uma série de estudos e análises, a ENGEORPS enviou por email, no dia 09/07/09, a Nota Técnica: Colchão Drenante – Alternativa para Escavação da Drenagem Interna nos Trechos em Rocha (documento nº1210-NTC-1201-00-40-002-R0), disponibilizada no Construmanager no dia 03/07/09.

Deve-se observar que a capacidade de vazão para os tubos, apresentada nessa nota técnica, foi calculada para tubos de concreto (coeficiente de Manning = 0.018). Se forem utilizados outros tipos de tubos, tais como os produzidos pelos fabricantes Kanaflex e TDM, para os quais o coeficiente de Manning situa-se numa faixa entre 0,010 e 0,012, as capacidades de vazão dos tubos passam para os valores indicados na tabela a seguir:

<i>Capacidade drenante – <math>y/D = 95\%</math></i>				
<i>Diâmetro Interno</i>				
mm		300	400	500
m		0,30	0,40	0,50
i	Manning (n)	Vazão (l/s)		
0,01%	0,010	13,50	29,09	52,75
	0,012	11,25	24,24	43,95
	0,018 (concreto)	7,50	16,16	29,30

A Supervisora dos Lotes 1 e 2 (Sondotécnica) solicitou também, através do memorando nº 218/2009, uma análise da utilização de tubos helicoidais (corrugados ou lisos) para o sistema de drenagem interna, em função da classificação necessária aos tubos de concreto armado tradicionais. Para tanto, a Supervisora solicitou o envio pela ENGEORPS dos valores das vazões calculadas para os trechos dos canais CN-02 ao CN-07, o que foi feito através de email enviado à Supervisora no dia 09/07/09, na forma de planilhas contendo a vazão calculada para seções transversais situadas a cada estaca inteira (de 20,0m em 20,0m).

A Supervisora enviou duas memórias de cálculo, preparadas pelo consultor da Construtora, a respeito desse assunto. Assim sendo, as análises realizadas pela ENGECORPS foram feitas em duas etapas: a 1ª etapa correspondeu à análise da possível utilização dos tubos helicoidais como tubos-dreno. A 2ª etapa correspondeu à análise da possível utilização desses tubos como saídas laterais (transversais).

Em ambas as memórias de cálculo apresentadas, cujos estudos estão detalhados de forma satisfatória, os casos estudados contemplaram uma análise estrutural desses tubos, que atendem às exigências do projeto, desde que sejam mantidas as soluções de assentamento e envolvimento previstas no projeto.

### **3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Com relação aos aspectos estruturais, os tubos atendem às exigências estabelecidas no Projeto Executivo, desde que seja executada de maneira satisfatória a compactação do material de assentamento dos tubos, que deverá ser de moderada (grau de compactação de 85 a 95%) a boa (grau de compactação superior a 95%), e que sejam mantidas as soluções de assentamento e envolvimento previstas no projeto.

Com relação aos aspectos hidráulicos, a Construtora deverá realizar o dimensionamento desses tubos, com base nos valores de vazões encaminhados pela Projetista à Supervisora.

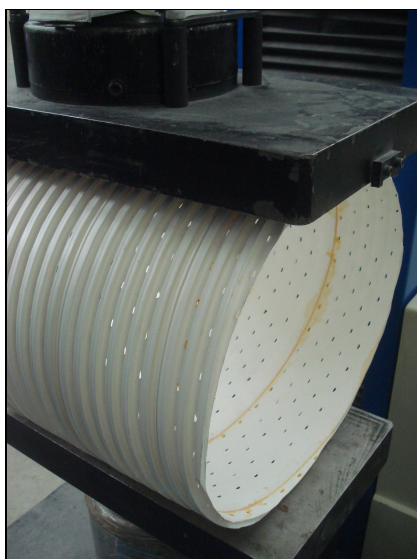
# **ANEXO 1**

## **MEMÓRIAS DE CÁLCULO RECEBIDAS**

---

---

## Utilização de Tubos Helicoidais de PVC na Drenagem Interna dos Canais de Adução do Projeto de Integração do Rio São Francisco



Memória de Cálculo Estrutural

Engº Luiz Bandeira de Mello Laterza

Março de 2009

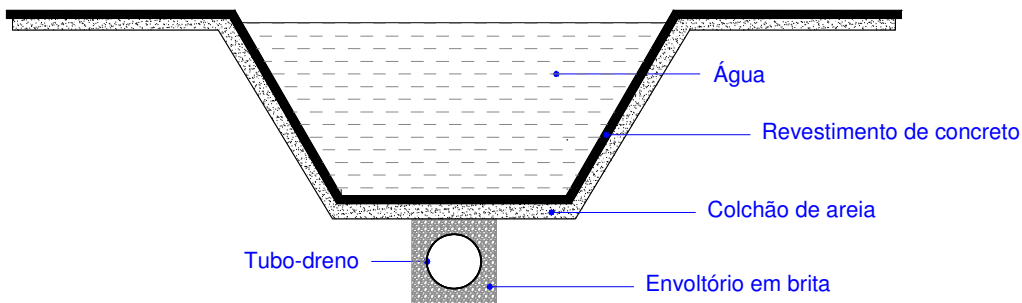
## PARTE 1

### Tubos perfurados sob o canal (Tubos-Dreno)



## 1. Geometria do canal

Considerou-se a utilização de tubos helicoidais de PVC perfurados (tubos-dreno) na trincheira drenante existente sob o canal de adução com a seguinte seção transversal típica prevista em projeto (sem escala):



## 2. Cargas atuantes

Na análise estrutural da tubulação enterrada foram consideradas as seguintes cargas permanentes:

- peso da coluna d'água (altura de 6 metros)
- peso do revestimento de concreto do fundo do canal (espessura de 7 cm)
- peso do colchão drenante de areia (espessura de 10 cm)
- peso do recobrimento de brita na trincheira drenante (espessura de 15 cm)

Foram considerados os seguintes pesos específicos:

- peso específico da água:  $\gamma_{\text{água}} = 10 \text{ kN/m}^3$
- peso específico do concreto:  $\gamma_{\text{concreto}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- peso específico da areia:  $\gamma_{\text{areia}} = 20 \text{ kN/m}^3$
- peso específico da brita:  $\gamma_{\text{brita}} = 22 \text{ kN/m}^3$

Portanto, a carga vertical atuante no plano horizontal tangente a geratriz superior do tubo será:

$$\sigma_v = 6 \cdot \gamma_{\text{água}} + 0,07 \cdot \gamma_{\text{concreto}} + 0,1 \cdot \gamma_{\text{areia}} + 0,15 \cdot \gamma_{\text{brita}}$$

$$\sigma_v = 6 \cdot 10 + 0,07 \cdot 25 + 0,1 \cdot 20 + 0,15 \cdot 22$$

$$\sigma_v = 67,05 \text{ kN / m}^2$$

Considerando-se as imprecisões construtivas, adotaremos nos cálculos, a favor da segurança, uma carga vertical de 71 kN/m<sup>2</sup>.

