

Anejo 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	TUBERÍAS DE PRFV-MÉTODO DE CÁLCULO	4
	2.1 Carga del suelo.	5
	2.2 Carga de tráfico.	5
	2.3 Deflexión.	6
	2.4 Presión de trabajo.....	7
	2.5 Presión debida al golpe de ariete.....	8
	2.6 Alargamiento Unitario debido a la presión.	8
	2.7 Alargamiento Unitario en flexión a la deflexión máxima admisible	9
	2.8 Alargamiento Unitario debido a la deflexión redondeado.	9
	2.9 Carga combinada.	9
	2.10 Presión critica de colapsamiento.	10
3	TUBERÍAS DE PRFV -TABLAS RESUMEN DE RESULTADOS.....	13
4	TUBERÍAS DE PVC-O - MÉTODO DE CÁLCULO.....	19
5	TUBERÍAS DE PVC-O -LISTADOS RESUMEN DE RESULTADOS.....	21
6	TUBERÍAS DE HPCC – MÉTODO DE CÁLCULO.....	22
7	TUBERÍAS DE HPCC – DIMENSIONAMIENTO DE LOS TUBOS	38

1 INTRODUCCIÓN

El comportamiento mecánico de las tuberías depende de la propia tubería y del material en el que se apoya y que la rodea. Por ello se ha realizado el cálculo de las acciones que actuarán sobre la tubería. Estas son:

- Cargas sobre los tubos procedentes del material de relleno de la propia zanja.
- Sobrecargas debidas al tráfico rodado de maquinaria sobre el suelo en el que se encuentra enterrada la tubería.

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

2 TUBERÍAS DE PRFV-MÉTODO DE CÁLCULO

El Manual de Diseño de Tuberías de PRFV M-45 de AWWA (tercera edición) presenta el análisis del comportamiento de un tubo de PRFV, a partir de las condiciones de funcionamiento e instalación dadas. Utilizando este método, puede establecerse la rigidez del tubo mínima necesaria a partir de la resistencia a la deflexión. Posteriormente el método permite establecer cuál es la capacidad de resistencia al colapsamiento de la combinación suelo/tubería seleccionada. Una de las aportaciones importantes que realiza este manual es la del concepto de carga combinada. Con este concepto se puede establecer cuáles son las capacidades del conjunto cuando la tubería trabaja a presión estando enterrada a la profundidad especificada.

Para el cálculo mecánico del tubo es necesario conocer las propiedades del relleno y del suelo natural. Por ello el manual propone la siguiente clasificación:

- Propiedades del relleno.

Categoría de rigidez del suelo de relleno	Descripción del suelo de relleno
SC1	Roca triturada con menos de 15% de arena, máximo 25% menor de 9,5mm y máximo 5% de finos
SC2	Suelos de partículas gruesas limpios: SW, SP, GW, GP o cualquier suelo que comience con uno de estos símbolos con 12% o menos de finos
SC3	Suelos limpios de partículas gruesas con finos: GM, GC, SM, SC o cualquier suelo que comience con uno de estos símbolos con 12% o más de finos. Suelos de arenilla o gravilla con partículas finas: CL, ML con 30% o más retenido en el tamiz nº 200
SC4	Suelos de partículas finas : CL, ML con 30% o menos retenido en el tamiz nº 200

Los símbolos de la tabla corresponden a la Clasificación Estándar de Suelos ASTM D2487

- Propiedades del suelo natural.

Grupo de suelo natural	Suelos granulares		Suelos cohesivos		Módulo M_{sn}
	Nº de golpes ¹	Descripción	qu kPa	Descripción	
1	>15	Compacto	>200	Muy firme	34,50
2	8-15	Ligeramente compacto	100-200	Firme	20,70
3	4-8	Suelto	50-100	Medio	10,30
4	2-4		25-50	Blando	4,80
5	1-2	Muy suelto	13-25	Muy blando	1,40
6	0-1	Muy, muy suelto	0-13	Muy, muy blando	0,34

¹. Ensayo de penetración estándar según norma ASTM D1586

Para el cálculo mecánico, en función de los materiales a emplear y del tipo de suelo estudiado, tendremos:

- Relleno tipo SC1, mediante gravilla 6-12 tirado en zanja.
- Suelo natural grupo 3.

2.1 Carga del suelo.

$$W_c = \gamma_s \times h$$

Donde:

W_c = Carga del Suelo - N/m²

γ_s = Densidad del Suelo - N/m³

h = Profundidad de instalación - m

Hay que destacar que la carga sobre el tubo se toma sin tener en cuenta el efecto arco que disminuiría las cargas sobre el mismo. Tampoco se toman en cuenta los rozamientos existentes entre el prisma de suelo existente encima del tubo y las paredes circundantes a dicho prisma. Con todo ello se obtiene una carga mayor de la que se obtendría teniendo en cuenta los fenómenos citados.

2.2 Carga de tráfico.

$$W_L = \frac{M_p \times P \times I_f}{L1 \times L2}$$

Donde:

Carga en el ancho paralelo a la dirección de avance:

$$L1 = t_l + LLDF \times h$$

Carga en el ancho perpendicular a la dirección de avance:

· Para $h \leq h_{int}$

$$L2 = t_w + LLDF \times h$$

· Para $h > h_{int}$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

$$L2 = \frac{t_w + 1,83 + LLDF \cdot h}{2}$$

LLDF = Factor de distribución de la carga de tráfico con la profundidad de relleno = 1,15
para rellenos SC1 y SC2; 1,00 para otros rellenos

h_{int} = Profundidad a la que interactúa la carga de tráfico (m)

$$h_{int} = (1,83 - t_w) / LLDF$$

t_L = Longitud de rodera = 0,25m

t_w = Anchura de rodera = 0,5m

M_P = Factor de presencia múltiple = 1,2

W_L = Carga de tráfico - N/m²

$L1$ = Ancho paralelo - m

$L2$ = Ancho perpendicular - m

P = Carga por rueda - N

I_f = Factor de impacto = $1 + 0,33 \times [(2,44 - h) / 2,44] \geq 1,0$

2.3 Deflexión.

La fórmula que permite obtener la predicción de la deflexión a largo plazo es la de Spangler o de Iowa:

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{K_x \times (W_L + D_L \times W_C)}{0,149 \times PS + 0,061 \times M_s} \times 100$$

Donde:

$\frac{\Delta y}{D}$ = Deflexión a largo plazo (50 años) - %

PS = Rigidez - N/m² = 53,7 x SN

MS = Módulo compuesto del suelo confinado - N/m² = $S_c \cdot M_{sb}$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

S_c = Factor de soporte del suelo combinado (Factor en función del tipo de zanja y de los módulos del relleno y del suelo natural)

M_{sb} = Módulo del suelo confinado de la zona de relleno del tubo – N/m² (Módulo en función del relleno y de la profundidad de instalación)

DL = Factor de retardo de la deflexión = 1,5

K_x = Coeficiente del soporte del lecho (Para un soporte inconsistente se toma 0,10 y para un soporte inferior uniforme 0,083).

Con esta fórmula se obtiene el valor de la deflexión prevista a los 50 años mediante la introducción de una serie de características propias de la instalación y de la tubería. De hecho, esta ecuación viene a correlacionar las cargas presentes debidas a la profundidad de instalación y el tráfico (numerador), con las rigideces que actúan en el conjunto tubería y tipo de instalación (denominador).

Todos estos parámetros vienen afectados además por las características de la instalación adoptada, a través de los factores MS , DL , y K_x . En este estudio los valores de estos parámetros han sido adoptados con la intención de severizar el proceso de cálculo. En el caso del DL se ha tomado un valor de 1,5 y en el de K_x , se utiliza el valor que da como resultado un soporte inferior uniforme, siendo de 0,1.

Los resultados obtenidos con la fórmula de Spangler deben verificar que la deflexión obtenida a largo plazo sea inferior al 5% como deflexión máxima admisible.

Así debe verificarse que:

$$\frac{\Delta y}{D} \leq \frac{\Delta y_a}{D}$$

$$\frac{\Delta y_a}{D} = \text{Máxima deflexión admisible (5\%)}$$

Hay que tener en cuenta, analizando la fórmula de Spangler, que la deflexión es función de las cargas, la rigidez del tubo y del tipo de instalación a ejecutar, y no del diámetro de la tubería.

2.4 Presión de trabajo.

$$P_w \leq PN$$

Donde:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

P_w = Presión de trabajo

P_N = Presión nominal

Debe verificarse que la presión de trabajo es menor que la presión nominal de la tubería. Esta verificación se realiza en el dimensionamiento de la red.

2.5 Presión debida al golpe de ariete.

$$P_w + P_s \leq 1,4 \times P_N$$

Donde:

P_s = Sobrepresión que excede a la presión de trabajo atribuible a los efectos de ariete.

Se debe verificar que la presión de trabajo más la sobrepresión por golpe de ariete es inferior o igual a 1,4 veces la presión nominal del tubo.

2.6 Alargamiento Unitario debido a la presión.

$$\varepsilon_{pr} = \frac{P_w \times (OD - t_t)}{2 \times E_H \times t} \times 100$$

Donde:

P_w = Presión de trabajo – Mpa

OD = Diámetro exterior del tubo - mm

t_t = Espesor del tubo - mm

E_H = Módulo en tensión circunferencial - MPa

t = Espesor de la capa de refuerzo - mm

ε_{pr} = Alargamiento unitario debido a la presión - %

Los valores de espesor nominal de la pared reforzada se obtienen de la norma ASTM D3567. Dado que el alargamiento unitario medio a largo plazo debido a la presión (HDB) para las tuberías es del 0,65% y teniendo en cuenta un coeficiente de seguridad del 1,8, el alargamiento

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

máximo admisible será del 0,36%. Por tanto, debe verificarse que el alargamiento unitario debido a la presión es menor que la capacidad máxima del tubo.

2.7 Alargamiento Unitario en flexión a la deflexión máxima admisible.

$$\varepsilon_{b\max} = \frac{D_f \times t_t \times \frac{\Delta y_a}{D}}{OD - t_t}$$

Donde:

D_f = Factor de forma función de la rigidez y de la instalación

$\frac{\Delta y_a}{D}$ = Deflexión máxima admisible a largo plazo - 5%

t_t = Espesor del tubo - mm

OD = Diámetro exterior del tubo - mm

$\varepsilon_{b\max}$ = Alargamiento unitario debido a la flexión en la deflexión máxima - %

Dado que el alargamiento unitario medio a largo plazo debido a la flexión (S_b) en las tuberías es del 1,3% y teniendo en cuenta un coeficiente de seguridad del 1,5, el máximo admisible será del 0,86%. Por tanto, debe verificarse que el alargamiento unitario debido a la flexión es menor que la capacidad máxima del tubo.

2.8 Alargamiento Unitario debido a la deflexión redondeado.

El efecto de la presión introduce una corrección de la deflexión que se expresa como sigue:

$$\varepsilon_b = r_c \times \varepsilon_{b\max}$$

Donde:

r_c = Coeficiente de redondeo - adimensional

$$r_c = 1 - \frac{P_w}{30}$$

2.9 Carga combinada.

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

Se comparan dos desigualdades:

a) Presión influenciada por la flexión.

$$\frac{\varepsilon_{pr}}{HDB} \leq \frac{1 - \frac{\varepsilon_b}{S_b}}{1,8}$$

b) Flexión influenciada por la presión.

$$\frac{\varepsilon_b}{S_b} \leq \frac{1 - \frac{\varepsilon_{pr}}{HDB}}{1,5}$$

Donde:

HDB = Base Hidrostática de Diseño – 0,65 %

ε_b = Alargamiento unitario redondeado debido a la flexión - %

ε_{pr} = Alargamiento unitario debido a la presión - %

S_b = Alargamiento unitario debido a la flexión a largo plazo –1,3%

Hay que verificar que se cumplen las dos desigualdades al mismo tiempo con lo cual se cumplen los criterios de carga combinada. Hay que tener en cuenta además que este criterio se verifica suponiendo que la deflexión a largo plazo alcanzada es la máxima del 5% y no la que se obtiene del cálculo anterior mediante la fórmula de Spangler.

Los valores para la HDB y la S_b son valores a los 50 años:

- 1,8 es el factor de seguridad mínimo para la presión

- 1,5 es el factor de seguridad mínimo para la flexión

2.10 Presión crítica de colapsamiento.

Este apartado es también uno de los más importantes a verificar para la selección de la rigidez y el tipo de instalación. Lo que se pretende es obtener cual es la capacidad máxima de resistencia al colapsamiento (Presión Crítica de Colapsamiento) y compararla con las acciones

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

exteriores para verificar que existe un factor de seguridad mínimo de 2,5 según indica el manual AWWA M-45.

Tal como puede observarse en la fórmula de cálculo de la presión crítica de colapsamiento, ésta depende tanto de la rigidez del tubo como de la instalación realizada. Así mismo también tiene su influencia la presencia o no de nivel freático.

$$q_a = \left(\frac{1}{FS} \right) \cdot \left(1,2 \cdot C_n \cdot (0,149 \cdot PS)^{0,33} \right) \cdot (\varphi_s \cdot M_s \cdot K_v)^{0,67} \cdot R_h$$

Donde:

q_a = Presión máxima admisible de colapsamiento – N/m²

PS = Rigidez – N/m² = 53,7 · SN

FS = Coeficiente de seguridad al colapsamiento = 2,5

C_n = Coeficiente escalar de calibración para tomar en consideración los efectos no lineales
= 0,55

φ_s = Factor para tomar en consideración la variabilidad de la rigidez del suelo compactado
= 0,90

K_v = Factor de corrección del módulo para el coeficiente de Poisson del suelo = 0,74

R_h = Factor de corrección para la profundidad de relleno

$$R_h = \frac{11,4}{\left(11 + \frac{D}{1000 \cdot h} \right)}$$

M_s = Módulo compuesto del suelo confinado – N/m²

La presión de colapsamiento calculada debida al **nivel freático, presión del suelo y presión de vacío** debe ser inferior a la presión de colapsamiento admisible, según la siguiente ecuación:

$$q_v = \gamma_w \cdot h_w + R_w \cdot W_c + P_v \leq q_a$$

Donde:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

γ_w = Peso específico del agua = 9,8N/m³

R_w = Factor de flotabilidad en agua - adimensional. Se toma el valor $R_w=1$ si no hay nivel freático.

$$R_w = 1 - 0,33 \times \frac{h_w}{h} \quad (0 \leq h_w \leq h)$$

h_w = Profundidad del nivel freático por encima de la clave del tubo - m

La presión de colapsamiento calculada debida al **nivel freático, presión del suelo y tráfico** debe ser inferior a la presión de colapsamiento admisible, según la siguiente ecuación:

$$q_w = \gamma_w \cdot h_w + R_w \cdot W_c + W_L \leq q_a$$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

3 TUBERÍAS DE PRFV -TABLAS RESUMEN DE RESULTADOS.

En las siguientes tablas de adjunta los resultados obtenidos de los cálculos realizados, siendo para todos los diámetros de tubería estudiados válidas las condiciones planteadas.

Dichos cálculos se han realizado para una tubería enterrada a una altura de recubrimiento por encima de la generatriz superior del tubo de 1,2 m, para el caso de condiciones normales; y para una altura de recubrimiento de 2,5 m, para el caso de condiciones extremas. Se ha tenido en cuenta un nivel freático a 0,50 m bajo la superficie y la máxima sobrepresión por golpe de ariete permitida en la tubería en PN 10, que es más restrictiva.

- Altura de recubrimiento 1,2 m

1. CARGA DEL SUELO

Densidad del suelo	$\gamma_s =$	20.000	N/mm ²
Profundidad de la instalación	$h =$	1,2	m
Carga del suelo	$W_c =$	24.000	N/mm ²

2. CARGA DE TRÁFICO

Tipo de relleno		SC1
Carga por rueda	$P =$	71.300 N
Longitud de rodera	$t_L =$	0,25 m
Anchura de rodera	$t_w =$	0,5 m
Factor de distribución de la carga	LLDF =	1,15
Profundidad interactua carga tráfico	$h_{int} =$	1,16 m
Factor de presencia múltiple	$M_P =$	1,2
Factor de impacto	$I_f =$	1,2
Ancho paralelo	$L_1 =$	1,63 m
Ancho perpendicular	$L_2 =$	1,86 m
Carga de tráfico	$W_L =$	33.865,03 N/m ²

3. DEFLEXIÓN

Rigidez circunferencial	$SN =$	5.000	N/m ²	
Rigidez	$PS =$	268.500	N/m ²	
Coef. del soporte del lecho	$K_x =$	0,083		
Factor de retardo de la deflexión	$D_L =$	1,5		
Módulo del suelo confinado	$M_{sb} =$	16,14	MPa	
Relación Base zanja/Diámetro tubo	$B_d/D =$	1,8		
Factor soporte del suelo confinado	$Sc =$	0,76		
Módulo compuesto del suelo confinado	$Ms =$	12.266.400	N/m ²	
Deflexión a largo plazo (50 años) <5%	$\Delta y/D =$	0,74	%	Válido

4. PRESIÓN DE TRABAJO

Presión de trabajo	$P_w =$	10	bar
Presión nominal	$PN =$	10	bar

5. PRESIÓN DEBIDA AL GOLPE DE ARIETE

Sobrepresión	$P_s =$	4,0	bar	
Verificación $P_w + P_s \leq 1,4 \times PN$	$1,4 \times PN =$	14	bar	Válido

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

6. ALARGAMIENTO UNITARIO DEBIDO A LA PRESIÓN

Base hidrostática de diseño	HDB	0,65 (%)										
Coefficiente de seguridad		1,8										
Alargamiento máximo admisible	$\epsilon_{pr adm}$	0,36										
Diámetro nominal	DN	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
Esp. Nom. pared reforzada (ASTM D3567)	t (mm)	5,4	6,1	6,8	7,9	9,3	10,6	12,2	13,5	16,3	19	21,2
Espesor del Liner	tl (mm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Espesor de pared total	tt (mm)	6,4	7,1	7,8	8,9	10,3	11,6	13,2	14,5	17,3	20	22,2
Diametro exterior	OD (mm)	427	478	530	617	719	821	923	1025	1229	1433	1637
Módulo elasticidad sentido circunferencial	EH (N/mm ²)	14.478,9	14.339,1	14.120,6	13.855,8	13.638,6	13.708,2	13.296,3	13.212,7	13.083,7	13.090,4	13.042,3
Alargamiento unitario debido a la presión	ϵ_{pr} (%)	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29
Verificación $\epsilon_{pr} < \epsilon_{pr adm}$		Válido										

7. ALARGAMIENTO UNITARIO EN FLEXIÓN A LA DEFLEXIÓN MÁX. ADMISIBLE

Factor de forma (rigidez e instalación)	Df	3,8										
Alarg. unitario permitido debido a flexión	Sb	1,3 (%)										
Coefficiente de seguridad		1,5										
Alarg. unitario máximo admisible	$\epsilon_{b adm}$	0,87 (%)										
Diámetro nominal	DN	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
Esp. Nom. pared reforzada (ASTM D3567)	t (mm)	5,4	6,1	6,8	7,9	9,3	10,6	12,2	13,5	16,3	19	21,2
Espesor del Liner	tl (mm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Espesor de pared total	tt (mm)	6,4	7,1	7,8	8,9	10,3	11,6	13,2	14,5	17,3	20	22,2
Diametro exterior	OD (mm)	427	478	530	617	719	821	923	1025	1229	1433	1637
Deflexión máxima admisible a largo plazo	$\Delta y_a/D$ (%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Alarg. unitario por flexión en deflexión	$\epsilon_{b máx}$ (%)	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26
Verificación $\epsilon_{b máx} < \epsilon_{b adm}$		Válido	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