### 3. Análise estrutural da tubulação

A análise do sistema solo – tubo flexível frente às solicitações é efetuada levando-se em conta 4 estados limites que devem ser evitados com razoável segurança:

- deformação diametral excessiva
- instabilidade elástica (flambagem da parede)
- compressão limite da parede
- alongamento unitário limite das fibras da parede

#### 3.1 Verificação do critério de deformação diametral

A deformação diametral relativa em tubulações flexíveis enterradas tem sido tradicionalmente calculada pela fórmula de Spangler, modificada por Watkins, que passou a ser denominada como fórmula de Iowa-modificada

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{K(p + q)}{8 \cdot R_A + 0,061E'}$$

Onde,

$\Delta y$  = deformação diametral (m)

D = diâmetro da tubulação (m)

K = Constante de assentamento (adimensional)

p = carga permanente (kN/m<sup>2</sup>)

q = carga acidental (kN/m<sup>2</sup>)

R<sub>A</sub> = rigidez anular da tubulação (kN/m<sup>2</sup>)

E' = módulo reativo do solo de envolvimento (kPa)

A constante de assentamento (K) depende do berço de apoio da tubulação flexível enterrada. É função do ângulo de apoio da tubulação que define a área resistente e, conseqüentemente, a distribuição das tensões. Varia entre 0,083 e 0,110 e normalmente adota-se o valor K=0,1.

A Rigidez Anular (R<sub>A</sub>) é uma característica da tubulação utilizada que traduz a resistência que o anel oferece à sua deformação transversal. Pode ser calculada analiticamente utilizando-se a teoria da elasticidade a partir da geometria da parede e do módulo de elasticidade do material. A tabela abaixo mostra os valores teóricos calculados para a rigidez anular dos tubos fabricados pela Aqueduto.

Tira Perfilada	Diâmetro (mm)	Rigidez Anelar (N/m/m)
84 BR1	250	812
	300	514
112 BR1	350	1758
	400	1348
	450	1041
140 BR1	500	1510
	550	1220
	600	995

No entanto, é mais usual medir esta propriedade através de ensaios de compressão diametral em uma prensa de pratos paralelos como mostra a figura apresentada na capa deste trabalho. Este procedimento é normalizado pela norma ISO 9969.

Por simplicidade e a favor da segurança, consideraremos nos cálculos a seguir um valor da Rigidez Anelar de 500 N/m/m, inferior ao menor valor obtido nos ensaios realizados ao longo dos últimos anos de acordo com a norma acima indicada.

O módulo reativo do solo  $E'$  é o parâmetro mais importante no cálculo da deformação diametral, mas também é o mais difícil de ser determinado, pois depende da complexa interação entre solo e tubo.

Para tubulações plásticas, como os tubos de PVC estruturados, recomenda-se a utilização de materiais granulares, preferencialmente com grãos de formato cúbico e arestas. Tais materiais são classificados na USCS como GW, GP, SW, SP, GM, GC, SM e SC. Para esses tipos de solo, podem-se adotar os valores obtidos por Howard e publicados pelo U.S. Bureau of Reclamation. A tabela a seguir apresenta os valores indicados para o módulo reativo do solo  $E'$  (em kPa), de acordo com a sua condição de compactação:

solo granular	classificação USCS	sem compactação material despejado	leve compactação < 65% Proctor < 40% Dens. Relat.	moderada compactação 85% a 95% Proctor 40% a 70% Dens. Relat.	boa compactação > 95% Proctor > 70% Dens. Relat.
com finos (entre 12 e 25%)	GM GC SM SC	700	2800	7.000	14.000
sem finos (menos de 12%)	GW GP SW SP	1.400	7.000	14.000	21.000
pedra britada		7.000	21.000	21.000	21.000

Como os tubos estarão instalados em uma trincheira drenante e serão confinados por pedra britada, mesmo que a brita seja simplesmente despejada na vala (sem compactação) o módulo reativo ( $E'$ ) será superior a 7.000 kN/m<sup>2</sup>.

Portanto, a deformação diametral relativa ( $\Delta y/D$ ) esperada para a tubulação será:

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{0,1 \times (71)}{8 \times 0,5 + 0,061 \times 7000}$$

$$\frac{\Delta y}{D} = 0,016 = 1,6 \%$$

Considerando-se que o limite de deformação diametral normalmente admitido para tubulações plásticas enterradas é de 7,5%, estaremos trabalhando com elevado coeficiente de segurança.

Mesmo que o envolvimento da tubulação seja feito com material inferior contendo finos e com leve compactação ( $E' = 2.800 \text{ kPa}$ ), ainda assim teríamos deformações diametraís aceitáveis:

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{0,1 \times (71)}{8 \times 0,5 + 0,061 \times 2800} = 0,041 = 4,1 \%$$

### 3.2 Verificação da estabilidade elástica da parede

A verificação da estabilidade elástica da tubulação pode ser efetuada determinando-se a pressão que causa o colapso (flambagem) da parede pela fórmula oriunda da teoria da elasticidade (Timoshenko):

$$P_c = \frac{24 \frac{EI}{D^3}}{1 - \nu^2} = \frac{24 R_A}{1 - \nu^2}$$

Onde:

$P_c$  = pressão crítica que causa a flambagem da parede;  
 $E$  = módulo de elasticidade do material (PVC);  
 $I$  = momento de inércia da parede do tubo;  
 $D$  = diâmetro referido à linha neutra da parede;  
 $R_A$  = rigidez anular da tubulação;  
 $\nu$  = coeficiente de Poisson do material (PVC);

A fórmula acima foi deduzida teoricamente considerando-se uma tubulação perfeitamente circular e elástica, submetida a uma pressão hidrostática externa. Como as tubulações normalmente apresentam ovalizações, costuma-se adotar coeficientes de redução desta pressão crítica de colapso da ordem de 30%.

Por outro lado, no caso de tubulações enterradas, o próprio solo de envolvimento atua no sentido de dificultar a instabilidade da parede. Este efeito pode ser levado em conta corrigindo-se o valor da pressão crítica de flambagem utilizando-se a fórmula:

$$P_{cf} = 1,15k_o\sqrt{P_C E'}$$

Onde  $P_{cf}$  é a nova pressão de colapso corrigida.

Adotando-se o coeficiente de Poisson do PVC ( $\nu = 0,35$ ) e um coeficiente de redução devido a ovalizações de 30% ( $k_o=0,7$ ) e, por outro lado, assumindo os valores já adotados para o módulo reativo do solo ( $E' = 7.000 \text{ kN/m}^2$ ) e para a rigidez anular da tubulação ( $RA = 0,5 \text{ kN/m/m}$ ), podemos calcular a pressão crítica de flambagem:

$$P_C = \frac{24 \times 0,5}{1 - 0,35^2} = 13,68 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{cf} = 1,15 \times 0,7 \sqrt{13,68 \times 7.000}$$

$$P_{cf} = 249,06 \text{ kN/m}^2$$

Caso o envolvimento da tubulação seja feito com material inferior ou com menor compactação ( $E' = 2.800 \text{ kPa}$ ), a carga crítica de flambagem será:

$$P_{cf} = 1,15 \times 0,7 \sqrt{13,68 \times 2.800}$$

$$P_{cf} = 157,55 \text{ kN/m}^2$$

Em ambos os casos, a carga crítica de flambagem é bem superior à pressão máxima atuante no solo ao redor da tubulação ( $71 \text{ kN/m}^2$ ).