8. ALARGAMIENTO UNITARIO DEBIDO A LA FLEXIÓN REDONDEADO

Coeficiente de redondeo	r_c	0,67										
Diámetro nominal	DN	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
Alarg. unitario por flexión redondeado	ϵ_b (%)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17
Verificación $\epsilon_b < \epsilon_{b adm}$		Válido										

9. CARGA COMBINADA

Diametro nominal	DN	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
	ϵ_{pr}/HDB	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,45
	ϵ_b/S_b	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13
	$(1-\epsilon_{pr}/HDB)/1,5$	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37
	$(1-\epsilon_b/S_b)/1,8$	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48
Verificación $\epsilon_b/S_b \leq (1-\epsilon_{pr}/HDB)/1,5$ y $\epsilon_{pr}/HDB \leq (1-\epsilon_b/S_b)/1,8$		Válido										

10. PRESIÓN CRÍTICA DE COLAPSAMIENTO

Coef. de seguridad al colapsamiento	FS=	2,5											
Coef. escalar calibración efectos no lineales	C_n =	0,55											
Factor variabilidad rigidez suelo compactado	ϕ_s =	0,90											
Factor de corrección módulo coef. Poisson	K_v =	0,74											
Peso específico del agua	γ_w =	9,80 N/m ³											
Prof. nivel freático por encima de la clave	h_w =	0,70 m											
Factor de flotabilidad en agua	R_w =	0,81											
Presión de vacío	P_v =	100.000 N/m ²											
Diámetro nominal	DN	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	
Fáctor de corrección profundidad de relleno	R_h	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,90	0,88	
Presión máxima admisible de colapsamiento	q_a (N/m ²)	369.071	369.071	365.343	361.615	357.887	354.159	350.431	346.703	342.975	335.519	328.063	
Presión de colapsamiento por vacío	q_v	119.447	(N/m ²)										
Verificación $q_v \leq q_a$		Válido											
Presión de colapsamiento por tráfico	q_w	53.312	(N/m ²)										
Verificación $q_v \leq q_w$		Válido											

- Altura de recubrimiento 2,5 m

1. CARGA DEL SUELO

Densidad del suelo	$\gamma_s =$	20.000	N/mm ²
Profundidad de la instalación	$h =$	2,5	m
Carga del suelo	$W_c =$	50.000	N/mm ²

2. CARGA DE TRÁFICO

Tipo de relleno		SC1	
Carga por rueda	$P =$	71.300	N
Longitud de rodera	$t_L =$	0,25	m
Anchura de rodera	$t_w =$	0,5	m
Factor de distribución de la carga	LLDF =	1,15	
Profundidad interactua carga tráfico	$h_{int} =$	1,16	m
Factor de presencia múltiple	$M_P =$	1,2	
Factor de impacto	$I_f =$	1,0	
Ancho paralelo	$L_1 =$	3,125	m
Ancho perpendicular	$L_2 =$	2,60	m
Carga de tráfico	$W_L =$	10.530,46	N/m ²

3. DEFLEXIÓN

Rigidez circunferencial	$SN =$	5.000	N/m ²	
Rigidez	$PS =$	268.500	N/m ²	
Coef. del soporte del lecho	$K_x =$	0,083		
Factor de retardo de la deflexión	$D_L =$	1,5		
Módulo del suelo confinado	$M_{sb} =$	18,93	MPa	
Relación Base zanja/Diámetro tubo	$B_d/D =$	1,8		
Factor soporte del suelo confinado	$Sc =$	0,66		
Módulo compuesto del suelo confinado	$M_s =$	12.493.800	N/m ²	
Deflexión a largo plazo (50 años) <5%	$\Delta y/D =$	0,89	%	Válido

4. PRESIÓN DE TRABAJO

Presión de trabajo	$P_w =$	10	bar
Presión nominal	$P_N =$	10	bar

5. PRESIÓN DEBIDA AL GOLPE DE ARIETE

Sobrepresión	$P_s =$	4,0	bar	
Verificación $P_w + P_s \leq 1,4 \times P_N$	$1,4 \times P_N =$	14	bar	Válido

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

6. ALARGAMIENTO UNITARIO DEBIDO A LA PRESIÓN

Base hidrostática de diseño	HDB	0,65 (%)											
Coefficiente de seguridad		1,8											
Alargamiento máximo admisible	$\epsilon_{pr adm}$	0,36											
Diámetro nominal	DN		400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
Esp. Nom. pared reforzada (ASTM D3567)	t (mm)		5,4	6,1	6,8	7,9	9,3	10,6	12,2	13,5	16,3	19	21,2
Espesor del Liner	t _L (mm)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Espesor de pared total	t _t (mm)		6,4	7,1	7,8	8,9	10,3	11,6	13,2	14,5	17,3	20	22,2
Diámetro exterior	OD (mm)		427	478	530	617	719	821	923	1025	1229	1433	1637
Módulo elasticidad sentido circunferencial	EH (N/mm ²)		14.478,9	14.339,1	14.120,6	13.855,8	13.638,6	13.708,2	13.296,3	13.212,7	13.083,7	13.090,4	13.042,3
Alargamiento unitario debido a la presión	ϵ_{pr} (%)		0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29
Verificación $\epsilon_{pr} < \epsilon_{pr adm}$			Válido										

7. ALARGAMIENTO UNITARIO EN FLEXIÓN A LA DEFLEXIÓN MÁX. ADMISIBLE

Factor de forma (rigidez e instalación)	Df	3,8											
Alarg. unitario permitido debido a flexión	S _b	1,3 (%)											
Coefficiente de seguridad		1,5											
Alarg. unitario máximo admisible	$\epsilon_{b adm}$	0,87 (%)											
Diámetro nominal	DN		400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
Esp. Nom. pared reforzada (ASTM D3567)	t (mm)		5,4	6,1	6,8	7,9	9,3	10,6	12,2	13,5	16,3	19	21,2
Espesor del Liner	t _L (mm)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Espesor de pared total	t _t (mm)		6,4	7,1	7,8	8,9	10,3	11,6	13,2	14,5	17,3	20	22,2
Diámetro exterior	OD (mm)		427	478	530	617	719	821	923	1025	1229	1433	1637
Deflexión máxima admisible a largo plazo	$\Delta y_a/D$ (%)		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Alarg. unitario por flexión en deflexión	$\epsilon_{b máx}$ (%)		0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26
Verificación $\epsilon_{b máx} < \epsilon_{b adm}$			Válido										

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

8. ALARGAMIENTO UNITARIO DEBIDO A LA FLEXIÓN REDONDEADO

Coefficiente de redondeo	r_c	0,67										
Diámetro nominal	DN	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
Alarg. unitario por flexión redondeado	ϵ_b (%)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17
Verificación $\epsilon_b < \epsilon_{b adm}$		Válido										

9. CARGA COMBINADA

Diámetro nominal	DN	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
	ϵ_{pr}/HDB	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,45
	ϵ_b/S_b	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13
	$(1-\epsilon_{pr}/HDB)/1,5$	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37
	$(1-\epsilon_b/S_b)/1,8$	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48
Verificación $\epsilon_b/S_b \leq (1-\epsilon_{pr}/HDB)/1,5$ y $\epsilon_{pr}/HDB \leq (1-\epsilon_b/S_b)/1,8$		Válido										

10. PRESIÓN CRÍTICA DE COLAPSAMIENTO

Coef. de seguridad al colapsamiento	FS=	2,5										
Coef. escalar calibración efectos no lineales	C_n =	0,55										
Factor variabilidad rigidez suelo compactado	ϕ_s =	0,90										
Factor de corrección módulo coef. Poisson	K_v =	0,74										
Peso específico del agua	γ_w =	9,80 N/m ³										
Prof. nivel freático por encima de la clave	h_w =	2,00 m										
Factor de flotabilidad en agua	R_w =	0,74										
Presión de vacío	P_v =	100.000 N/m ²										
Diámetro nominal	DN	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
Factor de corrección profundidad de relleno	R_h	0,95	0,94	0,93	0,91	0,89	0,88	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76
Presión máxima admisible de colapsamiento	q_a (N/m ²)	358.545	354.771	350.997	343.448	335.900	332.126	324.578	317.029	305.707	298.158	286.836
Presión de colapsamiento por vacío	q_v	137.020 (N/m ²)										
Verificación $q_v \leq q_a$		Válido										
Presión de colapsamiento por tráfico	q_w =	47.550 (N/m ²)										
Verificación $q_v \leq q_w$		Válido										

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

4 TUBERÍAS DE PVC-O - MÉTODO DE CÁLCULO.

En el caso del PVC-O el cálculo se ha efectuado con el programa de Programa de cálculo mecánico TOM®. El Programa está basado en las normas de referencia:

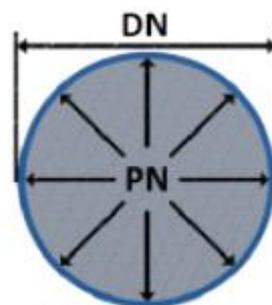
ATV-DVWK-A 127E:2000: "Static Calculation of Drains and Sewers."

UNE 53331:1997: "Tuberías de poli(cloruro de vinilo) no plastificado y polietileno (PE) de alta y media densidad. Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas".

Se consideran los siguientes datos como base de cálculo de la resistencia mecánica de los tubos de PVC-O según la norma UNE 53331:2020:

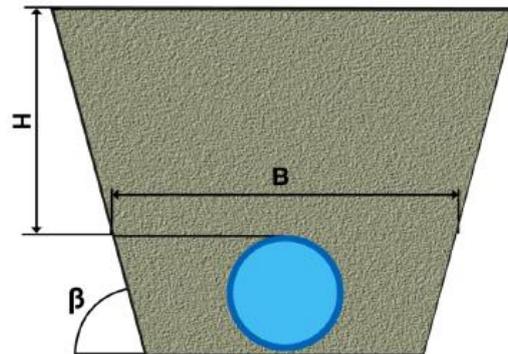
CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA		
Material del tubo	PVC-O Clase 500	
Presión nominal	PN	12,50 bar
Peso específico	γ_t	14,0 kN/m ³
Módulo de elasticidad en flexión transversal a largo plazo	$E_{t(lp)}$	2800,0 N/mm ²
Módulo de elasticidad en flexión transversal a corto plazo	$E_{t(cp)}$	4000,0 N/mm ²
Esfuerzo tangencial a flexión-tracción a largo plazo	$\sigma_{t(lp)}$	70,0 N/mm ²
Esfuerzo tangencial a flexión-tracción a corto plazo	$\sigma_{t(cp)}$	100,0 N/mm ²

Diámetro nominal	Presión nominal
DN	PN
mm	bar
160	12,50
200	
250	
315	
400	
450	



ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

CARACTERÍSTICAS DE LA ZANJA							
Diámetro nominal	Zanja tipo	Altura de la zanja	Ancho de la zanja	Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	Altura nivel freático	Tipo de apoyo	Ángulo de apoyo
DN		H	B	β	H_a		2α
mm		m	m	°	m		°
160	1	1,30	0,80	64,0	0,10	A	180
200		1,30	0,84				
250		1,30	0,90				
315		1,30	1,14				
400		1,30	1,22				
450		1,30	1,30				



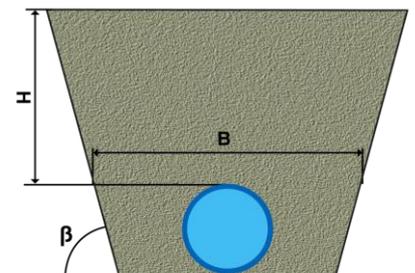
ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

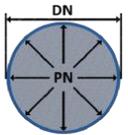
5 TUBERÍAS DE PVC-O -LISTADOS RESUMEN DE RESULTADOS.

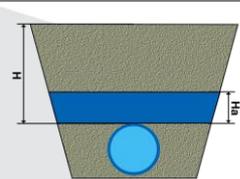
Información general sobre el informe extendido	
Número de informe	2021_12_21
Fecha de última modificación	21 de Diciembre de 2021
Nombre del proyecto	PROYECTO DE MEJORA Y MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES M.I. PORMA SECT. II-III (LEÓN)
A la atención de D./Dña.	MARCOS RINCON BENITO
Dirección	Calle Cruz Roja de León 26 A Planta baja y 1ª - 24008 León
Ciudad / localidad / municipio	LEÓN
Provincia / región / estado	LEÓN
País	ESPAÑA
Promotora	None
Ingeniería	
Constructora	
Dirección de obra	None
PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO	
Este programa de cálculo mecánico para tuberías plásticas enterradas de PVC Orientado (PVC-O) TOM®, está basado en las normas de referencia:	
ATV-DVWK-A 127E:2000 "Cálculo estático de Drenajes y Saneamientos"	
UNE 53331: 2020 "Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas"	

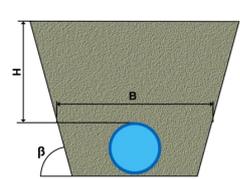
Resultados del cálculo
Clase de seguridad A (caso general) - material PVC-O > 2.5
INSTALACIÓN VÁLIDA

Características del tubo y de la instalación	
Tipo de conducción	Agua a presión Especificaciones de tubería según: norma europea UNE-EN 17176 - norma internacional ISO 16422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudafricana SANS 16422
Aplicación	Riego
Nombre de la instalación	SECCIÓN TIPO 160 mm
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja

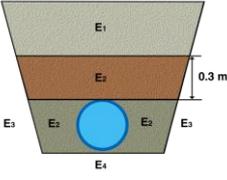
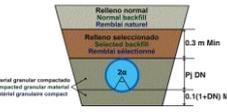


Tubería				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Código del producto	-	-	TOM16012B	
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500 C 1.4	
Presión nominal	PN	bar	12,5	
Diámetro nominal	DN	mm	160	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Largo plazo.	$E_{t(lp)}$	N/mm ²	2800,0	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Corto plazo.	$E_{t(cp)}$	N/mm ²	4000,0	
Peso específico	γ_t	kN/m ³	14,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Largo plazo.	$\sigma_{t(lp)}$	N/mm ²	70,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Corto plazo.	$\sigma_{t(cp)}$	N/mm ²	100,0	

Presiones				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión interna de trabajo	P_i	bar	8,9	
Presión externa debido al agua	P_e	bar	0,0100000000000000002	
Nivel freático	H_a	m	0,1	

Geometría de la zanja				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de zanja	H	m	1,3	
Anchura de la zanja	B	m	0,8	
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	β	°	64,0	

Apoyo y material de relleno

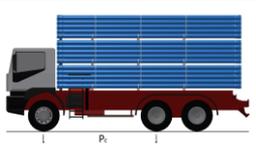
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Tipo de apoyo	-	-	A	 <p>Apoyo Tipo A</p> 
Ángulo de apoyo	2α	°	180	
Módulo de compresión de E ₁	E ₁	N/mm ²	1,2	
Porcentaje proctor E ₁		%	85,0	
Grupo de suelo E ₁		-	G2	
Módulo de compresión de E ₂	E ₂	N/mm ²	16,0	
Porcentaje proctor E ₂		%	95,0	
Grupo de suelo E ₂		-	G1	
Módulo de compresión de E ₃	E ₃	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₃		%	100,0	
Grupo de suelo E ₃		-	G2	
Módulo de compresión de E ₄	E ₄	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₄		%	100,0	
Grupo de suelo E ₄		-	G2	
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m ³	20,0	
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m ³	-	

Tipo de relleno

	Tubo 1
Tipo de relleno	Relleno por capas compactadas contra el suelo natural (sin verificación del grado de compactación), aplicable también para paredes soportadas por tablonas (construcción Berlinesa).

Sobrecargas debido al tráfico

Nome.	Unidades	Tubo 1
-------	----------	--------

Símbolo del vehículo	LT 12	t	12,0	
Número de ejes	-	-	2	
Distancia entre ruedas a	a	m	2,0	
Distancia entre ejes b	b	m	3,0	
Sobrecargas concentradas P_c	P_c	kN	40,0	
Sobrecargas distribuidas P_d	P_d	kN	-	
Coefficiente C_d	C_d	-	-	
Coefficiente de impacto Φ	Φ	-	1,5	

Pavimento				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de la primera capa del firme	h_1	m	-	
Altura de la segunda capa del firme	h_2	m	-	
Módulo de compresión de la primera capa	E_{f1}	N/mm ²	-	
Módulo de compresión de la segunda capa	E_{f2}	N/mm ²	-	

Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión vertical debida al suelo				
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	15,13	
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		16,03	
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00	
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		31,16	
Presión lateral debida a la tierra				
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m ²	9,52	
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)				
Deformación relativa	δ_v	%	0,408	
Momentos flectores longitudinales				
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo				
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,047395	
En los riñones			-0,047395	
En la base			0,047395	
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo				
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,010760	
En los riñones			0,010760	
En la base			-0,010760	
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo				

En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,010487
En los riñones			0,012052
En la base			-0,010487
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,000118
En los riñones			-0,000134
En la base			0,000150
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,000816
En los riñones			-0,000930
En la base			0,001044
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,001186
En los riñones			0,001186
En la base			0,001186
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,028268
En los riñones			-0,024461
En la base			0,028528
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			
En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-2,4305
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-0,5518
En los riñones			0,0000
En la base			-0,5518
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-0,4286
En los riñones			0,0000
En la base			-0,4286
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0007
En los riñones			-0,0069
En la base			-0,0007
Fuerza normal debida al peso del agua			

En la clave	N_a	kN/m	0,0355
En los riñones			0,0131
En la base			0,0862
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	67,6399
En los riñones			67,6399
En la base			67,6399
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	66,6956
En los riñones			65,2155
En la base			66,7449
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,46
σ en riñones			25,63
σ en base			27,57
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	3,64
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			3,90
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			3,63
Coefficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	37,49

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	14,41
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		16,03
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		30,44
Presión lateral debida a la tierra			

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	8,76
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,450
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,046298
En los riñones			-0,046298
En la base			0,046298
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,010870
En los riñones			0,010870
En la base			-0,010870
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			
En la clave	M_{qht}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,009644
En los riñones			0,011082
En la base			-0,009644
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,000118
En los riñones			-0,000134
En la base			0,000150
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,000816
En los riñones			-0,000930
En la base			0,001044
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,001186
En los riñones			0,001186
En la base			0,001186
Momento longitudinal total			
En la clave	M	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,027904
En los riñones			-0,024223
En la base			0,028164
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			

En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-2,3742
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-0,5574
En los riñones			0,0000
En la base			-0,5574
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-0,3941
En los riñones			0,0000
En la base			-0,3941
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0007
En los riñones			-0,0069
En la base			-0,0007
Fuerza normal debida al peso del agua			
En la clave	N_a	kN/m	0,0355
En los riñones			0,0131
En la base			0,0862
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	67,6399
En los riñones			67,6399
En la base			67,6399
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	66,7245
En los riñones			65,2718
En la base			66,7738
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,32
σ en riñones			25,56
σ en base			27,44
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	2,56
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			2,74
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			2,55

Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	31,72

ADVERTENCIA IMPORTANTE: LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

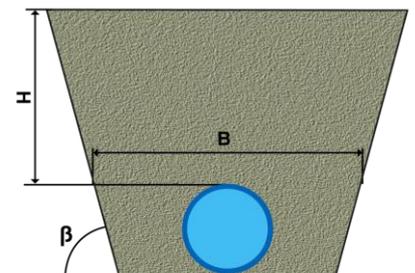
Molecor pone a disposición el Programa como una herramienta para facilitar su trabajo a los profesionales pero no asume ninguna responsabilidad como asesor o prestador de servicios. Los resultados del cálculo obtenidos deben considerarse orientativos y tienen una finalidad meramente informativa. El diseño de un proyecto y la ejecución de la obra son responsabilidad del proyectista del constructor respectivamente. El proyectista usuario del Programa será exclusivamente responsable de la decisión de utilizar el Programa como herramienta auxiliar en la prestación de sus servicios profesionales y del correcto cálculo de los elementos proyectados, teniendo en último término la responsabilidad de los cálculos realizados en el diseño de la instalación. En particular, será entera y exclusivamente responsable de la corrección de los datos introducidos por el cálculo y sus correspondientes resultados. Aunque **Molecor** ha hecho todos los esfuerzos para que el Programa responda a sus finalidades y funcione de forma regular de acuerdo con sus especificaciones, en el estado de la técnica, no puede garantizar su funcionamiento continuo ni la total ausencia de posibles fallos o incidencias en el funcionamiento del Programa, en particular, por interacción con otros elementos (ordenadores, servidores, comunicaciones electrónicas, etc.) y con el propio usuario. En consecuencia, **Molecor** NO RESPONDERA DE NINGUN DAÑO DIRECTO O INDIRECTO, PREVISIBLE O IMPREVISTO DERIVADO DEL USO DEL PROGRAMA SALVO EN CASO QUE SE DEMUESTRE SU DOLO O NEGLIGENCIA GRAVE EN EL DISEÑO U OPERACIÓN DEL SOFTWARE. En particular, **Molecor** NO SE RESPONSABILIZA:

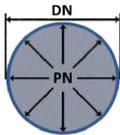
1. de los posibles resultados erróneos causados por errores, omisiones y/o inexactitudes en los datos introducidos por el usuario.
2. de la mala utilización no conforme con las especificaciones del Programa.
3. del uso que se haga de la información proporcionada por el Programa y no realización de razonables comprobaciones para verificar la corrección de la misma.

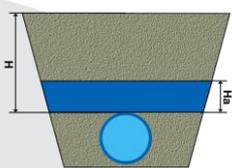
Información general sobre el informe extendido	
Número de informe	2021_12_21
Fecha de última modificación	21 de Diciembre de 2021
Nombre del proyecto	PROYECTO DE MEJORA Y MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES M.I. PORMA SECT. II-III (LEÓN)
A la atención de D./Dña.	MARCOS RINCON BENITO
Dirección	Calle Cruz Roja de León 26 A Planta baja y 1ª - 24008 León
Ciudad / localidad / municipio	LEÓN
Provincia / región / estado	LEÓN
País	ESPAÑA
Promotora	None
Ingeniería	
Constructora	
Dirección de obra	None
PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO	
Este programa de cálculo mecánico para tuberías plásticas enterradas de PVC Orientado (PVC-O) TOM®, está basado en las normas de referencia:	
ATV-DVWK-A 127E:2000 "Cálculo estático de Drenajes y Saneamientos"	
UNE 53331: 2020 "Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas"	

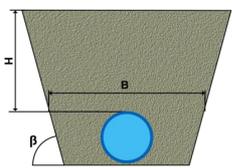
Resultados del cálculo
Clase de seguridad A (caso general) - material PVC-O > 2.5
INSTALACIÓN VÁLIDA

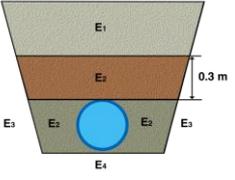
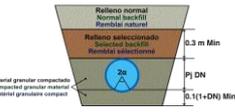
Características del tubo y de la instalación	
Tipo de conducción	Agua a presión Especificaciones de tubería según: norma europea UNE-EN 17176 - norma internacional ISO 16422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudafricana SANS 16422
Aplicación	Riego
Nombre de la instalación	SECCIÓN TIPO 200 mm
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja



Tubería				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Código del producto	-	-	TOM20012B	
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500 C 1.4	
Presión nominal	PN	bar	12,5	
Diámetro nominal	DN	mm	200	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Largo plazo.	$E_{t(lp)}$	N/mm ²	2800,0	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Corto plazo.	$E_{t(cp)}$	N/mm ²	4000,0	
Peso específico	γ_t	kN/m ³	14,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Largo plazo.	$\sigma_{t(lp)}$	N/mm ²	70,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Corto plazo.	$\sigma_{t(cp)}$	N/mm ²	100,0	

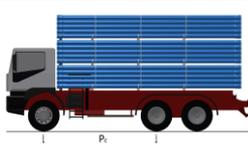
Presiones				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión interna de trabajo	P_i	bar	9,0	
Presión externa debido al agua	P_e	bar	0,01000000000000000002	
Nivel freático	H_a	m	0,1	

Geometría de la zanja				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de zanja	H	m	1,3	
Anchura de la zanja	B	m	0,84	
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	β	°	64,0	

Apoyo y material de relleno				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Tipo de apoyo	-	-	A	 <p>Apoyo Tipo A</p> 
Ángulo de apoyo	2α	°	180	
Módulo de compresión de E ₁	E ₁	N/mm ²	1,2	
Porcentaje proctor E ₁		%	85,0	
Grupo de suelo E ₁		-	G2	
Módulo de compresión de E ₂	E ₂	N/mm ²	16,0	
Porcentaje proctor E ₂		%	95,0	
Grupo de suelo E ₂		-	G1	
Módulo de compresión de E ₃	E ₃	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₃		%	100,0	
Grupo de suelo E ₃		-	G2	
Módulo de compresión de E ₄	E ₄	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₄		%	100,0	
Grupo de suelo E ₄		-	G2	
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m ³	20,0	
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m ³	-	

Tipo de relleno	
	Tubo 1
Tipo de relleno	Relleno por capas compactadas contra el suelo natural (sin verificación del grado de compactación), aplicable también para paredes soportadas por tablonas (construcción Berlinesa).

Sobrecargas debido al tráfico				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	

Símbolo del vehículo	LT 12	t	12,0	
Número de ejes	-	-	2	
Distancia entre ruedas a	a	m	2,0	
Distancia entre ejes b	b	m	3,0	
Sobrecargas concentradas P_c	P_c	kN	40,0	
Sobrecargas distribuidas P_d	P_d	kN	-	
Coefficiente C_d	C_d	-	-	
Coefficiente de impacto Φ	Φ	-	1,5	

Pavimento				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de la primera capa del firme	h_1	m	-	
Altura de la segunda capa del firme	h_2	m	-	
Módulo de compresión de la primera capa	E_{f1}	N/mm ²	-	
Módulo de compresión de la segunda capa	E_{f2}	N/mm ²	-	

Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión vertical debida al suelo				
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	15,45	
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		16,01	
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00	
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		31,46	
Presión lateral debida a la tierra				
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m ²	9,88	
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)				
Deformación relativa	δ_v	%	0,408	
Momentos flectores longitudinales				
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo				
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,074772	
En los riñones			-0,074772	
En la base			0,074772	
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo				
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,016905	
En los riñones			0,016905	
En la base			-0,016905	
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo				

En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,016992
En los riñones			0,019527
En la base			-0,016992
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,000230
En los riñones			-0,000262
En la base			0,000293
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,001594
En los riñones			-0,001817
En la base			0,002039
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,001874
En los riñones			0,001874
En la base			0,001874
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,044572
En los riñones			-0,038544
En la base			0,045081
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			
En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-3,0676
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-0,6936
En los riñones			0,0000
En la base			-0,6936
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-0,5556
En los riñones			0,0000
En la base			-0,5556
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0011
En los riñones			-0,0107
En la base			-0,0011
Fuerza normal debida al peso del agua			

En la clave	N_a	kN/m	0,0554
En los riñones			0,0204
En la base			0,1347
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	85,4998
En los riñones			85,4998
En la base			85,4998
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	84,3072
En los riñones			82,4419
En la base			84,3842
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,74
σ en riñones			25,90
σ en base			27,88
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	3,60
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			3,86
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			3,59
Coefficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	37,01

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	14,72
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		16,01
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		30,73
Presión lateral debida a la tierra			

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	9,09
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,451
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,073021
En los riñones			-0,073021
En la base			0,073021
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,017080
En los riñones			0,017080
En la base			-0,017080
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			
En la clave	M_{qht}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,015645
En los riñones			0,017979
En la base			-0,015645
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,000230
En los riñones			-0,000262
En la base			0,000293
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,001594
En los riñones			-0,001817
En la base			0,002039
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,001874
En los riñones			0,001874
En la base			0,001874
Momento longitudinal total			
En la clave	M	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,043993
En los riñones			-0,038166
En la base			0,044502
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			

En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-2,9957
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-0,7007
En los riñones			0,0000
En la base			-0,7007
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-0,5115
En los riñones			0,0000
En la base			-0,5115
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0011
En los riñones			-0,0107
En la base			-0,0011
Fuerza normal debida al peso del agua			
En la clave	N_a	kN/m	0,0554
En los riñones			0,0204
En la base			0,1347
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	85,4998
En los riñones			85,4998
En la base			85,4998
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	84,3441
En los riñones			82,5138
En la base			84,4211
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,61
σ en riñones			25,82
σ en base			27,75
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	2,54
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			2,71
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			2,52

Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	31,28

ADVERTENCIA IMPORTANTE: LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

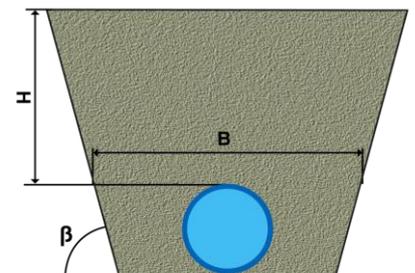
Molecor pone a disposición el Programa como una herramienta para facilitar su trabajo a los profesionales pero no asume ninguna responsabilidad como asesor o prestador de servicios. Los resultados del cálculo obtenidos deben considerarse orientativos y tienen una finalidad meramente informativa. El diseño de un proyecto y la ejecución de la obra son responsabilidad del proyectista del constructor respectivamente. El proyectista usuario del Programa será exclusivamente responsable de la decisión de utilizar el Programa como herramienta auxiliar en la prestación de sus servicios profesionales y del correcto cálculo de los elementos proyectados, teniendo en último término la responsabilidad de los cálculos realizados en el diseño de la instalación. En particular, será entera y exclusivamente responsable de la corrección de los datos introducidos por el cálculo y sus correspondientes resultados. Aunque **Molecor** ha hecho todos los esfuerzos para que el Programa responda a sus finalidades y funcione de forma regular de acuerdo con sus especificaciones, en el estado de la técnica, no puede garantizar su funcionamiento continuo ni la total ausencia de posibles fallos o incidencias en el funcionamiento del Programa, en particular, por interacción con otros elementos (ordenadores, servidores, comunicaciones electrónicas, etc.) y con el propio usuario. En consecuencia, **Molecor** NO RESPONDERA DE NINGUN DAÑO DIRECTO O INDIRECTO, PREVISIBLE O IMPREVISTO DERIVADO DEL USO DEL PROGRAMA SALVO EN CASO QUE SE DEMUESTRE SU DOLO O NEGLIGENCIA GRAVE EN EL DISEÑO U OPERACIÓN DEL SOFTWARE. En particular, **Molecor** NO SE RESPONSABILIZA:

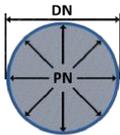
1. de los posibles resultados erróneos causados por errores, omisiones y/o inexactitudes en los datos introducidos por el usuario.
2. de la mala utilización no conforme con las especificaciones del Programa.
3. del uso que se haga de la información proporcionada por el Programa y no realización de razonables comprobaciones para verificar la corrección de la misma.

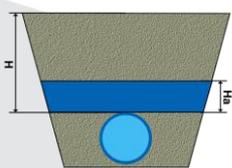
Información general sobre el informe extendido	
Número de informe	2021_12_21
Fecha de última modificación	21 de Diciembre de 2021
Nombre del proyecto	PROYECTO DE MEJORA Y MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES M.I. PORMA SECT. II-III (LEÓN)
A la atención de D./Dña.	MARCOS RINCON BENITO
Dirección	Calle Cruz Roja de León 26 A Planta baja y 1ª - 24008 León
Ciudad / localidad / municipio	LEÓN
Provincia / región / estado	LEÓN
País	ESPAÑA
Promotora	None
Ingeniería	
Constructora	
Dirección de obra	None
PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO	
Este programa de cálculo mecánico para tuberías plásticas enterradas de PVC Orientado (PVC-O) TOM®, está basado en las normas de referencia:	
ATV-DVWK-A 127E:2000 "Cálculo estático de Drenajes y Saneamientos"	
UNE 53331: 2020 "Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas"	

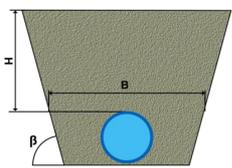
Resultados del cálculo
Clase de seguridad A (caso general) - material PVC-O > 2.5
INSTALACIÓN VÁLIDA

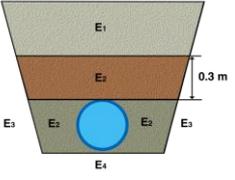
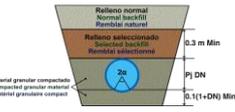
Características del tubo y de la instalación	
Tipo de conducción	Agua a presión Especificaciones de tubería según: norma europea UNE-EN 17176 - norma internacional ISO 16422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudafricana SANS 16422
Aplicación	Riego
Nombre de la instalación	SECCIÓN TIPO 250 mm
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja



Tubería				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Código del producto	-	-	TOM25012B	
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500 C 1.4	
Presión nominal	PN	bar	12,5	
Diámetro nominal	DN	mm	250	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Largo plazo.	$E_{t(lp)}$	N/mm ²	2800,0	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Corto plazo.	$E_{t(cp)}$	N/mm ²	4000,0	
Peso específico	γ_t	kN/m ³	14,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Largo plazo.	$\sigma_{t(lp)}$	N/mm ²	70,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Corto plazo.	$\sigma_{t(cp)}$	N/mm ²	100,0	

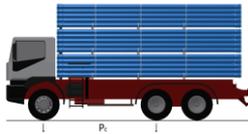
Presiones				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión interna de trabajo	P_i	bar	8,9	
Presión externa debido al agua	P_e	bar	0,0100000000000000002	
Nivel freático	H_a	m	0,1	

Geometría de la zanja				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de zanja	H	m	1,3	
Anchura de la zanja	B	m	0,9	
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	β	°	64,0	

Apoyo y material de relleno				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Tipo de apoyo	-	-	A	 <p>Apoyo Tipo A</p> 
Ángulo de apoyo	2α	°	180	
Módulo de compresión de E ₁	E ₁	N/mm ²	1,2	
Porcentaje proctor E ₁		%	85,0	
Grupo de suelo E ₁		-	G2	
Módulo de compresión de E ₂	E ₂	N/mm ²	16,0	
Porcentaje proctor E ₂		%	95,0	
Grupo de suelo E ₂		-	G1	
Módulo de compresión de E ₃	E ₃	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₃		%	100,0	
Grupo de suelo E ₃		-	G2	
Módulo de compresión de E ₄	E ₄	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₄		%	100,0	
Grupo de suelo E ₄		-	G2	
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m ³	20,0	
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m ³	-	

Tipo de relleno	
	Tubo 1
Tipo de relleno	Relleno por capas compactadas contra el suelo natural (sin verificación del grado de compactación), aplicable también para paredes soportadas por tablonas (construcción Berlinesa).

Sobrecargas debido al tráfico				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	

Símbolo del vehículo	LT 12	t	12,0	
Número de ejes	-	-	2	
Distancia entre ruedas a	a	m	2,0	
Distancia entre ejes b	b	m	3,0	
Sobrecargas concentradas P_c	P_c	kN	40,0	
Sobrecargas distribuidas P_d	P_d	kN	-	
Coefficiente C_d	C_d	-	-	
Coefficiente de impacto Φ	Φ	-	1,5	

Pavimento				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de la primera capa del firme	h_1	m	-	
Altura de la segunda capa del firme	h_2	m	-	
Módulo de compresión de la primera capa	E_{f1}	N/mm ²	-	
Módulo de compresión de la segunda capa	E_{f2}	N/mm ²	-	

Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión vertical debida al suelo				
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	17,13	
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		15,05	
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00	
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		32,17	
Presión lateral debida a la tierra				
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m ²	11,53	
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)				
Deformación relativa	δ_v	%	0,414	
Momentos flectores longitudinales				
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo				
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,119513	
En los riñones			-0,119513	
En la base			0,119513	
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo				
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,027527	
En los riñones			0,027527	
En la base			-0,027527	
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo				

En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,031020
En los riñones			0,035647
En la base			-0,031020
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,000445
En los riñones			-0,000507
En la base			0,000569
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,003116
En los riñones			-0,003550
En la base			0,003985
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,002849
En los riñones			0,002849
En la base			0,002849
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,067377
En los riñones			-0,057547
En la base			0,068370
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			
En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-3,9217
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-0,9033
En los riñones			0,0000
En la base			-0,9033
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-0,8112
En los riñones			0,0000
En la base			-0,8112
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0018
En los riñones			-0,0166
En la base			-0,0018
Fuerza normal debida al peso del agua			

En la clave	N_a	kN/m	0,0866
En los riñones			0,0319
En la base			0,2106
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	105,7317
En los riñones			105,7317
En la base			105,7317
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	104,1057
En los riñones			101,8254
En la base			104,2260
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,49
σ en riñones			25,56
σ en base			27,66
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	3,64
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			3,91
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			3,61
Coefficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	35,55

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	16,45
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		15,05
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		31,49
Presión lateral debida a la tierra			

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	10,84
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,460
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,116996
En los riñones			-0,116996
En la base			0,116996
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,027817
En los riñones			0,027817
En la base			-0,027817
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			
En la clave	M_{qht}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,029151
En los riñones			0,033500
En la base			-0,029151
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,000445
En los riñones			-0,000507
En la base			0,000569
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,003116
En los riñones			-0,003550
En la base			0,003985
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,002849
En los riñones			0,002849
En la base			0,002849
Momento longitudinal total			
En la clave	M	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,066438
En los riñones			-0,056887
En la base			0,067431
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			

En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-3,8391
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-0,9128
En los riñones			0,0000
En la base			-0,9128
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-0,7623
En los riñones			0,0000
En la base			-0,7623
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0018
En los riñones			-0,0166
En la base			-0,0018
Fuerza normal debida al peso del agua			
En la clave	N_a	kN/m	0,0866
En los riñones			0,0319
En la base			0,2106
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	105,7317
En los riñones			105,7317
En la base			105,7317
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	104,1450
En los riñones			101,9080
En la base			104,2654
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,34
σ en riñones			25,47
σ en base			27,52
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	2,56
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			2,75
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			2,54

Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	29,95

ADVERTENCIA IMPORTANTE: LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

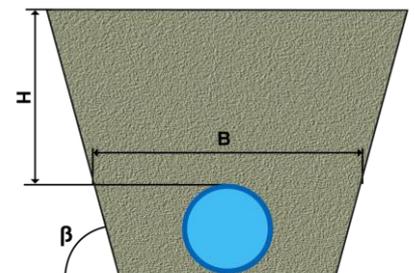
Molecor pone a disposición el Programa como una herramienta para facilitar su trabajo a los profesionales pero no asume ninguna responsabilidad como asesor o prestador de servicios. Los resultados del cálculo obtenidos deben considerarse orientativos y tienen una finalidad meramente informativa. El diseño de un proyecto y la ejecución de la obra son responsabilidad del proyectista del constructor respectivamente. El proyectista usuario del Programa será exclusivamente responsable de la decisión de utilizar el Programa como herramienta auxiliar en la prestación de sus servicios profesionales y del correcto cálculo de los elementos proyectados, teniendo en último término la responsabilidad de los cálculos realizados en el diseño de la instalación. En particular, será entera y exclusivamente responsable de la corrección de los datos introducidos por el cálculo y sus correspondientes resultados. Aunque **Molecor** ha hecho todos los esfuerzos para que el Programa responda a sus finalidades y funcione de forma regular de acuerdo con sus especificaciones, en el estado de la técnica, no puede garantizar su funcionamiento continuo ni la total ausencia de posibles fallos o incidencias en el funcionamiento del Programa, en particular, por interacción con otros elementos (ordenadores, servidores, comunicaciones electrónicas, etc.) y con el propio usuario. En consecuencia, **Molecor** NO RESPONDERA DE NINGUN DAÑO DIRECTO O INDIRECTO, PREVISIBLE O IMPREVISTO DERIVADO DEL USO DEL PROGRAMA SALVO EN CASO QUE SE DEMUESTRE SU DOLO O NEGLIGENCIA GRAVE EN EL DISEÑO U OPERACIÓN DEL SOFTWARE. En particular, **Molecor** NO SE RESPONSABILIZA:

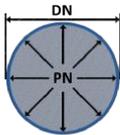
1. de los posibles resultados erróneos causados por errores, omisiones y/o inexactitudes en los datos introducidos por el usuario.
2. de la mala utilización no conforme con las especificaciones del Programa.
3. del uso que se haga de la información proporcionada por el Programa y no realización de razonables comprobaciones para verificar la corrección de la misma.