No entanto, como a pressão crítica de flambagem foi majorada levando-se em conta o efeito favorável do envolvimento, mas, na prática, esse envolvimento nem sempre é uniforme nas obras, recomenda-se trabalhar com um coeficiente de segurança em torno de 2,5 neste critério de desempenho.

Portanto, recomenda-se que seja utilizado um procedimento de envolvimento da tubulação que resulte em um  $E' \geq 3.600 \text{ kN/m}^2$ .

### 3.3. Verificação do estado de compressão na parede

O objetivo desta consideração de projeto consiste em verificar se as tensões de compressão na parede da tubulação não ultrapassam o limite de escoamento do material.

A tensão de compressão nas paredes pode ser calculada simplesmente dividindo-se a carga total aplicada pela área da seção resistente:

$$\sigma_c = \frac{(p + q) \cdot D}{2 \cdot A}$$

Onde:

A = área da seção longitudinal da parede da tubulação

As tiras perfiladas utilizadas na fabricação dos tubos helicoidais de PVC da Aqueduto possuem as seguintes características nominais:

Tira Perfilada	Altura Total (mm)	Linha Neutra (mm)	Área da parede (mm <sup>2</sup> /m)
84 BR1	6,10	2,00	1.285
112 BR1	13,50	4,19	2.216
140 BR1	17,00	5,66	2.782

Portanto, os tubos produzidos com essas tiras, quando sujeitos ao carregamento acima estabelecido, ficarão sujeitos às seguintes tensões de compressão nas paredes:

Tira Perfilada	Diâmetro			Carregamento 71 kN/m <sup>2</sup>
	Interno	Externo	Linha Neutra	Tensão na parede
	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)
84 BR1	250	262,2	254,0	7,0
	300	312,2	304,0	8,4
112 BR1	350	377,0	358,4	5,7
	400	427,0	408,4	6,5
	450	477,0	458,4	7,3
140 BR1	500	534,0	511,3	6,5
	550	584,0	561,3	7,2
	600	634,0	611,3	7,8

Como a resistência do PVC à compressão é superior a 30 Mpa (entre 32 e 35 Mpa), estaremos trabalhando com coeficientes de segurança superiores a 3,6.

### 3.4. Verificação do alongamento unitário das fibras da parede

A aplicação deste critério de projeto é controvertida no meio técnico, quando se trata de tubos de PVC (vários pesquisadores vêm questionando a existência de valores limite para este tipo de material neste tipo de aplicação). Por outro lado, ele não costuma ser um critério limitante, principalmente para tubos muito flexíveis (pequena rigidez anular) como será demonstrado abaixo.

O alongamento das fibras devido à flexão da parede, quando um tubo se deforma diametralmente, pode ser calculado pela fórmula de Molin:

$$\varepsilon = 6 \left( \frac{t}{D} \right) \cdot \left( \frac{\Delta y}{D} \right)$$

Onde:

$\varepsilon$  = alongamento unitário das fibras

$\Delta y$  = deformação diametral

D = diâmetro referido à linha neutra

t = altura total da parede

Portanto, os alongamentos unitários das fibras para a deformação diametral prevista de 1,6 % e para o limite aceitável de 7,5% serão:

Tira Perfilada	Diâmetro	Deformação Diametral ( $\Delta y/D$ )	
	(mm)	1,6%	7,5%
84 BR1	250	0,23%	1,08%
	300	0,19%	0,90%
112 BR1	350	0,36%	1,70%
	400	0,32%	1,49%
	450	0,28%	1,33%
140 BR1	500	0,32%	1,50%
	550	0,29%	1,36%
	600	0,27%	1,25%

Ou seja, para a deformação esperada de 1,6% o alongamento das fibras não ultrapassa 0,36% quando o controvertido limite é de 2,5 a 3 %. Mesmo para deformações máximas admissíveis de 7,5%, o alongamento das fibras não ultrapassa 1,7 % o que mostra que também neste critério estamos trabalhando com razoável coeficiente de segurança.



#### 4. Conclusão

Do ponto de vista estrutural, os tubos helicoidais de PVC com perfurações (tubos-dreno) fabricadas pela Aqueduto atendem com segurança as solicitações previstas no projeto de drenagem interna dos canais de adução do projeto de integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do nordeste setentrional.

De fato, os coeficientes de segurança resultantes da análise do sistema solo–tubo frente às solicitações previstas estão dentro dos critérios considerados adequados no projeto de tubulações plásticas enterradas:

critério de projeto	unidade	valor máximo	limite	Coef. Segurança
deformação diametral relativa	(%)	1,6	< 7,5	4,6
instabilidade elástica (pressão de colapso)	kN/m <sup>2</sup>	71	< 249	3,5
compressão da parede	MPa	8,4	< 32	3,8
alongamento unitário das fibras	(%)	0,36	< 2,5	6,9

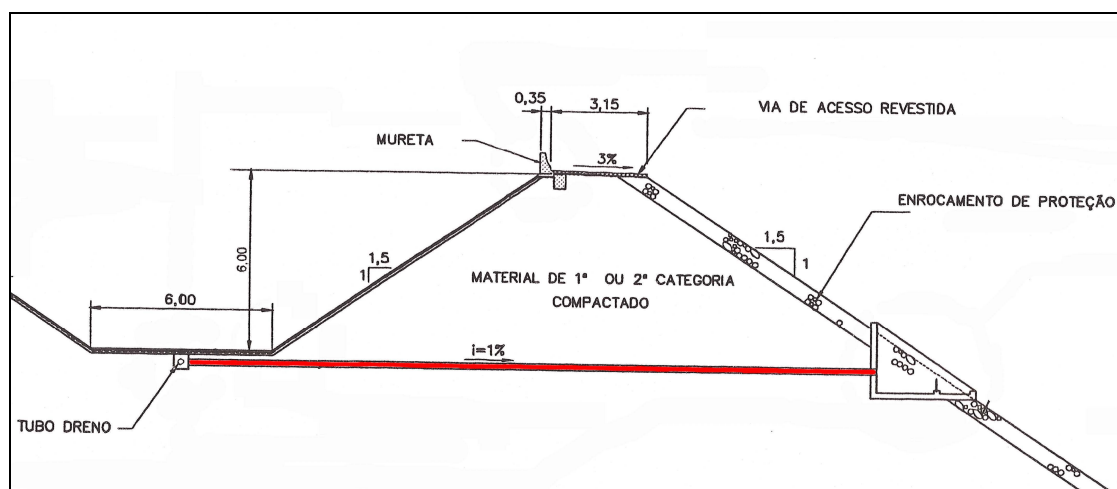


## PARTE 2

### Tubos não-perfurados sob o aterro (Saídas Laterais)

## 1. Geometria da seção

Considerou-se a utilização de tubos helicoidais de PVC não-perfurados no sistema de saída lateral da drenagem interna. Estes tubos serão instalados perpendicularmente ao eixo do canal, de acordo com a seguinte seção transversal típica:



## 2. Cargas atuantes

Na análise estrutural desta tubulação enterrada foi considerada apenas a carga permanente correspondente ao peso do aterro existente sobre a tubulação pois, na profundidade em que o tubo estará enterrado, as cargas de tráfego na via de acesso podem ser consideradas desprezíveis.