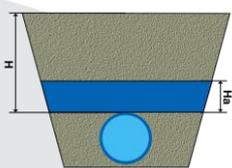
Información general sobre el informe extendido	
Número de informe	2021_12_21
Fecha de última modificación	21 de Diciembre de 2021
Nombre del proyecto	PROYECTO DE MEJORA Y MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES M.I. PORMA SECT. II-III (LEÓN)
A la atención de D./Dña.	MARCOS RINCON BENITO
Dirección	Calle Cruz Roja de León 26 A Planta baja y 1ª - 24008 León
Ciudad / localidad / municipio	LEÓN
Provincia / región / estado	LEÓN
País	ESPAÑA
Promotora	None
Ingeniería	
Constructora	
Dirección de obra	None
<p>PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO</p> <p>Este programa de cálculo mecánico para tuberías plásticas enterradas de PVC Orientado (PVC-O) TOM®, está basado en las normas de referencia:</p> <p>ATV-DVWK-A 127E:2000 "Cálculo estático de Drenajes y Saneamientos"</p> <p>UNE 53331: 2020 "Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas"</p>	

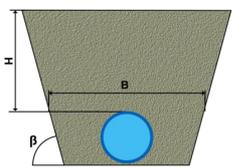
Resultados del cálculo
Clase de seguridad A (caso general) - material PVC-O > 2.5
INSTALACIÓN VÁLIDA

Características del tubo y de la instalación	
Tipo de conducción	Agua a presión Especificaciones de tubería según: norma europea UNE-EN 17176 - norma internacional ISO 16422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudafricana SANS 16422
Aplicación	Riego
Nombre de la instalación	SECCIÓN TIPO 315 mm
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja

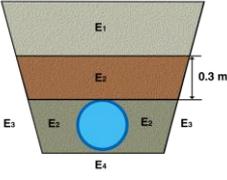
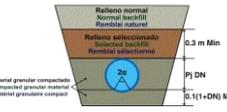


Tubería				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Código del producto	-	-	TOM31512B	
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500 C 1.4	
Presión nominal	PN	bar	12,5	
Diámetro nominal	DN	mm	315	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Largo plazo.	$E_{t(lp)}$	N/mm ²	2800,0	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Corto plazo.	$E_{t(cp)}$	N/mm ²	4000,0	
Peso específico	γ_t	kN/m ³	14,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Largo plazo.	$\sigma_{t(lp)}$	N/mm ²	70,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Corto plazo.	$\sigma_{t(cp)}$	N/mm ²	100,0	

Presiones				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión interna de trabajo	P_i	bar	8,8	
Presión externa debido al agua	P_e	bar	0,01000000000000000002	
Nivel freático	H_a	m	0,1	

Geometría de la zanja				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de zanja	H	m	1,3	
Anchura de la zanja	B	m	1,14	
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	β	°	64,0	

Apoyo y material de relleno

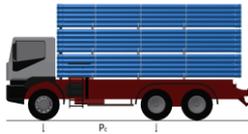
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Tipo de apoyo	-	-	A	 <p>Apoyo Tipo A</p> 
Ángulo de apoyo	2α	°	180	
Módulo de compresión de E ₁	align="center">E ₁	N/mm ²	1,2	
Porcentaje proctor E ₁		%	85,0	
Grupo de suelo E ₁		-	G2	
Módulo de compresión de E ₂	align="center">E ₂	N/mm ²	16,0	
Porcentaje proctor E ₂		%	95,0	
Grupo de suelo E ₂		-	G1	
Módulo de compresión de E ₃	align="center">E ₃	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₃		%	100,0	
Grupo de suelo E ₃		-	G2	
Módulo de compresión de E ₄	align="center">E ₄	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₄		%	100,0	
Grupo de suelo E ₄		-	G2	
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m ³	20,0	
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m ³	-	

Tipo de relleno

	Tubo 1
Tipo de relleno	Relleno por capas compactadas contra el suelo natural (sin verificación del grado de compactación), aplicable también para paredes soportadas por tablonas (construcción Berlinesa).

Sobrecargas debido al tráfico

Nome.	Unidades	Tubo 1
-------	----------	--------

Símbolo del vehículo	LT 12	t	12,0	
Número de ejes	-	-	2	
Distancia entre ruedas a	a	m	2,0	
Distancia entre ejes b	b	m	3,0	
Sobrecargas concentradas P_c	P_c	kN	40,0	
Sobrecargas distribuidas P_d	P_d	kN	-	
Coefficiente C_d	C_d	-	-	
Coefficiente de impacto Φ	Φ	-	1,5	

Pavimento				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de la primera capa del firme	h_1	m	-	
Altura de la segunda capa del firme	h_2	m	-	
Módulo de compresión de la primera capa	E_{f1}	N/mm ²	-	
Módulo de compresión de la segunda capa	E_{f2}	N/mm ²	-	

Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión vertical debida al suelo				
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	17,86	
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		14,99	
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00	
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		32,85	
Presión lateral debida a la tierra				
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m ²	12,12	
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)				
Deformación relativa	δ_v	%	0,422	
Momentos flectores longitudinales				
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo				
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,193781	
En los riñones			-0,193781	
En la base			0,193781	
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo				
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,045141	
En los riñones			0,045141	
En la base			-0,045141	
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo				

En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,051774
En los riñones			0,059497
En la base			-0,051774
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,000889
En los riñones			-0,001013
En la base			0,001136
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,006233
En los riñones			-0,007103
En la base			0,007973
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,004459
En los riñones			0,004459
En la base			0,004459
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,108448
En los riñones			-0,092799
En la base			0,110434
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			
En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-5,0464
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-1,1755
En los riñones			0,0000
En la base			-1,1755
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,0745
En los riñones			0,0000
En la base			-1,0745
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0028
En los riñones			-0,0264
En la base			-0,0028
Fuerza normal debida al peso del agua			

En la clave	N_a	kN/m	0,1375
En los riñones			0,0507
En la base			0,3343
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	131,7356
En los riñones			131,7356
En la base			131,7356
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	129,6259
En los riñones			126,7136
En la base			129,8170
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,49
σ en riñones			25,55
σ en base			27,72
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	3,64
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			3,91
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			3,61
Coefficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	34,15

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	17,16
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		14,99
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		32,15
Presión lateral debida a la tierra			

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	11,40
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,469
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,189628
En los riñones			-0,189628
En la base			0,189628
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,045616
En los riñones			0,045616
En la base			-0,045616
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			
En la clave	M_{qht}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,048701
En los riñones			0,055965
En la base			-0,048701
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,000889
En los riñones			-0,001013
En la base			0,001136
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,006233
En los riñones			-0,007103
En la base			0,007973
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,004459
En los riñones			0,004459
En la base			0,004459
Momento longitudinal total			
En la clave	M	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,106892
En los riñones			-0,091702
En la base			0,108879
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			

En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-4,9382
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-1,1879
En los riñones			0,0000
En la base			-1,1879
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,0107
En los riñones			0,0000
En la base			-1,0107
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0028
En los riñones			-0,0264
En la base			-0,0028
Fuerza normal debida al peso del agua			
En la clave	N_a	kN/m	0,1375
En los riñones			0,0507
En la base			0,3343
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	131,7356
En los riñones			131,7356
En la base			131,7356
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	129,6773
En los riñones			126,8217
En la base			129,8684
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,35
σ en riñones			25,46
σ en base			27,57
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	2,56
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			2,75
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			2,54

Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	28,73

ADVERTENCIA IMPORTANTE: LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

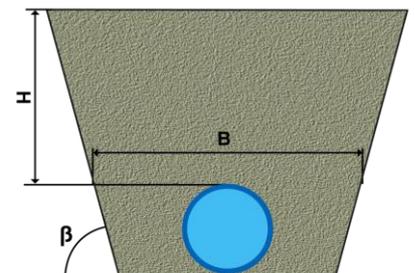
Molecor pone a disposición el Programa como una herramienta para facilitar su trabajo a los profesionales pero no asume ninguna responsabilidad como asesor o prestador de servicios. Los resultados del cálculo obtenidos deben considerarse orientativos y tienen una finalidad meramente informativa. El diseño de un proyecto y la ejecución de la obra son responsabilidad del proyectista del constructor respectivamente. El proyectista usuario del Programa será exclusivamente responsable de la decisión de utilizar el Programa como herramienta auxiliar en la prestación de sus servicios profesionales y del correcto calculo de los elementos proyectados, teniendo en último término la responsabilidad de los cálculos realizados en el diseño de la instalación. En particular, será entera y exclusivamente responsable de la corrección de los datos introducidos por el cálculo y sus correspondientes resultados. Aunque **Molecor** ha hecho todos los esfuerzos para que el Programa responda a sus finalidades y funcione de forma regular de acuerdo con sus especificaciones, en el estado de la técnica, no puede garantizar su funcionamiento continuo ni la total ausencia de posibles fallos o incidencias en el funcionamiento del Programa, en particular, por interacción con otros elementos (ordenadores, servidores, comunicaciones electrónicas, etc.) y con el propio usuario. En consecuencia, **Molecor** NO RESPONDERA DE NINGUN DAÑO DIRECTO O INDIRECTO, PREVISIBLE O IMPREVISTO DERIVADO DEL USO DEL PROGRAMA SALVO EN CASO QUE SE DEMUESTRE SU DOLO O NEGLIGENCIA GRAVE EN EL DISEÑO U OPERACIÓN DEL SOFTWARE. En particular, **Molecor** NO SE RESPONSABILIZA:

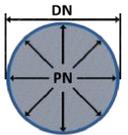
1. de los posibles resultados erróneos causados por errores, omisiones y/o inexactitudes en los datos introducidos por el usuario.
2. de la mala utilización no conforme con las especificaciones del Programa.
3. del uso que se haga de la información proporcionada por el Programa y no realización de razonables comprobaciones para verificar la corrección de la misma.

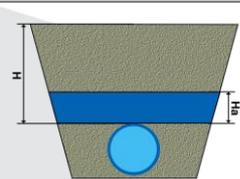
Información general sobre el informe extendido	
Número de informe	2021_12_21
Fecha de última modificación	21 de Diciembre de 2021
Nombre del proyecto	PROYECTO DE MEJORA Y MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES M.I. PORMA SECT. II-III (LEÓN)
A la atención de D./Dña.	MARCOS RINCON BENITO
Dirección	Calle Cruz Roja de León 26 A Planta baja y 1ª - 24008 León
Ciudad / localidad / municipio	LEÓN
Provincia / región / estado	LEÓN
País	ESPAÑA
Promotora	None
Ingeniería	
Constructora	
Dirección de obra	None
<p>PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO</p> <p>Este programa de cálculo mecánico para tuberías plásticas enterradas de PVC Orientado (PVC-O) TOM®, está basado en las normas de referencia:</p> <p>ATV-DVWK-A 127E:2000 "Cálculo estático de Drenajes y Saneamientos"</p> <p>UNE 53331: 2020 "Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas"</p>	

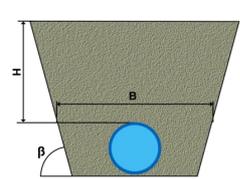
Resultados del cálculo
Clase de seguridad A (caso general) - material PVC-O > 2.5
INSTALACIÓN VÁLIDA

Características del tubo y de la instalación	
Tipo de conducción	Agua a presión Especificaciones de tubería según: norma europea UNE-EN 17176 - norma internacional ISO 16422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudafricana SANS 16422
Aplicación	Riego
Nombre de la instalación	SECCIÓN TIPO 400 mm
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja

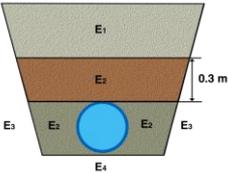
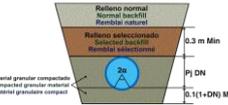


Tubería				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Código del producto	-	-	TOM40012B	
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500 C 1.4	
Presión nominal	PN	bar	12,5	
Diámetro nominal	DN	mm	400	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Largo plazo.	$E_{t(lp)}$	N/mm ²	2800,0	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Corto plazo.	$E_{t(cp)}$	N/mm ²	4000,0	
Peso específico	γ_t	kN/m ³	14,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Largo plazo.	$\sigma_{t(lp)}$	N/mm ²	70,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Corto plazo.	$\sigma_{t(cp)}$	N/mm ²	100,0	

Presiones				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión interna de trabajo	P_i	bar	8,8	
Presión externa debido al agua	P_e	bar	0,01000000000000000002	
Nivel freático	H_a	m	0,1	

Geometría de la zanja				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de zanja	H	m	1,3	
Anchura de la zanja	B	m	1,22	
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	β	°	64,0	

Apoyo y material de relleno

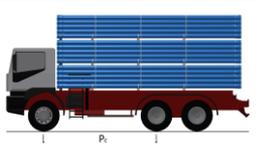
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Tipo de apoyo	-	-	A	 <p>Apoyo Tipo A</p> 
Ángulo de apoyo	2α	°	180	
Módulo de compresión de E ₁	E ₁	N/mm ²	1,2	
Porcentaje proctor E ₁		%	85,0	
Grupo de suelo E ₁		-	G2	
Módulo de compresión de E ₂	E ₂	N/mm ²	16,0	
Porcentaje proctor E ₂		%	95,0	
Grupo de suelo E ₂		-	G1	
Módulo de compresión de E ₃	E ₃	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₃		%	100,0	
Grupo de suelo E ₃		-	G2	
Módulo de compresión de E ₄	E ₄	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₄		%	100,0	
Grupo de suelo E ₄		-	G2	
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m ³	20,0	
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m ³	-	

Tipo de relleno

	Tubo 1
Tipo de relleno	Relleno por capas compactadas contra el suelo natural (sin verificación del grado de compactación), aplicable también para paredes soportadas por tablonas (construcción Berlinesa).

Sobrecargas debido al tráfico

Nome.	Unidades	Tubo 1
-------	----------	--------

Símbolo del vehículo	LT 12	t	12,0	
Número de ejes	-	-	2	
Distancia entre ruedas a	a	m	2,0	
Distancia entre ejes b	b	m	3,0	
Sobrecargas concentradas P_c	P_c	kN	40,0	
Sobrecargas distribuidas P_d	P_d	kN	-	
Coefficiente C_d	C_d	-	-	
Coefficiente de impacto Φ	Φ	-	1,5	

Pavimento				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de la primera capa del firme	h_1	m	-	
Altura de la segunda capa del firme	h_2	m	-	
Módulo de compresión de la primera capa	E_{f1}	N/mm ²	-	
Módulo de compresión de la segunda capa	E_{f2}	N/mm ²	-	

Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión vertical debida al suelo				
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	19,46	
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		14,90	
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00	
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		34,36	
Presión lateral debida a la tierra				
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m ²	14,00	
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)				
Deformación relativa	δ_v	%	0,441	
Momentos flectores longitudinales				
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo				
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,326808	
En los riñones			-0,326808	
En la base			0,326808	
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo				
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,073118	
En los riñones			0,073118	
En la base			-0,073118	
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo				

En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,096398
En los riñones			0,110778
En la base			-0,096398
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,001819
En los riñones			-0,002072
En la base			0,002325
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,012763
En los riñones			-0,014544
En la base			0,016325
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,007184
En los riñones			0,007184
En la base			0,007184
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,179058
En los riñones			-0,152345
En la base			0,183126
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			
En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-6,7020
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-1,4995
En los riñones			0,0000
En la base			-1,4995
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,5755
En los riñones			0,0000
En la base			-1,5755
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0045
En los riñones			-0,0425
En la base			-0,0045
Fuerza normal debida al peso del agua			

En la clave	N_a	kN/m	0,2218
En los riñones			0,0818
En la base			0,5391
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	167,2874
En los riñones			167,2874
En la base			167,2874
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	164,4387
En los riñones			160,6247
En la base			164,7470
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,76
σ en riñones			25,71
σ en base			28,04
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	3,60
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			3,89
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			3,57
Coefficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	32,37

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	18,90
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		14,90
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		33,80
Presión lateral debida a la tierra			

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	13,48
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,494
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,321485
En los riñones			-0,321485
En la base			0,321485
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,073896
En los riñones			0,073896
En la base			-0,073896
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			
En la clave	M_{qht}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,092839
En los riñones			0,106688
En la base			-0,092839
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,001819
En los riñones			-0,002072
En la base			0,002325
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,012763
En los riñones			-0,014544
En la base			0,016325
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,007184
En los riñones			0,007184
En la base			0,007184
Momento longitudinal total			
En la clave	M	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,176516
En los riñones			-0,150334
En la base			0,180584
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			

En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-6,5929
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-1,5154
En los riñones			0,0000
En la base			-1,5154
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,5173
En los riñones			0,0000
En la base			-1,5173
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0045
En los riñones			-0,0425
En la base			-0,0045
Fuerza normal debida al peso del agua			
En la clave	N_a	kN/m	0,2218
En los riñones			0,0818
En la base			0,5391
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	167,2874
En los riñones			167,2874
En la base			167,2874
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	164,4809
En los riñones			160,7338
En la base			164,7892
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	27,60
σ en riñones			25,59
σ en base			27,89
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	2,54
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			2,73
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			2,51

Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	27,08

ADVERTENCIA IMPORTANTE: LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

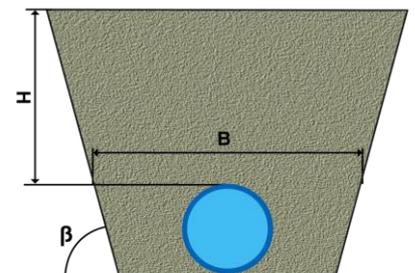
Molecor pone a disposición el Programa como una herramienta para facilitar su trabajo a los profesionales pero no asume ninguna responsabilidad como asesor o prestador de servicios. Los resultados del cálculo obtenidos deben considerarse orientativos y tienen una finalidad meramente informativa. El diseño de un proyecto y la ejecución de la obra son responsabilidad del proyectista del constructor respectivamente. El proyectista usuario del Programa será exclusivamente responsable de la decisión de utilizar el Programa como herramienta auxiliar en la prestación de sus servicios profesionales y del correcto cálculo de los elementos proyectados, teniendo en último término la responsabilidad de los cálculos realizados en el diseño de la instalación. En particular, será entera y exclusivamente responsable de la corrección de los datos introducidos por el cálculo y sus correspondientes resultados. Aunque **Molecor** ha hecho todos los esfuerzos para que el Programa responda a sus finalidades y funcione de forma regular de acuerdo con sus especificaciones, en el estado de la técnica, no puede garantizar su funcionamiento continuo ni la total ausencia de posibles fallos o incidencias en el funcionamiento del Programa, en particular, por interacción con otros elementos (ordenadores, servidores, comunicaciones electrónicas, etc.) y con el propio usuario. En consecuencia, **Molecor** NO RESPONDERA DE NINGUN DAÑO DIRECTO O INDIRECTO, PREVISIBLE O IMPREVISTO DERIVADO DEL USO DEL PROGRAMA SALVO EN CASO QUE SE DEMUESTRE SU DOLO O NEGLIGENCIA GRAVE EN EL DISEÑO U OPERACIÓN DEL SOFTWARE. En particular, **Molecor** NO SE RESPONSABILIZA:

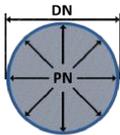
1. de los posibles resultados erróneos causados por errores, omisiones y/o inexactitudes en los datos introducidos por el usuario.
2. de la mala utilización no conforme con las especificaciones del Programa.
3. del uso que se haga de la información proporcionada por el Programa y no realización de razonables comprobaciones para verificar la corrección de la misma.

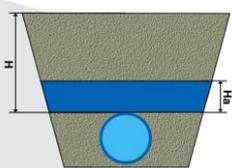
Información general sobre el informe extendido	
Número de informe	2021_12_21
Fecha de última modificación	21 de Diciembre de 2021
Nombre del proyecto	PROYECTO DE MEJORA Y MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES M.I. PORMA SECT. II-III (LEÓN)
A la atención de D./Dña.	MARCOS RINCON BENITO
Dirección	Calle Cruz Roja de León 26 A Planta baja y 1ª - 24008 León
Ciudad / localidad / municipio	LEÓN
Provincia / región / estado	LEÓN
País	ESPAÑA
Promotora	None
Ingeniería	
Constructora	
Dirección de obra	None
PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO	
Este programa de cálculo mecánico para tuberías plásticas enterradas de PVC Orientado (PVC-O) TOM®, está basado en las normas de referencia:	
ATV-DVWK-A 127E:2000 "Cálculo estático de Drenajes y Saneamientos"	
UNE 53331: 2020 "Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas"	

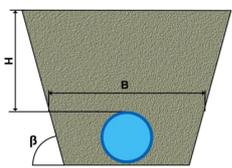
Resultados del cálculo
Clase de seguridad A (caso general) - material PVC-O > 2.5
INSTALACIÓN VÁLIDA

Características del tubo y de la instalación	
Tipo de conducción	Agua a presión Especificaciones de tubería según: norma europea UNE-EN 17176 - norma internacional ISO 16422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudafricana SANS 16422
Aplicación	Riego
Nombre de la instalación	SECCIÓN TIPO 450 mm
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja

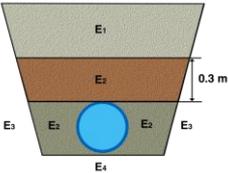
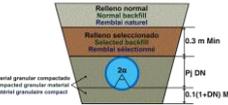


Tubería				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Código del producto	-	-	TOM45012B	
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500 C 1.4	
Presión nominal	PN	bar	12,5	
Diámetro nominal	DN	mm	450	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Largo plazo.	$E_{t(lp)}$	N/mm ²	2800,0	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Corto plazo.	$E_{t(cp)}$	N/mm ²	4000,0	
Peso específico	γ_t	kN/m ³	14,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Largo plazo.	$\sigma_{t(lp)}$	N/mm ²	70,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Corto plazo.	$\sigma_{t(cp)}$	N/mm ²	100,0	

Presiones				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión interna de trabajo	P_i	bar	7,8	
Presión externa debido al agua	P_e	bar	0,0100000000000000002	
Nivel freático	H_a	m	0,1	

Geometría de la zanja				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de zanja	H	m	1,3	
Anchura de la zanja	B	m	1,3	
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	β	°	64,0	

Apoyo y material de relleno

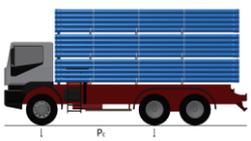
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Tipo de apoyo	-	-	A	 <p>Apoyo Tipo A</p> 
Ángulo de apoyo	2α	°	180	
Módulo de compresión de E ₁	E ₁	N/mm ²	1,2	
Porcentaje proctor E ₁		%	85,0	
Grupo de suelo E ₁		-	G2	
Módulo de compresión de E ₂	E ₂	N/mm ²	16,0	
Porcentaje proctor E ₂		%	95,0	
Grupo de suelo E ₂		-	G1	
Módulo de compresión de E ₃	E ₃	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₃		%	100,0	
Grupo de suelo E ₃		-	G2	
Módulo de compresión de E ₄	E ₄	N/mm ²	20,0	
Porcentaje proctor E ₄		%	100,0	
Grupo de suelo E ₄		-	G2	
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m ³	20,0	
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m ³	-	

Tipo de relleno

	Tubo 1
Tipo de relleno	Relleno por capas compactadas contra el suelo natural (sin verificación del grado de compactación), aplicable también para paredes soportadas por tablonas (construcción Berlinesa).

Sobrecargas debido al tráfico

Nome.	Unidades	Tubo 1
-------	----------	--------

Símbolo del vehículo	LT 12	t	12,0	
Número de ejes	-	-	2	
Distancia entre ruedas a	a	m	2,0	
Distancia entre ejes b	b	m	3,0	
Sobrecargas concentradas P_c	P_c	kN	40,0	
Sobrecargas distribuidas P_d	P_d	kN	-	
Coefficiente C_d	C_d	-	-	
Coefficiente de impacto Φ	Φ	-	1,5	

Pavimento				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de la primera capa del firme	h_1	m	-	
Altura de la segunda capa del firme	h_2	m	-	
Módulo de compresión de la primera capa	E_{f1}	N/mm ²	-	
Módulo de compresión de la segunda capa	E_{f2}	N/mm ²	-	

Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión vertical debida al suelo				
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	19,44	
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		15,73	
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00	
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		35,17	
Presión lateral debida a la tierra				
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m ²	14,23	
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)				
Deformación relativa	δ_v	%	0,453	
Momentos flectores longitudinales				
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo				
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,423234	
En los riñones			-0,423234	
En la base			0,423234	
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo				
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,089885	
En los riñones			0,089885	
En la base			-0,089885	
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo				

En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,123954
En los riñones			0,142444
En la base			-0,123954
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,002604
En los riñones			-0,002966
En la base			0,003329
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,018165
En los riñones			-0,020700
En la base			0,023234
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,008149
En los riñones			0,008149
En la base			0,008149
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,238314
En los riñones			-0,206422
En la base			0,244108
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			
En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-7,7162
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-1,6387
En los riñones			0,0000
En la base			-1,6387
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,8010
En los riñones			0,0000
En la base			-1,8010
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0057
En los riñones			-0,0540
En la base			-0,0057
Fuerza normal debida al peso del agua			

En la clave	N_a	kN/m	0,2806
En los riñones			0,1035
En la base			0,6821
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	166,7633
En los riñones			166,7633
En la base			166,7633
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	163,6099
En los riñones			159,0965
En la base			163,9999
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	26,20
σ en riñones			24,25
σ en base			26,52
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	3,82
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			4,12
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			3,77
Coefficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	31,71

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m ²	18,94
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		15,73
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		34,67
Presión lateral debida a la tierra			

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	13,79
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,509
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,417239
En los riñones			-0,417239
En la base			0,417239
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,090837
En los riñones			0,090837
En la base			-0,090837
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			
En la clave	M_{qht}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	-0,120191
En los riñones			0,138120
En la base			-0,120191
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,002604
En los riñones			-0,002966
En la base			0,003329
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,018165
En los riñones			-0,020700
En la base			0,023234
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,008149
En los riñones			0,008149
En la base			0,008149
Momento longitudinal total			
En la clave	M	$\text{kN}\cdot\text{m/m}$	0,235130
En los riñones			-0,203799
En la base			0,240924
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			

En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,0000
En los riñones			-7,6069
En la base			0,0000
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-1,6561
En los riñones			0,0000
En la base			-1,6561
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,7464
En los riñones			0,0000
En la base			-1,7464
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0057
En los riñones			-0,0540
En la base			-0,0057
Fuerza normal debida al peso del agua			
En la clave	N_a	kN/m	0,2806
En los riñones			0,1035
En la base			0,6821
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	166,7633
En los riñones			166,7633
En la base			166,7633
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	163,6472
En los riñones			159,2058
En la base			164,0372
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm ²	26,05
σ en riñones			24,13
σ en base			26,37
Coefficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	2,69
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			2,90
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			2,65

Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	26,46

ADVERTENCIA IMPORTANTE: LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Molecor pone a disposición el Programa como una herramienta para facilitar su trabajo a los profesionales pero no asume ninguna responsabilidad como asesor o prestador de servicios. Los resultados del cálculo obtenidos deben considerarse orientativos y tienen una finalidad meramente informativa. El diseño de un proyecto y la ejecución de la obra son responsabilidad del proyectista del constructor respectivamente. El proyectista usuario del Programa será exclusivamente responsable de la decisión de utilizar el Programa como herramienta auxiliar en la prestación de sus servicios profesionales y del correcto cálculo de los elementos proyectados, teniendo en último término la responsabilidad de los cálculos realizados en el diseño de la instalación. En particular, será entera y exclusivamente responsable de la corrección de los datos introducidos por el cálculo y sus correspondientes resultados. Aunque **Molecor** ha hecho todos los esfuerzos para que el Programa responda a sus finalidades y funcione de forma regular de acuerdo con sus especificaciones, en el estado de la técnica, no puede garantizar su funcionamiento continuo ni la total ausencia de posibles fallos o incidencias en el funcionamiento del Programa, en particular, por interacción con otros elementos (ordenadores, servidores, comunicaciones electrónicas, etc.) y con el propio usuario. En consecuencia, **Molecor** NO RESPONDERA DE NINGUN DAÑO DIRECTO O INDIRECTO, PREVISIBLE O IMPREVISTO DERIVADO DEL USO DEL PROGRAMA SALVO EN CASO QUE SE DEMUESTRE SU DOLO O NEGLIGENCIA GRAVE EN EL DISEÑO U OPERACIÓN DEL SOFTWARE. En particular, **Molecor** NO SE RESPONSABILIZA:

1. de los posibles resultados erróneos causados por errores, omisiones y/o inexactitudes en los datos introducidos por el usuario.
2. de la mala utilización no conforme con las especificaciones del Programa.
3. del uso que se haga de la información proporcionada por el Programa y no realización de razonables comprobaciones para verificar la corrección de la misma.

6 TUBERÍAS DE HPCC – MÉTODO DE CÁLCULO

Las acciones que se consideran en el dimensionamiento de los tubos son las acciones directas a las que hay que añadir las acciones debidas al postesado cuando se trata de tubos de hormigón postesado con camisa de chapa.

Las acciones directas que se tienen en cuenta son las siguientes:

- Peso propio
- Cargas del fluido
- Cargas verticales del relleno
- Cargas concentradas
- Empuje lateral
- Presión de Diseño/Presión Máxima de Diseño

Peso propio

El peso propio, q_1 , por metro lineal, es:

$$q_1 = \gamma_t \cdot \pi \cdot d_m \cdot t \quad (\text{N/mm})$$

Donde:

- γ_t = Peso específico del material que constituye las paredes del tubo (kN/m^3)
- d_m = diámetro medio del tubo (m). $d_m = (d + d_e)/2$
- t = espesor del tubo (m)

Carga del fluido

La carga del fluido, q_2 , por metro lineal, es:

$$q_2 = \gamma_f \cdot \pi \cdot \frac{d_i^2}{4} \quad (\text{kN/m})$$

Donde:

- γ_f = Peso específico del fluido (kN/m^3)
- d_i = diámetro interior del tubo (m)

Cargas verticales del relleno

Estas cargas se descomponen en dos:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

- La carga q_3 , debida al peso del relleno de los tímpanos:

$$q_3 = 0,11 \cdot \gamma_r \cdot d_e^2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Donde:

- γ_r = Peso específico del relleno (kN/m³)
 - d_e = diámetro exterior del tubo (m)
- La carga q_r , que actúa sobre el plano tangente a la generatriz superior del tubo, y que depende del tipo de colocación de la tubería.

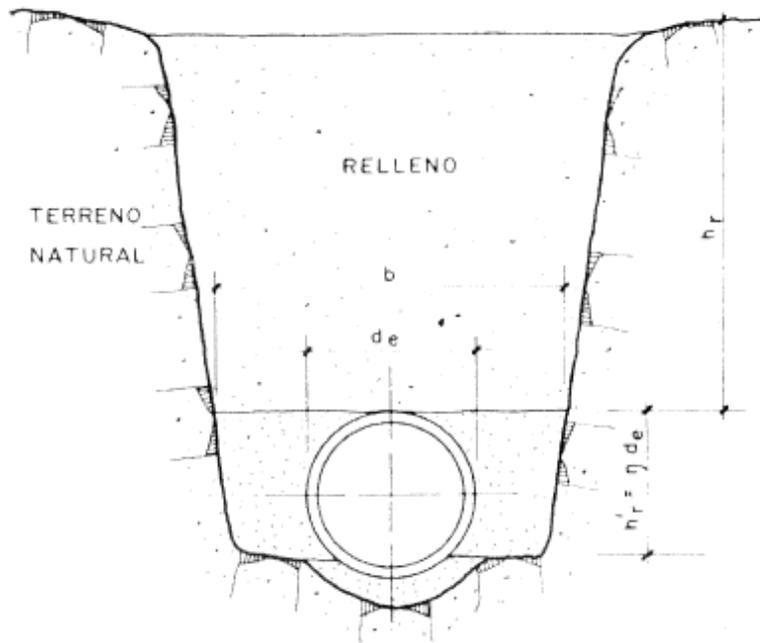
Para el cálculo de las cargas verticales que producen los rellenos, se utiliza la teoría propuesta por Marston ampliada por Schilk y Spangler. Estas teorías consideran la compactación del relleno lateral, el peso del relleno, y las fuerzas de rozamiento que se originan en el mismo, y que producen aumento o disminución del peso del relleno que gravita directamente sobre el tubo, en función del tipo de instalación.

a) Instalación en la zanja

En la instalación en zanja, el relleno y el apoyo sufren un asentamiento relativo frente al terreno primitivo, y se producen unas fuerzas de rozamiento que originan un aligeramiento del peso del relleno sobre la tubería.

Este efecto favorable disminuye a medida que aumenta la anchura de la zanja lo que obliga a calcular, también, el peso del relleno como si la tubería estuviera colocada en terraplén, y considerar como real el menor de ambos, ya que la carga para el caso de instalación en terraplén es la mayor que se puede producir para una altura de relleno determinada.

En este caso se estima que el peso del relleno es íntegramente soportado por la tubería, con el efecto favorable de su rozamiento contra los laterales de la zanja.



Esquema de la tubería colocada en zanja

Entonces:

$$q_r = C_z \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot d_e \cdot \frac{b}{d_e} = C_z \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot b \quad (\text{kN/m})$$

Con h_r en m, y donde C_z es el coeficiente de Marston para tubería colocada en zanja, vale:

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' \frac{h_r}{b}}}{2\lambda\mu' \cdot \frac{h_r}{b}}$$

Para tubos de hormigón armado o postensado con camisa de chapa, cuyo dimensionamiento se hace por cálculo, se considerará el valor de " d_e " en vez de " b ", siempre que el relleno esté adecuadamente compactado (Proctor Normal 95%).

La distribución del peso, en el plano tangente a la generatriz superior del tubo, es virtualmente uniforme y, por lo tanto, la carga que actúa sobre la tubería será la correspondiente a su proyección vertical, es decir:

$$q_r = C_z \cdot \lambda_r \cdot h_r \cdot d_e \quad (\text{kN/m})$$

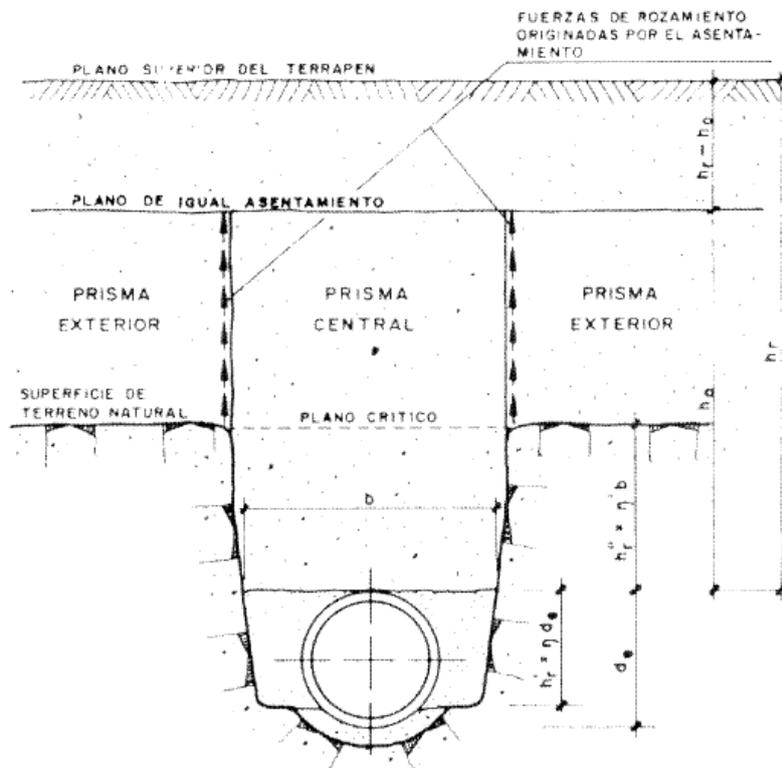
A medida que aumenta la anchura de la zanja, disminuye el efecto reductor de las paredes laterales, y como q_r es función de la anchura de la zanja, siempre es necesario comparar este valor de q_r con el que se obtendría si la tubería estuviera colocada en terraplén, y tomar el menor de

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

ambos, ya que, como se comentó anteriormente, la carga de terraplén es la mayor que se puede producir para una altura de relleno determinada.

b) Instalación en zanja terraplenada

En la instalación en zanja terraplenada, el prisma central que está limitado por los planos que contienen las paredes de la zanja, es de mayor altura que los prismas exteriores y, por tanto, estos prismas asientan menos que el prisma central, y se producen unas fuerzas de rozamiento, sobre este último, que originan un aligeramiento del peso del relleno sobre la tubería.