Para o cálculo da altura de aterro sobre o tubo foi considerada a diferença de cotas entre o topo e o fundo do canal (6 metros), o revestimento do fundo do canal (7 cm), a espessura do colchão drenante (10 cm), o recobrimento do tubo (10 cm) e a diferença entre o diâmetro do maior tubo-dreno e o tubo de saída lateral (500 - 300 mm), além do acréscimo devido à declividade da tubulação.

Quando chega na vertical que passa pela extremidade da via de acesso (início do enrocamento de proteção do talude), a tubulação terá caminhado: 3,0 m (metade da largura do canal) + 6,0 x 1,5 (sob o talude interno do canal) + 0,35 (sob a mureta) + 3,15 m (sob a largura da via de acesso) = 15,50 metros. Assim, o acréscimo de profundidade devido à declividade será:  $0,01 \times 15,50 = 0,155$  metros.

A altura total de aterro será portanto:  $6,00 + 0,07 + 0,10 + 0,20 + 0,16 = 6,53$  metros.

Considerando-se que o aterro será feito com rocha, adotaremos para o cálculo da carga sobre o tubo um peso específico de  $22 \text{ kN/m}^3$ .

Portanto, a carga vertical atuante no plano horizontal tangente a geratriz superior do tubo será:

$$\sigma_v = H \cdot \gamma_{solo}$$

$$\sigma_v = 6,53 \times 22$$

$$\sigma_v = 143,66 \text{ kN} / \text{m}^2$$

A favor da segurança, adotaremos uma carga vertical de 145 kN/m<sup>2</sup>.

### 3. Análise estrutural da tubulação

Para esta tubulação com declividade superior a dos tubos-dreno, considerou-se a utilização de um tubo de 300 mm de diâmetro fabricado com a tira perfilada 112 BR1. As características deste tubo estão indicadas na tabela abaixo.

Tira Perfilada	Características da Tira Perfilada			Diâmetro do Tubo			Rigidez Anelar
	Altura Total	Linha Neutra	Área da parede	Interno	Externo	Linha Neutra	
	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> /m)	(mm)	(mm)	(mm)	
112 BR1	13,50	4,19	2.216	300	327,0	308,4	2.262

#### 3.1 Verificação do critério de deformação diametral

Conforme apresentado na parte 1 deste trabalho, a deformação diametral relativa foi calculada pela fórmula de Iowa-modificada, considerando-se o carregamento acima definido e uma constante de assentamento K=0,1.

Considerou-se que o tubo será confinado em uma vala ou aterro (largura superior a 2xDE) com pedra britada ou outro material granular bem compactado que possibilite a obtenção de um módulo reativo do solo E' igual ou superior a 7.000 kN/m<sup>2</sup>.

Portanto, a deformação diametral relativa ( $\Delta y/D$ ) esperada para a tubulação será:

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{0,1 \times (145)}{8 \times 2,26 + 0,061 \times 7000}$$

$$\frac{\Delta y}{D} = 0,033 = 3,3 \%$$

Considerando-se que o limite de deformação diametral normalmente admitido para tubulações plásticas enterradas é de 7,5%, estaremos trabalhando com elevado coeficiente de segurança.

Caso o envolvimento da tubulação seja feito com material inferior contendo finos e com leve compactação ( $E' = 2.800$  kPa), as deformações diametraes poderão ficar ligeiramente acima do limite aceitável de 7,5%:

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{0,1 \times (145)}{8 \times 2,26 + 0,061 \times 2800} = 0,077 = 7,7 \%$$

Recomenda-se, portanto, que o envoltório da tubulação seja efetuado com módulo reativo do solo superior a 3.300 kPa.

### 3.2 Verificação da estabilidade elástica da parede

Como foi apresentada na parte 1 deste trabalho, a verificação da estabilidade elástica da parede da tubulação foi efetuada determinando-se a pressão que causa o colapso da parede.

Adotando-se o coeficiente de Poisson do PVC ( $\nu = 0,35$ ), um coeficiente de redução devido a ovalizações de 30% ( $k_o = 0,7$ ) e os valores considerados para o módulo reativo do solo ( $E' = 7.000$  kN/m<sup>2</sup>) e para a rigidez anelar da tubulação ( $RA = 2,26$  kN/m/m), a pressão crítica de flambagem obtida foi de:

$$P_c = \frac{24 \times 2,26}{1 - 0,35^2} = 61,81 \text{ kN/m}^2$$

e a pressão de colapso corrigida de:

$$P_{cf} = 1,15 \times 0,7 \sqrt{61,81 \times 7.000}$$

$$P_{cf} = 529,52 \text{ kN/m}^2$$

Caso o envolvimento da tubulação seja feito com material inferior ou com menor compactação ( $E' = 2.800$  kPa), a carga crítica de flambagem será:

$$P_{cf} = 1,15 \times 0,7 \sqrt{61,81 \times 2.800}$$

$$P_{cf} = 334,90 \text{ kN/m}^2$$



Em ambos os casos, a carga crítica de flambagem é bem superior à pressão máxima atuante no solo ao redor da tubulação ( $145 \text{ kN/m}^2$ ).

No entanto, como o coeficiente de segurança recomendado é de 2,5, recomenda-se a utilização de um procedimento de envolvimento da tubulação que resulte em um módulo reativo do solo  $E'$  superior  $3.300 \text{ kN/m}^2$ .

### 3.3. Verificação do estado de compressão da parede

A tensão de compressão nas paredes neste caso será:

$$\sigma_c = \frac{145 \times 308,4}{2 \times 2.216} = 10,09$$

Como a resistência do PVC à compressão é superior a 30 Mpa, estaremos trabalhando com um coeficiente de segurança em torno de 3,0.

### 3.4. Verificação do alongamento unitário das fibras da parede

O alongamento das fibras devido à flexão da parede será, para uma deformação diametral relativa de 3,1 %:

$$\varepsilon = 6 \left( \frac{13,5}{308,4} \right) \cdot (0,031) = 0,00814$$

Ou seja:

$$\varepsilon = 0,81 \%$$

quando o alongamento limite é de 2,5 a 3 %.