Al aumentar la altura del relleno, disminuye la diferencia de asentamiento que se hace nula en el llamado plano de igual asentamiento. En este tipo de instalación se denomina:

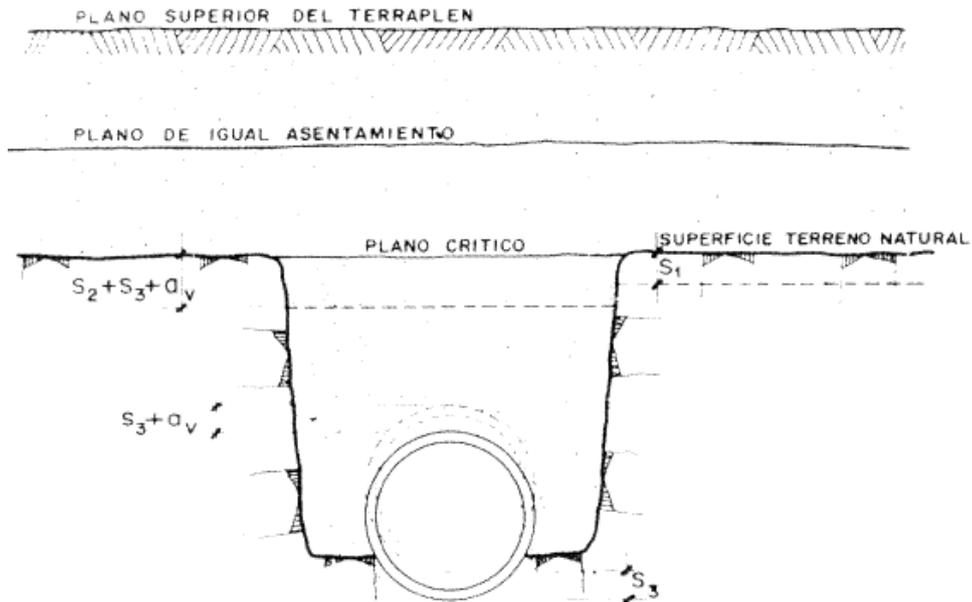
- Razón de proyección o coeficiente de proyección h' , al coeficiente cuyo numerador es la distancia de la generatriz superior del tubo al plano crítico y cuyo denominador es la anchura de la zanja al nivel de la generatriz superior:

$$\eta' = \frac{h_r''}{b}$$

- Razón de asentamiento, δ' , (fig. 3), al valor definido por la expresión:

$$\delta' = \frac{S_1 - (S_2 + S_3 + a_v)}{S_2}$$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED



Donde:

- S_1 = es el asentamiento de la superficie del terreno natural
- S_2 = es el asentamiento del relleno en la zanja, entre el nivel del terreno natural y la generatriz superior del tubo
- S_3 = es el asentamiento de la generatriz inferior del tubo
- a_v = es la deformación vertical del tubo

La carga q_r será:

$$q_r = C_{zt} \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot b \quad (kN/m)$$

o:

$$q_r = C_{zt} \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot d_e \quad (kN/m)$$

Según esté el relleno adecuadamente compactado o no.

El coeficiente de Marston C_{zt} , para tubería colocada en zanja terraplenada, vale:

Si $h_r \leq h_0$:

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \frac{h_r}{b}}}{2\lambda\mu \cdot \frac{h_r}{b}}$$

Si $h_r > h_0$:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \cdot \frac{h_0}{b}}}{2\lambda\mu \cdot \frac{h_r}{b}} + \left(1 - \frac{h_0}{b}\right) \cdot e^{-2\lambda\mu \cdot \frac{h_0}{b}}$$

El valor de h_0 se deduce de:

$$e^{-2\lambda\mu \cdot \frac{h_0}{b}} = -2\lambda\mu \cdot \frac{h_0}{b} + |\delta'\eta'| \cdot 2\lambda\mu + 1$$

donde:

$$\eta' = \frac{h_r''}{b}$$

Como valores de la razón de asentamiento, d' , se recomienda tomar los adoptados por la ASCE (American Society of Civil Engineering), que son los que a continuación se indican, en función de la razón de proyección δ' .

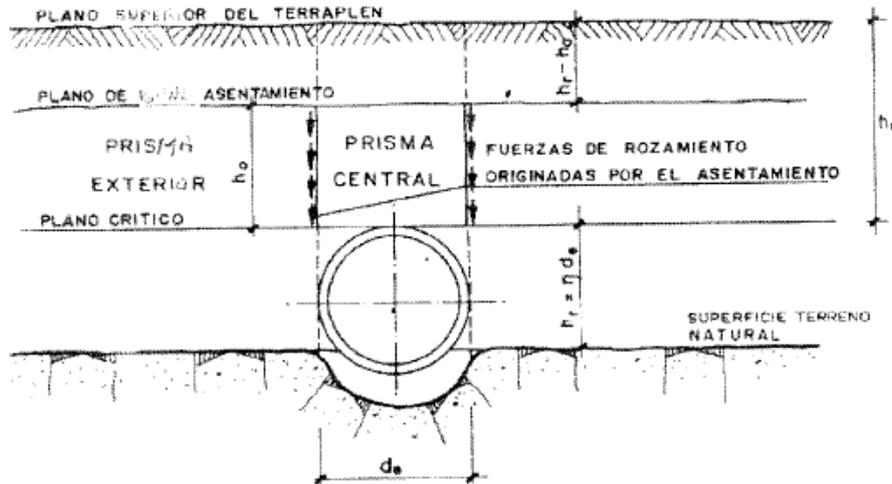
Razón de proyección η'	Razón de asentamiento δ'
0,5	-0,1
1,0	-0,3
1,5	-0,5
2,0	-1,0

Para rellenos que queden por debajo del plano de igual asentamiento, la zanja terraplenada se comporta como una zanja normal; mientras que, para rellenos superiores, la reducción de carga es menor, por no establecerse las fuerzas de rozamiento por encima del plano de igual asentamiento. Al igual que ocurre con las colocaciones en zanja, siempre hay que calcular también la carga como si se tratara de una colocación en terraplén y considerar el menor de los valores obtenidos.

c) Instalación de terraplén

En las instalaciones en terraplén, el prisma central, que está limitado por los planos verticales tangentes a la tubería, es de menor altura que los prismas exteriores, y por tanto, estos prismas asientan más que el prisma central y se producen unas fuerzas de rozamiento, sobre este último, que originan un aumento del peso del relleno sobre la tubería.

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED



Al aumentar la altura del relleno, disminuye la diferencia de asentamiento, que se hace nula en el plano de igual asentamiento.

$$q_r = C_t \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot d_e \text{ (kN/m)}$$

El coeficiente de Marston, C_t , para tubería colocada en terraplén, vale:

Si $h_r \leq h_0$:

$$C_t = \frac{e^{2\lambda\mu \cdot \frac{h_r}{d_e}} - 1}{2\lambda\mu \cdot \frac{h_r}{d_e}}$$

Si $h_r > h_0$:

$$C_t = \frac{e^{2\lambda\mu \cdot \frac{h_0}{d_e}} - 1}{2\lambda\mu \cdot \frac{h_r}{d_e}} + \left(1 - \frac{h_0}{h_r}\right) e^{2\lambda\mu \cdot \frac{h_0}{d_e}}$$

El valor de h_0 se deduce de:

$$e^{2\lambda\mu \cdot \frac{h_0}{d_e}} = 2\lambda\mu \cdot \frac{h_0}{d_e} + \delta\eta 2\lambda\mu + 1$$

donde:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

$$\eta = \frac{h_r'}{d_e}$$

Como valores de la razón de asentamiento, d , se recomienda tomar los adoptados por la ASCE (American Society of Civil Engineering), que son los que a continuación se indican en función del tipo de suelo.

Tipo de suelo	Razón de asentamiento δ	
	Valor usual	Valor de diseño
Roca o suelo no asentable	1,0	1,0
Suelo ordinario	0,5 a 0,8	0,5
Suelo asentable	0,0 a 0,5	0,3

Cargas concentradas

a) Cargas concentradas, sin efecto de impacto

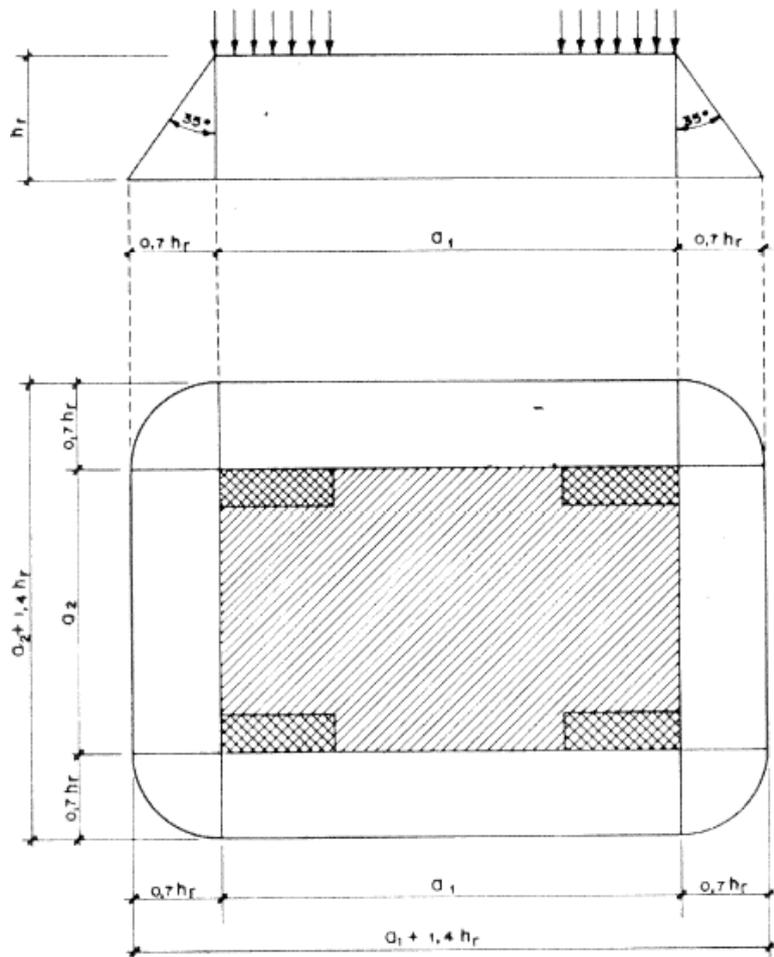
Se admite que una carga concentrada Q , aplicada en la superficie del terreno, se transmite uniformemente en profundidad, en el interior de un tronco de pirámide, de igual pendiente, cuyas aristas están redondeadas y cuyas caras laterales forman un ángulo de 35° con la vertical.

El valor de la carga q_0 , que actúa sobre el plano tangente a la generatriz superior del tubo, y que depende del tipo de colocación de la tubería, zanja o terraplén, en la práctica se considera admisible utilizar las expresiones correspondientes al caso de terraplén.

$$q_0 = q_Q \cdot d_e \text{ (kN/m); siendo } q_Q = \frac{Q}{A_r} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

y donde:

- q_0 = carga estática, en kN/m
- Q = carga concentrada, en kN
- A_r = área de reparto, en m^2 , a una profundidad de h_r , de la carga Q aplicada en la superficie del terraplén, según un rectángulo de dimensiones a_1 y a_2 , en mm.



Superficie de reparto a la profundidad h_r

Esta área viene dada por la expresión:

$$A_r = 1,54 \cdot h_r^2 + 1,4 \cdot h_r (a_1 + a_2) + a_1 \cdot a_2 \text{ (m}^2\text{)}$$

- d_e = diámetro exterior del tubo, en m
- h_r = profundidad del plano de reparto, en m

Esto presupone la existencia de una h_r mínima, para que la anchura de la zona de reparto a esa profundidad sea mayor o igual que el diámetro exterior del tubo, es decir, que dicho diámetro no sea mayor que la sección transversal de la superficie de reparto a la profundidad h_r . De no cumplirse esta condición será preciso utilizar la sección transversal en lugar del diámetro exterior. Con lo que la altura límite a la que se interfieren las superficies de reparto es:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

$$h_{r\ lim} = \frac{e_1 - a_1}{2 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ}$$

siendo:

- $h_{r\ lim}$ = profundidad h_r a la que se interfieren varias cargas concentradas, próximas entre si
- e_1 = distancia entre ejes de dos ruedas, en m
- a_1 = ancho de la huella de la rueda, en m

Cuando actúan varias cargas concentradas, próximas entre sí, cuyas superficies de reparto a la profundidad h_r se interfieren, la cohesión de los rellenos permite, en general, considerarlas como una carga única cuya superficie de aplicación, al nivel del suelo es la envolvente de la superficie de reparto de las distintas cargas.

b) Cargas concentradas con efecto de impacto

En este caso, los valores obtenidos para q_0 , han de mayorarse por un coeficiente de impacto igual a:

Para el tráfico carretero:

$$C_i = 1 + 0,3/h_r$$

Para el tráfico ferroviario:

$$C_i = 1,4 - 0,1 (h_r - 0,5) \geq 1,0 \text{ (según UIC)}$$

$$C_i = 1 + \frac{0,33v}{100} - 0,1 \cdot (h_r - 0,5) \geq 1,0 \text{ (según RENFE)}$$

Donde:

- h_r = altura de relleno de las tierras, en m.
- v = velocidad en km/h con un valor máximo de 200 km/h

Para altura de relleno de tierras igual o superior a tres metros, $C_i = 1$.

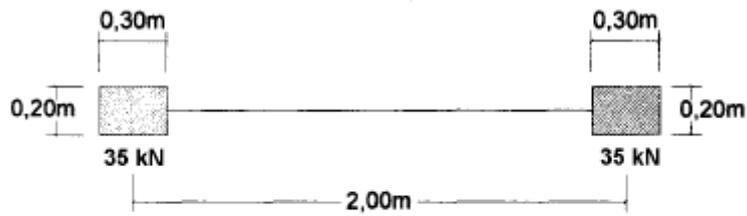
Cargas producidas por el tráfico carretero

Aplicación a algunos casos de cargas:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

- Eje de 70 kN
- Eje de 130 kN
- Vehículo de 600 kN

Los esquemas de cargas de cada uno de estos casos se indican a continuación:



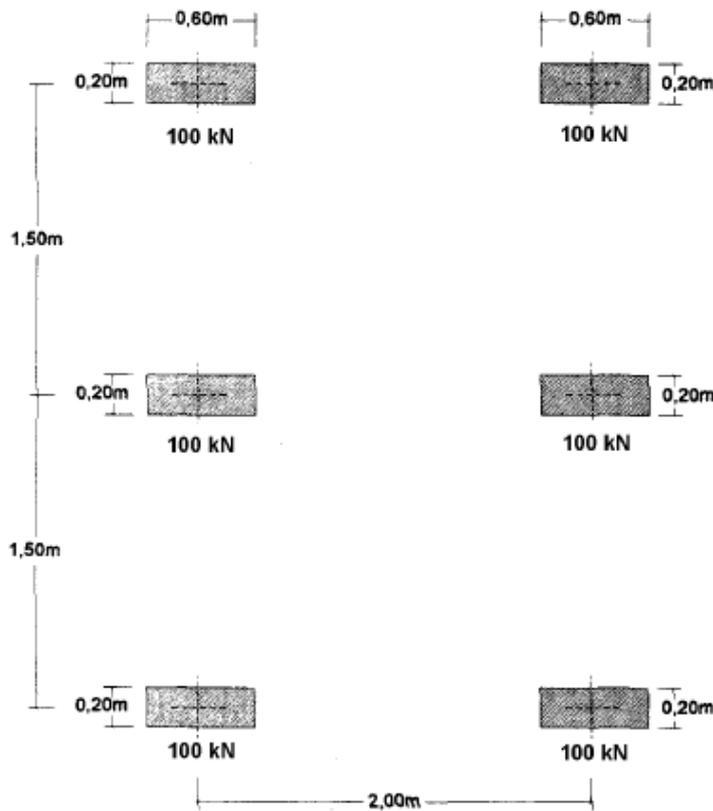
. Eje de 70 kN. Esquema de cargas.



Eje de 130 kN. Esquema de cargas.

Vehículo de 600 kN (vehículo de tres ejes de la Instrucción de puentes de carreteras):

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED



Vehículo de 600 kN. Esquema de cargas.

Las expresiones que dan, en estos casos, los valores de la presión vertical q_0 a la profundidad h_r , obtenidos considerando el caso de terraplén, y sin tener en cuenta el impacto, son las siguientes:

- Eje de 70 kN

$$h_{rim} = \frac{e_1 - a_2}{2 \cdot \text{tg } 35^\circ} = \frac{2 - 0,3}{1,4} = 1,21 \text{ m}$$

Para $h_r \leq 1,21 \text{ m}$:

$$q_0 = \frac{35}{1,54 \cdot h_r^2 + 0,7 \cdot h_r + 0,06} \text{ kN/m}^2$$

Para $h_r > 1,21 \text{ m}$:

$$q_0 = \frac{70}{1,54 \cdot h_r^2 + 3,5 \cdot h_r + 0,46} \text{ kN/m}^2$$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

- Eje de 130 kN

$$h_{rim} = \frac{e_1 - a_2}{2 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ} = \frac{2 - 0,6}{1,4} = 1,00 \text{ m}$$

Para $h_r \leq 1,00$ m:

$$q_\varnothing = \frac{65}{1,54 \cdot h_r^2 + 1,12 \cdot h_r + 0,12} \text{ kN/m}^2$$

Para $h_r > 1,00$ m:

$$q_\varnothing = \frac{130}{1,54 \cdot h_r^2 + 3,92 \cdot h_r + 0,52} \text{ kN/m}^2$$

- Vehículo de 600 kN (vehículo de tres ejes de la Instrucción de puentes de carreteras):

$$h_{rim} = \frac{e_2 - a_1}{2 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ} = \frac{1,5 - 0,2}{1,4} = 0,93 \text{ m}$$

siendo:

- e_2 = distancia entre ejes, en m
- a_2 = ancho de la rueda, en m

y

$$h_{rim} = \frac{e_1 - a_2}{2 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ} = \frac{2 - 0,6}{1,4} = 1,00 \text{ m}$$

Para $h_r \leq 0,93$ m:

$$q_\varnothing = \frac{100}{1,54 \cdot h_r^2 + 1,12 \cdot h_r + 0,12} \text{ kN/m}^2$$

Para $0,93 < h_r \leq 1,00$ m:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

$$q_0 = \frac{300}{1,54 \cdot h_r^2 + 5,32 \cdot h_r + 1,92} \text{ kN/m}^2$$

Para $h_r > 1,00$ m:

$$q_0 = \frac{600}{1,54 \cdot h_r^2 + 8,12 \cdot h_r + 8,32} \text{ kN/m}^2$$

Empuje lateral

La expresión del empuje lateral es:

$$q_\beta = \lambda \cdot \gamma_r \left[h_s + \frac{d_e}{2} (1 - \cos \beta) \right] \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

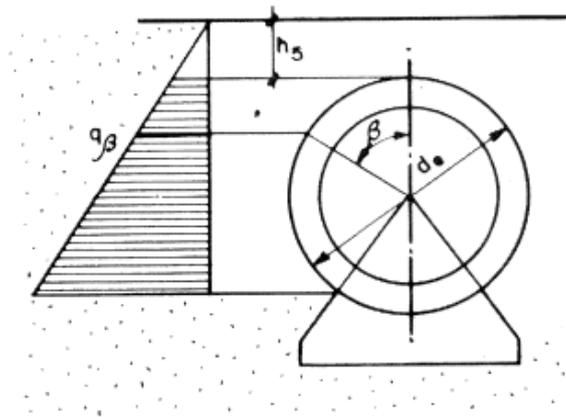


fig.-2 Empuje lateral

Según se encuentre la tubería en zanja o terraplén, la expresión de la altura de tierras equivalente, h_s , es:

a) En zanja:

$$h_s = C_z \cdot h_r + \frac{q_0}{\gamma_r \cdot d_e} \text{ (m)}$$

b) En terraplén:

$$h_s = h_r + \frac{q_0}{\gamma_r \cdot d_e} \text{ (m)}$$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

A efectos prácticos de determinación de esfuerzos transversales, se denomina q_5 al producto: $\lambda \cdot \gamma_r \cdot \delta_r \cdot d_e$ en kN/m^2 .

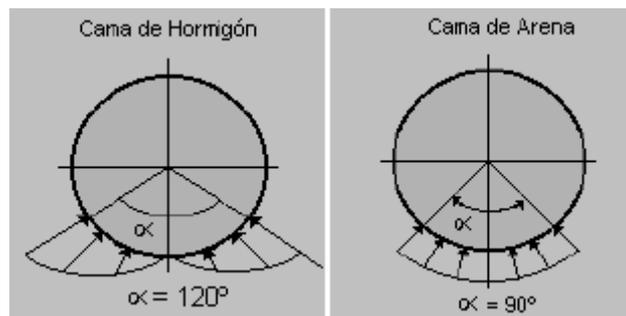
Presión interna

Se considera como presión interna la presión de diseño (DP), la presión máxima de trabajo (MDP), o la presión de prueba en zanja (STP) en función de la hipótesis de cálculo considerada.

- **Determinación de esfuerzos transversales**

Como esquema estructural, se asimila la sección transversal del tubo a un arco elástico. Se considera media sección transversal del tubo, supuesta empotrada en la base y con empotramiento deslizando en la clave.

Los esfuerzos transversales producidos por cada una de las acciones que actúan sobre el tubo se obtienen por superposición de dos estados: el de esa acción y el de su reacción sobre el apoyo.



Para la obtención de los esfuerzos en clave, riñones y solera debidos a las acciones ovalizantes, se incluyen a continuación los cuadros I y II que permiten obtener los momentos flectores y los esfuerzos axiales en función del tipo de apoyo y de la relación espesor/diámetro interior.

La presión interna produce un esfuerzo axial de tracción. Para el cálculo de dicho esfuerzo, se admite, como simplificación, utilizar la expresión correspondiente a los tubos de pared delgada.

$$N = 0,5 \cdot MPD \cdot d_i \quad (N / mm)$$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

CUADRO I
Momentos flectores transversales

k = d _e / d _m		PESO PROPIO M ₁ = k ₁ q ₁ d _m	PESO DEL FLUIDO M ₂ = k ₂ q ₂ d _m	CARGAS VERTICALES		EMPUJE LATERAL M ₅ = k ₅ q ₅ d _m
				Cargas de tímpanos	Cargas sobre clave	
				M ₃ = k ₃ q ₃ d _m	M ₄ = k ₄ q ₄ d _m	
		k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₅
Apoyo Granular α = 90°	Clave	0,03151	0,03151	- 0,02934 k + 0,06453	- 0,04069 k + 0,10727	h ₅ (- 0,11490 + 0,05369 k) + d _e (+ 0,01275 k - 0,03764)
	Riñones	- 0,03662	- 0,03662	0,06323 k - 0,11759	0,03125 k - 0,09912	h ₅ (+ 0,11364 - 0,05255 k) + d _e (- 0,02214 k + 0,05213)
	Base	0,04169	0,04169	- 0,03836 k + 0,09671	- 0,02179 k + 0,09092	h ₅ (- 0,08459 + 0,02870 k) + d _e (+ 0,00978 k - 0,04024)
Apoyo de Hormigón α = 120°	Clave	0,01551	0,01551	- 0,02934 k + 0,04853	- 0,04069 k + 0,09127	h ₅ (- 0,10496 + 0,04707 k) + d _e (+ 0,00743 k - 0,02967)
	Riñones	- 0,01777	- 0,01777	0,06323 k - 0,09874	0,03125 k - 0,08027	h ₅ (+ 0,10056 - 0,04347 k) + d _e (- 0,01486 k + 0,04167)
	Base	- 0,01143	- 0,01143	- 0,03836 k + 0,04359	- 0,02179 k + 0,03780	h ₅ (- 0,06892 + 0,02224 k) + d _e (+ 0,00453 k - 0,02762)

M = M₁ + M₂ + M₃ + M₄ + M₅ ; q₄ = q_r + C_i q₀ ; q₅ = λ · γ_r · d_e
M positivo produce tracciones en la fibra interior. Las unidades son: m y kN

CUADRO II
Esfuerzos axiles transversales

k = d _e / d _m		PESO PROPIO N ₁ = k ₁ q ₁	PESO DEL FLUIDO N ₂ = k ₂ q ₂	CARGAS VERTICALES		EMPUJE LATERAL N ₆ = k ₆ q ₆
				Cargas de tímpanos	Cargas sobre clave	
				N ₃ = k ₃ q ₃	N ₄ = k ₄ q ₄	
		k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₅
Apoyo Granular α = 90°	Clave	0,04542	0,20458	0,20316 k - 0,13573	0,10610 k - 0,08720	h ₅ (- 0,45709 - 0,03751 k) + d _e (+ 0,02812 k - 0,17954)
	Riñones	- 0,25000	0,06830	- 0,50000	- 0,50000	0
	Base	- 0,25252	0,22493	- 0,20316 k - 0,07137	- 0,10610 k - 0,11990	h ₅ (- 0,39646 + 0,03751 k) + d _e (- 0,02812 k - 0,18470)
Apoyo de Hormigón α = 120°	Clave	- 0,02427	0,13488	0,20316 k - 0,20543	0,10610 k - 0,15690	h ₅ (- 0,41104 - 0,06892 k) + d _e (+ 0,00290 k - 0,14267)
	Riñones	- 0,25000	0,06830	- 0,50000	- 0,50000	0
	Base	- 0,39647	0,08098	- 0,20316 k - 0,21532	- 0,10610 k - 0,26385	h ₅ (- 0,33896 + 0,06892 k) + d _e (- 0,00290 k - 0,13858)

N = N_{ov} + N₆ Donde: N_{ov} = N₁ + N₂ + N₃ + N₄ + N₅ ; N₆ = 0,5 · P_t · d_i ; q₄ = q_r + C_i q₀ ; q₅ = λ · γ_r · d_e
N positivo produce tracciones. Las unidades son: m y kN, excepto en el caso de P_t que se da en MPa.

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

7 TUBERÍAS DE HPCC – DIMENSIONAMIENTO DE LOS TUBOS

Para el dimensionamiento de la tubería de hormigón postesado, se utilizan las fórmulas de Lamé, que asimilan el tubo postesado a tres capas cilíndricas, coaxiales y adherentes (núcleo homogeneizado, espiras de pretensado y revestimiento) estudiando las tensiones en el hormigón y en el acero de pretensar en cada una de las siguientes condiciones:

- Presión de diseño (DP) + cargas fijas: el núcleo estará sometido a una compresión igual o superior a 0,5 MPa.
- Presión máxima de diseño (MDP) + 0,1 MPa + cargas fijas: la tensión en el núcleo no excederá de

$$f_{ct,k} = 0,21 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

- Presión de diseño (DP) + cargas fijas + cargas móviles: no existirá tracciones en el núcleo.
- Presión máxima de diseño (MDP): el núcleo estará sometido a una compresión igual o superior a 0,5 MPa.
- Presión de prueba en fábrica (PP): el núcleo estará sometido a una compresión igual o superior a 0,5 MPa.
- Presión de prueba de red + cargas fijas de 1 metro de tierra sobre clave: el núcleo estará sometido a una compresión igual o superior a 0,5 MPa.
- Cargas fijas + cargas móviles, sin presión: el núcleo estará sometido a una compresión igual o superior a 0,5 MPa.

Además, los tubos postesados se dimensionan para que, en cualquiera de sus secciones, se cumplan, una vez que han tenido lugar todas la pérdidas, las condiciones siguientes:

- La tensión en el alambre de pretensar no supere su tensión de zunchado.
- El hormigón del revestimiento no esté sometido a una tracción superior a la máxima admisible, $f_{ct,k}$.

En el proceso de zunchado del núcleo se tendrán en cuenta, además, las condiciones siguientes:

- Que durante el zunchado, la tensión del alambre no supere el 0,80 $f_{max,k}$
- Que inmediatamente después de terminado el zunchado, la fuerza de tesado proporcione alas armaduras activas una tensión no mayor que 0,75 $f_{max,k}$
- Que la compresión del hormigón del primario no supere el 0,55 de la resistencia característica a compresión del hormigón en ese momento.
- Que en la chapa no se supere el 0,80 f_{yk}

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

- Que la tracción longitudinal transitoria, producida durante el postesado transversal, y que no es absorbida por la resistencia admisible del hormigón del núcleo, lo sea mediante la chapa.

En el estado final de postesado, y a efectos de cálculo, se cumplirá, además:

- Que el valor característico final de postesado adoptado (el obtenido una vez deducidas todas las pérdidas) no sea superior al que corresponde a una tensión en las armaduras activas igual a $0,60 f_{max,k}$
- Que la compresión del hormigón no supere el 60% de f_{ck} después de pérdidas, sin presión interior y con carga de tierras.

En este proceso de cálculo se parte de una sección prefijada de alambre de postesado y de unas características geométricas y materiales del tubo, que con las correspondientes sollicitaciones de ovalización y de pretensado, permiten obtener su presión máxima de trabajo.

Coefficientes de equivalencia:

$$n_i = \frac{E_s}{E_{ci}} \quad ; \quad n = \frac{E_s}{E_c} \quad ; \quad n_1 = \frac{E_s}{E_r} \quad ; \quad n_2 = \frac{E_r}{E_c}$$

Coefficientes de Lamé:

$$A = \frac{2r^2}{r_{co}^2 - r^2} \quad ; \quad B = A + 1 \quad ; \quad C = A + 2$$

$$A_r = \frac{2r_{co}^2}{r_{ro}^2 - r_{co}^2} \quad ; \quad B_r = A_r + 1 \quad ; \quad B_s = \frac{r_c}{\omega}$$

$$k = \frac{B}{B_r}$$

$$D = n_2 \cdot B(B_s + n_1 \cdot B_r) + B_r \cdot B_s$$

Características geométricas:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

$$s_{ro} = (r_c - r) + (n - 1) \cdot s_{ch} + (n - n_2) \cdot \omega + n_2(r_r - r_c)$$

$$y_e = r_c - r - y_i$$

$$y_i = \frac{(r_c - r)^2}{2s_{ro}} + \frac{(n - 1) \cdot s_{ch}(r_{ch} - r)}{s_{ro}} + \frac{(n - n_2) \cdot \omega (r_c - r)}{s_{ro}} + \frac{n_2(r_r - r_c)(r_r + r_c - 2r)}{2s_{ro}}$$

$$y_r = r_r - r_c + y_e$$

$$I_0 = \frac{1}{12}(r_c - r)^3 + (r_c - r)\left(y_i - \frac{r_c - r}{2}\right)^2 +$$

$$+ (n - 1)s_{ch}(r + y_i - r_{ch})^2 + (n - n_2)\omega y_e^2 +$$

$$+ \frac{1}{12}n_2(r_r - r_c)^3 + n_2(r_r - r_c)\left(\frac{r_r - r_c}{2} + y_e\right)^2$$

$$r_{co} = r_c + (n - 1)s_{ch}$$

$$r_{ro} = r_r + (n - 1)s_{ch}$$

Características de los materiales:

Como valores orientativos se pueden considerar los siguientes:

- Resistencias características a compresión y módulos de elasticidad, del hormigón del núcleo y del revestimiento.

$f_{ck}(\text{núcleo})$	=	45 N/mm ²
E_{ci}	=	30.000 N/mm ²
E_c	=	40.000 N/mm ²
$f_{ck}(\text{revest})$	=	35 N/mm ²
E_r	=	35.000 N/mm ²

- Tensión de rotura o tracción y módulo de elasticidad, del alambre de acero:

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

$$f_{\max,k} = 1.800 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$$

- Relajación final de los alambres de acero, a mil horas, al ser tesados al 70% de la carga de rotura, a 20°C:

$$\alpha = 2 \%$$

- Límite elástico característico y módulo de elasticidad, de la chapa:

$$f_{yk} = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

- Deformación por retracción, del hormigón del núcleo y del revestimiento:

$$\epsilon_c = -0,0002$$

$$\epsilon_r = -0,0003$$

- Coeficientes de fluencia del hormigón del núcleo y del revestimiento:

$$\varphi_c = 1,50$$

$$\varphi_r = 0,75$$

Postensado transversal:

Tensiones producidas inmediatamente después del zunchado:

$$\Delta'\sigma_s = \frac{n_i \cdot \sigma_s \cdot r_c + r}{4 \cdot B_s \cdot r_c - r}$$

$$\sigma'_s = \sigma_s - \Delta'\sigma_s$$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

$$\sigma'_{ci} = -\frac{C \cdot \omega \cdot \sigma'_s}{r_c}$$

$$\sigma'_{ce} = -\frac{B \cdot \omega \cdot \sigma'_s}{r_c}$$

Tensiones finales debidas al postensado:

$$\Delta'_0 \sigma_s = \frac{\alpha}{100} \sigma_s$$

$$\sigma''_s = \sigma'_s - \Delta'_0 \sigma_s$$

$$\Delta''' \sigma_s = 2 \frac{n \varphi_c \omega B \sigma''_s (1 + \varphi_r) - E_s \varepsilon_c (1 + \varphi_r) r_c - E_s \varepsilon_r n_2 k r_c}{2 r_c (1 + \varphi_r + n_2 k) + n \cdot \omega B (1 + \varphi_r) (2 + \varphi_c)}$$

$$t_1 = \frac{E_s \cdot \varepsilon_r + \Delta''' \sigma_s}{n_1 \cdot B_r (1 + \varphi_r)}$$

$$\Delta'' \sigma_s = \Delta''_0 \sigma_s \left(1 - 2 \frac{\Delta''' \sigma_s}{\sigma_s} \right)$$

$$\sigma'''_s = \sigma_s - (\Delta' \sigma_s + \Delta'' \sigma_s + \Delta''' \sigma_s) \geq 0,6 f_{max,k}$$

$$\sigma'''_{ci} = -C \left(\frac{\omega \cdot \sigma'''_s}{r_c} - t_1 \right)$$

$$\sigma'''_{ce} = -B \left(\frac{\omega \cdot \sigma'''_s}{r_c} - t_1 \right)$$

$$\sigma'''_{ri} = -t_1 \cdot B_r$$

$$\sigma'''_{re} = -t_1 \cdot A_r$$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

Tensiones producidas por los esfuerzos de ovalización:

$$\sigma_{s,ov} = \frac{n \cdot N_{ov}}{S_{ro}} - \frac{n \cdot M \cdot y_e}{I_0}, \text{ en } N/mm^2$$

$$\sigma_{ci,ov} = \frac{N_{ov}}{S_{ro}} + \frac{M \cdot y_i}{I_0}, \text{ en } N/mm^2$$

$$\sigma_{ce,ov} = \frac{N_{ov}}{S_{ro}} - \frac{M \cdot y_e}{I_0}, \text{ en } N/mm^2$$

$$\sigma_{ri,ov} = \frac{n_2 \cdot N_{ov}}{S_{ro}} - \frac{n_2 \cdot M \cdot y_e}{I_0}, \text{ en } N/mm^2$$

$$\sigma_{re,ov} = \frac{n_2 \cdot N_{ov}}{S_{ro}} - \frac{n^2 \cdot M \cdot y_r}{I_0}, \text{ en } N/mm^2$$

Tensiones producidas por la presión máxima de trabajo (MDP en MPa)

$$\sigma_{s,p} = \frac{B_s \cdot n_2 \cdot A}{D} \cdot n_1 \cdot B_r \cdot MDP \quad \text{en } N/mm^2$$

$$\sigma_{ci,p} = B \cdot P_t - \frac{C \cdot n_2 \cdot A}{D} \cdot (B_s + n_1 \cdot B_r) \cdot MDP \quad \text{en } N/mm^2$$

$$\sigma_{ce,p} = A \cdot P_t - \frac{B \cdot n_2 \cdot A}{D} \cdot (B_s + n_1 \cdot B_r) \cdot MDP \quad \text{en } N/mm^2$$

$$\sigma_{ri,p} = \frac{B_r \cdot n_2 \cdot A}{D} \cdot B_s \cdot MDP \quad \text{en } N/mm^2$$

$$\sigma_{re,p} = \frac{A_r \cdot n_2 \cdot A}{D} \cdot B_s \cdot MDP \quad \text{en } N/mm^2$$

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

Tensiones en la hipótesis pésima de carga.

Tanto para las secciones de máximo momento positivo como para las de máximo momento negativo, se obtendrán las siguientes tensiones.

$$\sigma_{s.t} = \sigma_s^m + \sigma_{s.ov} + \sigma_{s.p}$$

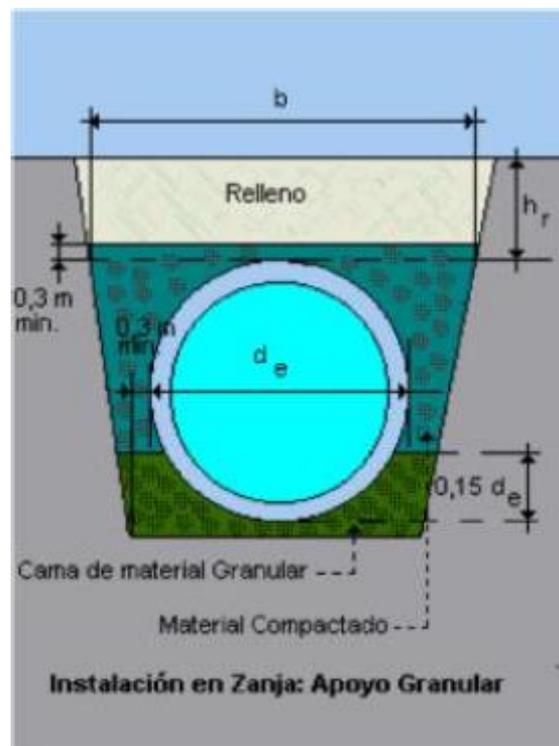
$$\sigma_{ce.t} = \sigma_{ce}^m + \sigma_{ce.ov} + \sigma_{ce.p}$$

$$\sigma_{ci.t} = \sigma_{ci}^m + \sigma_{ci.ov} + \sigma_{ci.p}$$

$$\sigma_{ri.t} = \sigma_{ri}^m + \sigma_{ri.ov} + \sigma_{ri.p}$$

$$\sigma_{re.t} = \sigma_{re}^m + \sigma_{re.ov} + \sigma_{re.p}$$

Para el caso concreto de los tubos para el Proyecto CR M.I. Porma II-III (León), se han adoptado las siguientes hipótesis de cálculo:



Método de Cálculo: Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado de septiembre del 2007.