Mesmo para deformações diametraes de 7,5%, o alongamento das fibras não chegaria a 2,0 %, o que mostra que também neste critério estamos trabalhando com razoável coeficiente de segurança.

## 4. Conclusão

Do ponto de vista estrutural, os tubos helicoidais de PVC de 300 mm de diâmetro, fabricadas pela Aqueduto com a tira perfilada 112 BR1, atendem com segurança as solicitações previstas no projeto de drenagem interna dos canais de adução do projeto de integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do nordeste setentrional.



De fato, os coeficientes de segurança resultantes da análise do sistema solo–tubo frente às solicitações previstas estão dentro dos critérios considerados adequados no projeto de tubulações plásticas enterradas:

critério de projeto	unidade	valor resultante	limite	Coef. Segurança
deformação diametral relativa	(%)	3,3	< 7,5	2,3
instabilidade elástica (pressão de colapso)	kN/m <sup>2</sup>	145	< 529	3,6
compressão da parede	MPa	10,1	< 32	3,2
alongamento unitário das fibras	(%)	0,81	< 2,5	3,1

São Paulo, 15 de Março de 2009

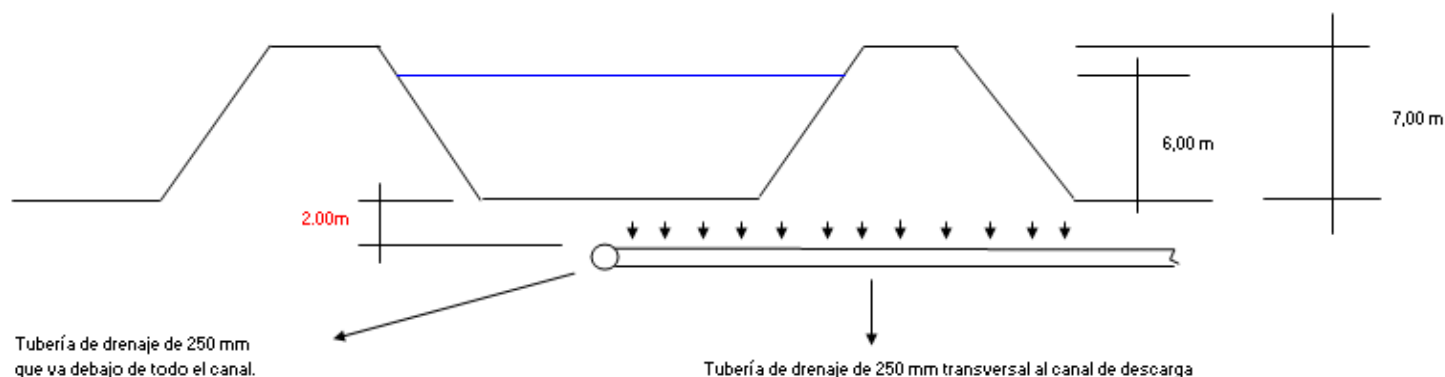
Luiz Bandeira de Mello Laterza  
Engenheiro Civil – CREA 0600928360  
Mestre em Engenharia de Construção Civil  
Doutor em Engenharia Mecânica

## **MEMÓRIA DE CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE SUPORTE DE CARGA PARA** **TUBO ADS - D=250mm**

O presente documento tem por finalidade verificar a competência dos tubos corrugados N-12 ADS de diâmetro 250mm para suportar as cargas especificadas no projeto em questão.

As verificações foram feitas obtendo os dados de carga de água do seguinte esquema. A altura de solo desde a face externa do tubo até o fundo do canal foi assumida como 2.00m. e foi considerado um peso específico de 2.0 ton/m<sup>3</sup>. Logo, foi encontrado um valor médio ponderado entre ambos os materiais (água e solo) para encontrar o valor do peso específico equivalente. A altura total considerada foi de 8.00m (6.00m água e 2.00m aterro sobre a face externa do tubo).

Foram convertidas as unidades de peso específico a lb/ft<sup>3</sup>, e altura de aterro a ft (dados de entrada para folha de cálculo “N-12 Burns and Richard Solution”).



Para serem feitas as verificações foi usada a ficha técnica do Anexo 1 (Anexa ao email). “Desempeño estructural de la tubería de polietileno corrugado utilizando la solución de Burns & Richards”. No mencionado documento se sustenta cada parâmetro necessário para o cálculo e anotam-se as fórmulas respectivas usadas no cálculo de verificação.

Os resultados obtidos são o máximo esforço de compressão, o máximo esforço de tensão e a deflexão diametral do tubo. Estes resultados são comparados com os parâmetros recomendados em cada um dos casos. Os resultados da verificação são encontrados na tabela de cálculo do Anexo 2 (Anexa ao email).

## **ANEXO 1**



# Ficha Técnica



## Ficha Técnica 2.130

**Re:** Desempeño estructural de la tubería de polietileno corrugado utilizando la Solución de Burns & Richard.

**Fecha:** James B. Goddard, Norman E. Kampbell y David P. Kozman.

## INTRODUCCIÓN

En 1964, Jerome Burns & Ralph Richard presentaron un documento innovador sobre “Atenuación de Tensiones para Cilindros Enterrados”, el cual significó un mejor entendimiento de los esfuerzos que actúan en una tubería enterrada. El análisis es aplicable a estructuras enterradas profundamente donde la estructura está hecha de un material elástico y el suelo se considera como un medio elástico. La rigidez circunferencial de la tubería, la resistencia a la flexión de la tubería, la transferencia de carga entre el suelo y la tubería, todas ellas influyen a las cargas, en magnitud y dirección (cargas de tensión o de compresión). La solución es aplicable a cualquier tubería enterrada en un medio linealmente elástico.

Los parámetros del medio elástico son el módulo de elasticidad ( $E'$ ), la relación de Poisson del suelo ( $\mu$ ), el módulo de constricción ( $M'$ ) y la relación de esfuerzo lateral ( $K$ ). Estos parámetros se relacionan con las siguientes ecuaciones:

$$M' = - \frac{E'(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)} \quad (1)$$

$$K = \frac{\mu}{(1 - \mu)} \quad (2)$$

Se relacionan dos constantes adicionales a la relación de esfuerzo lateral:

$$B = \frac{1}{2}(1 + K) = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{1 - \mu} \right) = \text{Radio de esfuerzo lateral simétrico} \quad (3)$$

y

$$C = \frac{1}{2}(1 - K) = \frac{1}{2} \left( \frac{1 - 2\mu}{1 - \mu} \right) = \text{Radio de esfuerzo lateral asimétrico} \quad (4)$$

Los parámetros de la tubería son el radio medio del tubo, la rigidez circunferencial, y la rigidez del tubo (resistencia a la flexión). La rigidez circunferencial (o rigidez de compresión del aro) resulta de la ecuación:

$$K_{rc} = \frac{E_{rc} A}{R} \quad (5)$$

Donde:  $E_{rc}$  = el módulo de compresión del material del tubo (psi)  
 $A$  = el área unitaria de la pared del tubo (plg<sup>2</sup>/plg)  
 $R$  = el radio medio (plg)

La rigidez del tubo ( o rigidez de flexión del aro o rigidez a la flexión) resulta de la ecuación:

$$K_f = \frac{6E_f I}{R^3} \quad (6)$$

Donde:

$E_f$  = módulo de Flexión (psi)  
 $I$  = momento de inercia de la pared del tubo (plg<sup>4</sup>/plg)  
 $R$  = radio medio (plg)

Los parámetros de interacción suelo-estructura se definen como la relación de flexibilidad del aro, UF, donde:

$$UF = \frac{2BM'R}{EA} = \frac{(1+K)M'R}{EA} \quad (7)$$

y la relación de flexibilidad de doblado, VF, donde:

$$VF = \frac{2CM'R^3}{6EI} = \frac{(1-K)M'R^3}{6EI} \quad (8)$$

UF es una medida de la flexibilidad relativa del tubo y el suelo bajo cargas uniformes de interacción. VF es una medida de la flexibilidad relativa del tubo y el suelo bajo cargas de interacción radiales y tangenciales variables.

## DATOS DE ENTRADA AL ARCHIVO

El archivo incluido, Solución Burns & Richard.xls, requiere que se proporcionen las propiedades y dimensiones del tubo y el suelo.

Los datos del tubo son:

Diámetro exterior (D) en pulgadas  
 Espesor (t) en pulgadas- esto es el espesor total de la pared  
 Área unitaria de la pared (A) en plg<sup>2</sup>/plg  
 Momento de inercia (I) en plg<sup>4</sup>/plg  
 Módulo de flexión (E') en psi – para la resina; típicamente 110,000 psi para HDPE

Módulo de compresión ( $E_{rc}$ ) – para HDPE; típicamente  $>110,000$  psi  
Distancia del diámetro interior al eje neutral (c) en pulgadas

Los datos del suelo a proporcionar son:

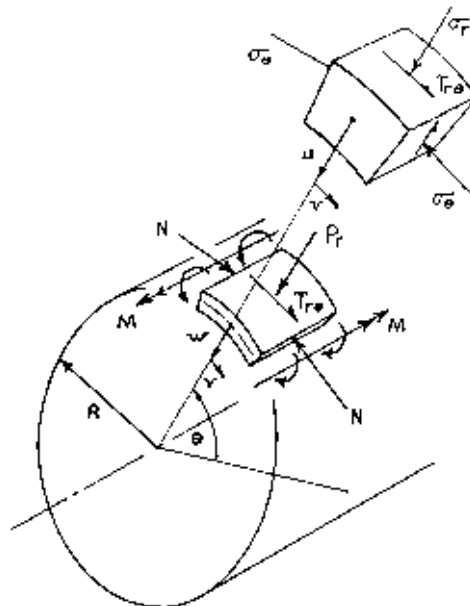
**Modulo de elasticidad del suelo en psi:** típicamente basado en valores  $E'$  del programa CANDE y del trabajo de Duncan y Hartley. Los valores del modulo de suelo se muestran en la Tabla 1 del programa CANDE.

**Radio de Poisson ( $\mu$ ):** variando típicamente de 0.30 a 0.35 para buen suelo granular a 0.30 a 0.40 para suelos mixtos, a 0.35 a 0.40 para suelos cohesivos. Para agregados densos, graduados, altamente compactados la relación de Poisson pudiera ser tan bajo como 0.2, pero esos serían casos especiales. CLSM o CDF pudieran dar valores tan bajos como 0.15.

**Peso unitario del suelo (densidad):** variando de 100 a 150 lb/pie<sup>3</sup>, dependiendo en el tipo de suelo y el grado de compactación ( en casos especiales, como en los rellenos puede variar ampliamente, tan bajo como 40 lb/pie<sup>3</sup>), la profundidad en pies del relleno por encima de la corona del tubo para la instalación.

## RESULTADOS

Después de haber llenado las listas con los anteriores datos, los resultados se proporcionan del eje horizontal (0°) a la corona (90°) al eje horizontal (180°). La presión radial del suelo ( $P_r$ ), la deflexión radial (w) ( incrementada al doble para proporcionar la deflexión total), la deflexión tangencial (v), el empuje circunferencial de la pared (N), y el momento de flexión de la pared (M) se calculan utilizando el análisis de Burns & Richard (ver Figura 1). De éstos resultados se generan, el esfuerzo de compresión del aro, los esfuerzos de flexión de la pared interior, los esfuerzos de flexión de la pared exterior, el esfuerzo total (paredes interiores y exteriores; ver Figura 2), el esfuerzo de compresión de la pared, el acortamiento del aro, la deflexión vertical total, deflexión horizontal total, y el acortamiento circunferencial.



**Figura 1:** Diagrama de cuerpo libre del perfil de tubo



**Figura 2: Distribución de esfuerzos en el perfil del tubo.**

Puede aprenderse mucho de las graficas de deflexión del tubo contra la rigidez del tubo; momento frente a rigidez de tubo, empuje frente a rigidez de tubo, tensión frente a rigidez de tubo y compresión frente a rigidez de tubo. Al aumentar la rigidez del tubo, lo hace igualmente el momento, empuje, tensión y compresión en la pared del tubo. Todos los demás parámetros se mantienen constantes, al aumentar la rigidez del tubo la deflexión cambia muy poco; es la rigidez del suelo la que define el desempeño a la deflexión. En éstos términos puede decirse que un tubo que es más dúctil es un tubo con más capacidad estructural.

Para el ingeniero de diseño, los limites de deflexión vertical típicamente determinan los límites de diseño; sin embargo, deben revisarse también otros parámetros. El acortamiento circunferencial debe limitarse a menos del 2%. Bajo el esfuerzo total, los esfuerzos de la pared interior y exterior deben limitarse a menos de 1,000 psi de esfuerzo a tensión y/o 3,000 psi de esfuerzo a compresión.

## RESUMEN

Esta hoja de cálculo proporciona una herramienta poderosa para el ingeniero de diseño. Los límites de instalación basados en la deflexión, pandeo y acortamiento circunferencial pueden ser elegidos por el diseñador, basándose en su experiencia en la instalación de tubería. Esta hoja de calculo provee predicciones más acertadas del desempeño de la tubería que con los métodos tradicionales, especialmente la “Fórmula Iowa” para los tubos termoplásticos.

Los inconvenientes de la Fórmula Iowa

$$\Delta Y = \frac{W}{(EI R^3 + E')}$$

- son:
1. Se supone que la rigidez total (resistencia a la deformación) de la interacción suelo-tubo puede estimarse sumando las rigideces del tubo y el suelo. Es mucho más complicado obtener un valor más correcto de la rigidez total.
  2. La rigidez del tubo esta compuesta por la rigidez material (E) y una rigidez geométrica ( $I/R^3$ ). La rigidez del suelo ( $E'$ ) es solamente una rigidez material.

3. La rigidez del suelo ( $E'$ ) se consigue empíricamente calculando a la inversa las instalaciones existentes. Estos datos son de instalaciones con altura de relleno limitada; típicamente 25' (7.62 m) ó menos. Esto significa extrapolar por encima y más allá de los tubos estudiados, procedimiento vulnerable a error. Una sola  $E'$  se utiliza típicamente para un material de relleno dado y nivel de compactación, sin importar la profundidad, lo que es claramente un error.
4. La carga ( $W$ ) no se conoce verdaderamente. Para tubos flexibles se toma frecuentemente como la carga de Marston;  $W = c_d \gamma B_c B_d$  donde  $c_d$  es un coeficiente que depende de la profundidad del relleno en la zanja, el tipo de suelo de relleno, y la naturaleza y extensión de la bóveda del suelo; datos tomados frecuentemente de tablas ya preparadas.  $B_c$  es la OD del tubo y  $B_d$  es el ancho de la zanja.
5. Para materiales viscoelásticos, como el polietileno de alta densidad, el valor del módulo ( $E$ ) usado típicamente está basado en un espécimen de prueba únicamente sujeto a flexión. No se consideran el efecto de compresión en el aro y el acortamiento circunferencial; los cuales sí afectan el arco del suelo y, por lo tanto la presión del suelo sobre el tubo.

La solución de Burns & Richard se encarga de esos temas y proporciona un análisis más completo de la respuesta del tubo.

**Tabla 1. Valores MATNAM previamente definidos y clases de suelos asociadas para el modelo dependiente de sobrecarga.**

**Módulo de Young (psi) para Presiones de Sobrecarga.**

Suelo	MATNAM	5 psi	10 psi	15 psi	20 psi	25 psi	30 psi	40 psi	50 psi	Radio de Poisson	Densidad (lb/pie <sup>3</sup> )
Granular											
Bueno	G.GOOD	1,100	1,300	1,500	1,650	1,800	1,900	2,100	2,250	0.30-0.35	110-150
Normal	G.FAIR	550	750	850	1,000	1,100	1,150	1,300	1,400		
Mixed											
Bueno	M.GOOD	600	850	1,000	1,100	1,200	1,250	1,350	1,450	0.30-0.40	100-140
Normal	M.FAIR	400	550	600	700	750	800	900	900		
Cohesive											
Bueno	C.GOOD	250	325	375	375	400	400	400	400	0.35-0.40	100-130
Normal	C.FAIR	150	200	225	250	250	250	250	250		

## **ANEXO 2**

PIPE PARAMETERS - AASHTO M294, Type S	RESPONSE OF PIPE WALL											CALCULATION OF RING SHORTENING																																			
	deg	radial			circum	wall	ring	inner	outer	total		deg	ring	ring	ring																																
	c.c.w.	soil	radial	tang	wall	bend	comp	bend	bend	stress		c.c.w.	comp	comp	shortening																																
	from	press	defl	defl	thrust	mom(M)	stress	stress	stress	inner	outer	from	stress	strain																																	
	horiz	P <sub>r</sub> (psi)	w(in)	v(in)	N(#/in)	(#-lb/in)	(psi)	(psi)	(psi)	(psi)	(psi)	horiz	(psi)	(in/in)	(in)																																
effective radius (in), R = 5.29 outside diameter (in), D = 11.36 thickness (in), t = 0.73 unit area of wall (in <sup>2</sup> /in), A = 0.145 unit moment of inertia (in <sup>4</sup> /in), I = 0.0110 flexural modulus (psi), E <sub>f</sub> = 110,000 ring compression modulus (psi), E <sub>rc</sub> = 110,000 flexural stiffness (psi), K <sub>f</sub> = 6E <sub>f</sub> I/R <sup>3</sup> = 49 ring compression stiffness (psi), K <sub>rc</sub> = E <sub>rc</sub> A/R = 3,015 distance from inner wall to n.a. (in), c = 0.34	0	8.1	-0.013	0.000	45	4	-313	-133	152	-446	-161	0	-313	-0.002849	-0.0026																																
	10	8.1	-0.012	0.005	45	4	-313	-126	144	-439	-169	10	-313	-0.0028	-0.0026																																
	20	8.2	-0.007	0.009	45	3	-312	-106	122	-419	-190	20	-312	-0.002839	-0.0026																																
	30	8.3	0.001	0.012	45	2	-311	-76	88	-387	-223	30	-311	-0.002827	-0.0026																																
	40	8.4	0.010	0.014	45	1	-309	-39	45	-349	-264	40	-309	-0.002813	-0.0026																																
	50	8.5	0.020	0.014	45	0	-308	0	0	-308	-308	50	-308	-0.002798	-0.0026																																
	60	8.7	0.029	0.012	44	-1	-306	37	-42	-270	-348	60	-306	-0.002784	-0.0026																																
	70	8.8	0.036	0.009	44	-2	-305	67	-76	-238	-381	70	-305	-0.002773	-0.0026																																
	80	8.8	0.041	0.005	44	-3	-304	86	-99	-218	-403	80	-304	-0.002765	-0.0026																																
	90	8.9	0.043	0.000	44	-3	-304	93	-107	-211	-411	90	-304	-0.002763	-0.0026																																
	100	8.8	0.041	-0.005	44	-3	-304	86	-99	-218	-403	100	-304	-0.002765	-0.0026																																
	110	8.8	0.036	-0.009	44	-2	-305	67	-76	-238	-381	110	-305	-0.002773	-0.0026																																
	120	8.7	0.029	-0.012	44	-1	-306	37	-42	-270	-348	120	-306	-0.002784	-0.0026																																
	130	8.5	0.020	-0.014	45	0	-308	0	0	-308	-308	130	-308	-0.002798	-0.0026																																
	140	8.4	0.010	-0.014	45	1	-309	-39	45	-349	-264	140	-309	-0.002813	-0.0026																																
	150	8.3	0.001	-0.012	45	2	-311	-76	88	-387	-223	150	-311	-0.002827	-0.0026																																
	160	8.2	-0.007	-0.009	45	3	-312	-106	122	-419	-190	160	-312	-0.002839	-0.0026																																
	170	8.1	-0.012	-0.005	45	4	-313	-126	144	-439	-169	170	-313	-0.0028	-0.0026																																
180	8.1	-0.013	0.000	45	4	-313	-133	152	-446	-161	180	-313	-0.002849	-0.0026																																	
SOIL PARAMETERS - good granular soil mod of soil reaction at 5' of cover (psi), E' <sub>5</sub> = 1600 modulus of soil reaction (psi), E' = 2,680 Poisson's ratio, u = 0.30 constr mod (psi), M*=E*(1-u)/((1+u)(1-2u))= 3607.69 lateral stress ratio = K = u/(1-u) = 0.429 sym lateral stress ratio = B = (1/2)(1+K) = 0.714 antisym lat stress ratio = C = (1/2)(1-K) = 0.286	COMMENTS											SUM (1/2 circle) = -0.0493																																			
	1. This is 10" diameter ADS N-12											MISC CALCS																																			
	2. Flexural and compressive modulus are taken as 110,000 psi.											Vertical deflection (%) = 0.81																																			
	3. Typical E' <sub>5</sub> values (in psi) for various soils are listed in the table below:											Horizontal deflection (%) = -0.50																																			
STRESS FUNCTION COEFFICIENTS constant term, a <sub>0</sub> * = 0.169 cos(2*theta), a <sub>2</sub> ** = 0.968 sin(2*theta), b <sub>2</sub> ** = 0.952	Type of soil								Standard AASHTO		Critical Buckling Pressure (psi), P <sub>cr</sub> = 138.8																																				
									Relative Compaction		Radial Soil Pressure at Crown (psi), P <sub>act</sub> = 8.9																																				
									85%	90%	95%	Arc length of each sector (in) = 0.9233																																			
LOAD PARAMETERS unit weight of soil (lb/ft <sup>3</sup> ) = 78 height of fill above crown (ft) = 26.3 surcharge pressure (psi), P = 14.2	Fine-grained soils with less than 25% sand (CL, ML, DL-ML)								500		700		1000																																		
	Coarse-grained soils with fines (SM, SC)								600		1000		1200		CIRCUMFERENCE SHORTENS= -0.10																																
	Coarse-grained soils with little or no fines (SP, SW, GP, GW)								700		1000		1600		inches																																
Max. Compressive Stress																Max. Tensile Stress																Circumference Shortening % (2% Max)															
-446.2 OK (< -3000)																-161.1 OK (< 1000)																-0.003 OK															

Calculations by: \_\_\_\_\_  
 Engineer

## **TUBOS CORRUGADOS PERFORADOS DE POLIETILENO DE INTERIOR LISO N-12 DE 10"**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS**

Esta especificación se aplica a tubería corrugada de polietileno de alta densidad con interior liso. Los tubos designados como AASHTO tipo "SP" (N-12) deberán tener una sección transversal completamente circular, con una pared exterior corrugada y una pared interior esencialmente lisa. Las corrugaciones para los tubos tipo "SP" deberán ser anulares (N-12).

La tubería fabricada para esta especificación deberá cumplir con los procedimientos de pruebas, dimensiones y marcas indicados en las designaciones AASHTO M252. La tubería y sus accesorios deberán ser fabricados a partir de compuestos de polietileno puro que cumplan a su vez con la última edición de las especificaciones de materiales de AASHTO definidas y descritas en la norma ASTM D3350.

Los valores mínimos de la rigidez de placas paralelas, cuando se determinen por pruebas de acuerdo a la norma ASTM D2412, son los siguientes:

<b>PROPIEDADES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Diámetro Nominal	mm (Plg)	250 (10)
Diámetro interior promedio	mm (Plg)	251 (9.90)
Diámetro exterior promedio	mm (Plg)	287 (11.36)
Espesor de la pared interna (mínimo)	mm (Plg)	0.6 (0.024)
Rigidez mínima del tubo al 5% de Deflexión	KN/m <sup>2</sup> (psi)	340 (50)
Peso Kg /6m (lbs/20ft)	Kg (lbs)	20.96 (46.20)
Área	mm <sup>2</sup> /mm	3.48
Momento de Inercia (I)	cm <sup>4</sup> /cm	0.134
C	mm (plg)	7.58 (0.30)

**FECHA DE REVISIÓN TDM: 28/02/07**



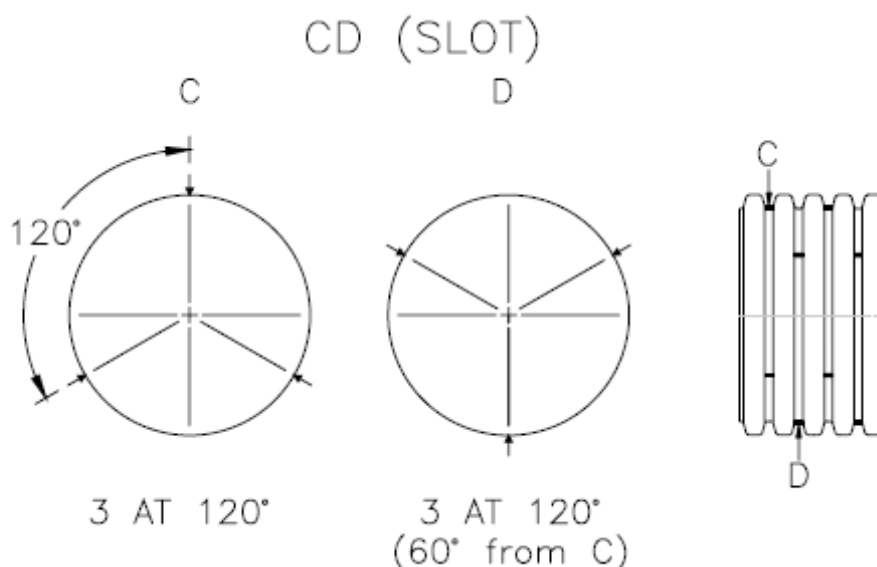
## PERFORACIONES:

D.I. Nominal pulg. (mm)	Tipo de Perforación	Longitud de Ranura Max. pulg. (mm)	Ancho de Ranura Max. pulg (mm)	Diámetro o configuración de perforación
10 (250)	Ranura	1.180 (30.0)	0.118 (3.00)	CD

Los accesorios no reducirán ni estropearán la integridad total ni la funcionalidad de la tubería. Los accesorios pueden ser ya sea moldeados o fabricados. Entre los accesorios corrugados más comunes podemos encontrar juntas, como acoples y reductores, y accesorios de ensamblaje como Tees, Yees y tapas.

Estos accesorios pueden ser instalados de acuerdo a diversos procedimientos como uniones de presión, campana y espiga, campana-campana y acoples que se envuelven alrededor de la unión. Los acoples deberán de proveer la suficiente resistencia longitudinal para mantener el alineamiento de la tubería y prevenir la separación de las juntas. Solamente se deberán utilizar accesorios suministrados o recomendados por el fabricante. Cuando se especifique en el proyecto, un empaque elastomérico que cumpla con los requisitos indicados en la norma ASTM F477 deberá ser suministrado.

La instalación de la tubería mencionada anteriormente deberá ser realizada de acuerdo a la sección 30 de AASHTO o a la práctica recomendada ASTM D2321 tal como se describe en estas especificaciones y por recomendación del fabricante.



### Nota:

Para la revisión de las Normas mencionadas, visitar: <http://www.astm.org>; <http://transportation.org/aashto/home.nsf/frontpage>

**FECHA DE REVISIÓN TDM: 28/02/07**