ANEJO 07.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA RED

- Tipo de colocación:
 - o Todos los diámetros: zanja con relleno compactado
- Apoyo mínimo Granular a 90°
- Sobrecarga de tráfico correspondiente al eje de 13 t
- Condiciones prueba en zanja:
 - o Presión prueba en zanja (STP) = MDP + 1 atm.
 - o Altura de relleno: 1 a 3 m

NOTA: Anchos menores de zanja de los especificados en el cálculo están del lado de la seguridad.

Casos considerados:

Ø (mm)	DP (atm)	MDP (atm)	STP (atm)	Tráfico	Zanja	HT (m)
1600	4	4	5	Eje de 13 t	Compactado	1 < HT < 3

- DP: Presión máxima de funcionamiento en régimen permanente, pero excluyendo el golpe de ariete.
- MDP: Presión máxima de funcionamiento en régimen permanente incluyendo el golpe de ariete.
- STP: Presión de prueba en zanja.

Las condiciones de los materiales aparecen en los listados de cálculo y son las siguientes:

- **HORMIGÓN:**
 - o Núcleo:
 - Resistencia característica a compresión: 45 N/mm²
 - Tipo de cemento: I 42,5 R/SR ó I 52,5 N/SR
 - o Revestido:
 - Resistencia característica a compresión: 35 N/mm²
 - Tipo de cemento: I 42,5 R/SR
- **ACERO DE PRETENSAR:**
 - o Tensión de rotura: 1.800 N/mm²
- **ACERO EN CHAPA Y PLETINAS**
 - o Calidad: S 235 JR o similar
 - o Espesor de la camisa de chapa: 1,5 mm

CUADRO DE CARACTERISTICAS Y LISTADOS DE CALCULO

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS

	CUADRO DE CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA	Revisión 0
	Impreso 82P-04-9. (Edición 1)	Fecha 17/06/20
	PREFABRICADOS DELTA	Hoja 1 de 1

OBRA: PROYECTO MODERNIZACIÓN REGADÍO C.R. MARGEN IZQUIERDA PORMA II Y III
CLIENTE:

TIPO DE TUBERIA: HORMIGÓN POSTESADO CON CAMISA DE CHAPA Y JUNTA ELÁSTICA

HIPOTESIS
<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de colocación: ZANJA, RELLENO COMPACTADO - Tipo de apoyo: GRANULAR 90° - Altura MÁXIMA de tierras sobre la generatriz superior del tubo. 3 M. - Sobrecarga de tráfico. EJE DE 13 TON. - Otras Hipótesis: -

DIAMETRO (mm)	MDP (atm)	HT S/GENER (m)	ESPESOR (mm)	REC. INTERIOR (mm)	REC. EXTERIOR (mm)	ESPESOR CHAPA (mm)	ARMADURA EXTER
1600	4	$1 \leq Ht \leq 3$	130	100	30	1,5	35 f 5

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES	
Chapa	Calidad S 235 JR
Acero de pretensar	Tensión de rotura = 18000 Kp/cm ²
Hormigón	Resistencia característica a compresión Hormigón del Núcleo: 450 Kp/cm ² Hormigón del revestimiento: 350 Kp/cm ²
	Tipo de cemento Hormigón del Núcleo: I 42.5 R / SR Hormigón del revestimiento: I 42.5 R / SR

LISTADOS DE CÁLCULO

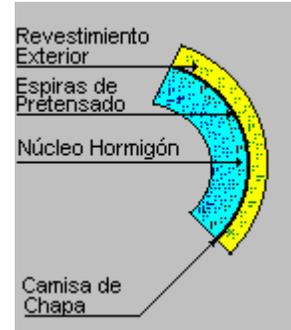
Cliente:

FECHA: 17/06/2020 10:43:51

TIPO DE TUBO : hormigón postesado con camisa revestida

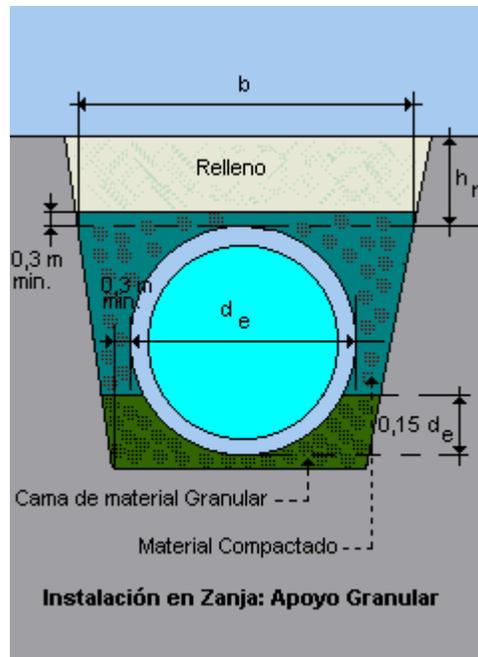
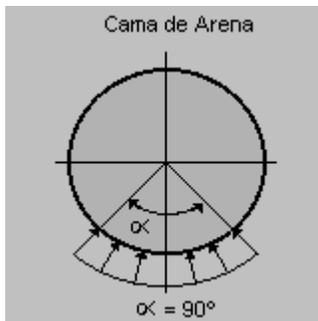
CARACTERISTICAS DEL TUBO

Diámetro interior : 1600 mm
 Espesor : 130 mm
 Recubrimiento interior : 100 mm
 Recubrimiento exterior : 30 mm
 Densidad del material del tubo : 2,500 t/m3



DATOS DEL RELLENO Y DE LA COLOCACION

Tipo de cuna : Granular 90°
 Tipo de colocación : Zanja, relleno compactado



Instalación en Zanja: Apoyo Granular

DATOS DEL RELLENO Y DE LA COLOCACION (CONTINUACION)

Densidad del relleno : 1,900 t/m³
 Angulo de rozamiento interno del relleno : 30°
 Ancho de la zanja (b): 3,284 m
 Tipo de relleno : Cohesivo, Arena Arcillosa (0,150)

DATOS DE LAS HIPOTESIS DE CALCULO

Carga : Eje de 13 Toneladas
 Coeficiente de impacto : 1,30

Tierr HR	Carg de tierras (zanja)	Carg de tierras (terraplén)	Carg de tierras (adoptada)	Cargas móviles	Carga vertical total					
M	T/m ²	T/m	T/m ²	T/m	T/m ²	T/m	T/m ²	T/m	T/m ²	T/m
1,00	1,8	3,4	2,1	3,9	1,8	3,4	0,0	0,0	1,8	3,4
1,00	1,8	3,4	2,1	3,9	1,8	3,4	2,8	5,3	4,6	8,6
3,00	5,0	9,3	7,9	14,6	5,0	9,3	0,5	0,9	5,5	10,2

CARACTERISTICAS DE POSTESADO

RADIO INTERIOR	800,0 mm
ESPESOR DEL PRIMARIO	100,0 mm
RECUBRIMIENTO INTERIOR DE LA CAMISA	100,0 mm
ESPESOR DE LA CAMISA	1,50 mm
MODULO DE ELASTICIDAD ACERO CAMISA	2100000 kp/cm2
ESPESOR DEL REVESTIMIENTO	30,0 mm
FCK PRIMARIO AL ZUNCHAR	400 kp/cm2
FCK PRIMARIO FINAL	450 kp/cm2
FCT,K PRIMARIO FINAL	27 kp/cm2
FCK REVESTIMIENTO	350 kp/cm2
FCT,K REVESTIMIENTO	22,45 kp/cm2
COEFICIENTE DE FLUENCIA PRIMARIO	1,50
COEFICIENTE DE FLUENCIA REVESTIMIENTO	0,75
COEFICIENTE RETRACCION PRIMARIO	0,00020
COEFICIENTE RETRACCION REVESTIMIENTO	0,00030
TENSION DE ROTURA DEL ACERO DE POSTESAR	18000 kp/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD ACERO DE POSTESAR	2000000 kp/cm2
RELAJACION FINAL	2,00 %
TENSION DE TESADO	13500,00 kp/cm2

HR= 1,000 m

di (mm)	de (mm)	GAMMAH (t/m3)	GAMMAT (t/m3)	LAMBDA	Q (t/m2)	CUNA
1600	1860	2,500	1,900	0,333	4,642	Granular 90°

HIPOTESIS Peso propio

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,096	0,080
RIÑONES	-0,112	-0,442
SOLERA	0,127	-0,446

HIPOTESIS Peso del fluido

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,110	0,411
RIÑONES	-0,127	0,137
SOLERA	0,145	0,452

HIPOTESIS Carga 1 metro de Tierras(total)

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,209	-0,738
RIÑONES	-0,225	-2,041
SOLERA	0,245	-1,866

HIPOTESIS Esfuerzos por Carga vertical pura por tierras

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,371	0,091
RIÑONES	-0,383	-1,689
SOLERA	0,394	-0,790

HR= 1,000 m

HIPOTESIS Carga Móvil

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,578	0,141
RIÑONES	-0,596	-2,628
SOLERA	0,614	-1,230

HIPOTESIS Empuje lateral con carga móvil

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	-0,375	-1,759
RIÑONES	0,392	0,000
SOLERA	-0,380	-1,496

HIPOTESIS Empuje Lateral sin carga móvil

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	-0,202	-0,887
RIÑONES	0,219	0,000
SOLERA	-0,217	-0,872

HIPOTESIS Carga de tímpanos

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,040	0,058
RIÑONES	-0,061	-0,353
SOLERA	0,068	-0,204

HR= 1,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 6,80 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 31

HIPOTESIS DE CALCULO: 1.- DP + CARGAS FIJAS**PERDIDAS DE POSTESADO**

ACORTAMIENTO ELASTICO	213,81 kp/cm ²
RELAJACION	234,77 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	880,68 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-81,01 kp/cm ²
EXTERIOR	-72,02 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-57,62 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-51,23 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-28,06 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-27,15 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	415,22	-463,99	517,11
N kp/cm	-2,46	-23,46	-18,60

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	14,44	-18,04	16,85
EXTERIOR PRIMARIO	-7,46	6,43	-10,42
INTERIOR REVESTIMIENTO	-6,96	6,00	-9,72
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-13,09	12,85	-17,35
ACERO DE POSTESADO	-42,70	37,55	-59,20

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	25,31	-43,18	-75,66	-40,77
EXTERIOR PRIMARIO	22,06	-58,69	-44,79	-61,65
INTERIOR REVESTIMIENTO	20,57	-35,02	-22,06	-37,78
EXTERIOR REVESTIMIENTO	19,90	-40,23	-14,30	-44,50
ACERO DE POSTESADO	117,60	10757,30	10837,55	10740,80

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-17,87	-50,35	-15,46
EXTERIOR PRIMARIO	-36,63	-22,74	-39,59
INTERIOR REVESTIMIENTO	-14,45	-1,49	-17,21
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-20,33	5,60	-24,59
ACERO DE POSTESADO	10874,90	10955,15	10858,39

HR= 1,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 6,80 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 31

HIPOTESIS DE CALCULO: 2.- (MDP+0.1 MPa) + CARGAS FIJAS

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	213,81 kp/cm ²
RELAJACION	234,77 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	880,68 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-81,01 kp/cm ²
EXTERIOR	-72,02 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-57,62 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-51,23 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-28,06 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-27,15 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	415,22	-463,99	517,11
N kp/cm	-2,46	-23,46	-18,60

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	14,44	-18,04	16,85
EXTERIOR PRIMARIO	-7,46	6,43	-10,42
INTERIOR REVESTIMIENTO	-6,96	6,00	-9,72
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-13,09	12,85	-17,35
ACERO DE POSTESADO	-42,70	37,55	-59,20

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	31,64	-43,18	-75,66	-40,77
EXTERIOR PRIMARIO	27,57	-58,69	-44,79	-61,65
INTERIOR REVESTIMIENTO	25,72	-35,02	-22,06	-37,78
EXTERIOR REVESTIMIENTO	24,88	-40,23	-14,30	-44,50
ACERO DE POSTESADO	146,99	10757,30	10837,55	10740,80

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-11,55	-44,02	-9,13
EXTERIOR PRIMARIO	-31,12	-17,22	-34,08
INTERIOR REVESTIMIENTO	-9,30	3,66	-12,06
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-15,35	10,58	-19,62
ACERO DE POSTESADO	10904,29	10984,55	10887,79

HR= 1,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 6,80 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 31

HIPOTESIS DE CALCULO: 3.- DP + CARGAS FIJAS + MOVILES

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	213,81 kp/cm ²
RELAJACION	234,77 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	880,68 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-81,01 kp/cm ²
EXTERIOR	-72,02 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-57,62 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-51,23 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-28,06 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-27,15 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	819,57	-886,62	968,00
N kp/cm	-9,77	-49,74	-37,14

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	28,14	-34,82	31,37
EXTERIOR PRIMARIO	-15,09	11,93	-19,68
INTERIOR REVESTIMIENTO	-14,07	11,13	-18,35
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-26,16	24,21	-32,64
ACERO DE POSTESADO	-86,18	69,86	-111,72

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	25,31	-29,48	-92,44	-26,25
EXTERIOR PRIMARIO	22,06	-66,31	-39,29	-70,91
INTERIOR REVESTIMIENTO	20,57	-42,13	-16,93	-46,42
EXTERIOR REVESTIMIENTO	19,90	-53,31	-2,93	-59,79
ACERO DE POSTESADO	117,60	10713,82	10869,86	10688,28

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-4,17	-67,13	-0,94
EXTERIOR PRIMARIO	-44,25	-17,23	-48,85
INTERIOR REVESTIMIENTO	-21,56	3,64	-25,84
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-33,41	16,97	-39,88
ACERO DE POSTESADO	10831,41	10987,45	10805,88

HR= 1,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 6,80 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 31

HIPOTESIS DE CALCULO: 4.- MDP + Peso propio + Peso de agua

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	213,81 kp/cm2
RELAJACION	234,77 kp/cm2
FLUENCIA Y RETRACCION	880,68 kp/cm2

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm2
-----------------------------------	-----------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-81,01 kp/cm2
EXTERIOR	-72,02 kp/cm2
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm2

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-57,62 kp/cm2
EXTERIOR PRIMARIO	-51,23 kp/cm2
INTERIOR REVESTIMIENTO	-28,06 kp/cm2
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-27,15 kp/cm2

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	205,89	-239,28	272,41
N kp/cm	4,92	-3,04	0,06

TENSIONES kp/cm2

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	7,60	-8,64	9,59
EXTERIOR PRIMARIO	-3,25	3,98	-4,77
INTERIOR REVESTIMIENTO	-3,03	3,71	-4,45
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-6,07	7,24	-8,47
ACERO DE POSTESADO	-18,79	22,88	-27,36

T E N S I O N E S (kp/cm2)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	25,31	-50,01	-66,26	-48,03
EXTERIOR PRIMARIO	22,06	-54,48	-47,25	-56,00
INTERIOR REVESTIMIENTO	20,57	-31,10	-24,35	-32,51
EXTERIOR REVESTIMIENTO	19,90	-33,22	-19,91	-35,62
ACERO DE POSTESADO	117,60	10781,21	10822,88	10772,64

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-24,71	-40,95	-22,72
EXTERIOR PRIMARIO	-32,42	-25,19	-33,94
INTERIOR REVESTIMIENTO	-10,52	-3,78	-11,94
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-13,32	0,00	-15,71
ACERO DE POSTESADO	10898,80	10940,47	10890,23

HR= 1,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 6,80 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 31

HIPOTESIS DE CALCULO: 5.- PPRUEBARED(STP) + 1m TIERRAS

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	213,81 kp/cm ²
RELAJACION	234,77 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	880,68 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-81,01 kp/cm ²
EXTERIOR	-72,02 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-57,62 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-51,23 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-28,06 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-27,15 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	415,22	-463,99	517,11
N kp/cm	-2,46	-23,46	-18,60

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	14,44	-18,04	16,85
EXTERIOR PRIMARIO	-7,46	6,43	-10,42
INTERIOR REVESTIMIENTO	-6,96	6,00	-9,72
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-13,09	12,85	-17,35
ACERO DE POSTESADO	-42,70	37,55	-59,20

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	31,64	-43,18	-75,66	-40,77
EXTERIOR PRIMARIO	27,57	-58,69	-44,79	-61,65
INTERIOR REVESTIMIENTO	25,72	-35,02	-22,06	-37,78
EXTERIOR REVESTIMIENTO	24,88	-40,23	-14,30	-44,50
ACERO DE POSTESADO	146,99	10757,30	10837,55	10740,80

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-11,55	-44,02	-9,13
EXTERIOR PRIMARIO	-31,12	-17,22	-34,08
INTERIOR REVESTIMIENTO	-9,30	3,66	-12,06
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-15,35	10,58	-19,62
ACERO DE POSTESADO	10904,29	10984,55	10887,79

HR= 1,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 6,80 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 31

HIPOTESIS DE CALCULO: 6.- CARGAS FIJAS + MOVILES, Sin Pres

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	213,81 kp/cm ²
RELAJACION	234,77 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	880,68 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-81,01 kp/cm ²
EXTERIOR	-72,02 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-57,62 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-51,23 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-28,06 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-27,15 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	819,57	-886,62	968,00
N kp/cm	-9,77	-49,74	-37,14

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	28,14	-34,82	31,37
EXTERIOR PRIMARIO	-15,09	11,93	-19,68
INTERIOR REVESTIMIENTO	-14,07	11,13	-18,35
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-26,16	24,21	-32,64
ACERO DE POSTESADO	-86,18	69,86	-111,72

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	0,00	-29,48	-92,44	-26,25
EXTERIOR PRIMARIO	0,00	-66,31	-39,29	-70,91
INTERIOR REVESTIMIENTO	0,00	-42,13	-16,93	-46,42
EXTERIOR REVESTIMIENTO	0,00	-53,31	-2,93	-59,79
ACERO DE POSTESADO	0,00	10713,82	10869,86	10688,28

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-29,48	-92,44	-26,25
EXTERIOR PRIMARIO	-66,31	-39,29	-70,91
INTERIOR REVESTIMIENTO	-42,13	-16,93	-46,42
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-53,31	-2,93	-59,79
ACERO DE POSTESADO	10713,82	10869,86	10688,28

HR= 3,000 m

di (mm)	de (mm)	GAMMAH (t/m3)	GAMMAT (t/m3)	LAMBDA	Q (t/m2)	CUNA
1600	1860	2,500	1,900	0,333	5,483	Granular 90°

HIPOTESIS Peso propio

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,096	0,080
RIÑONES	-0,112	-0,442
SOLERA	0,127	-0,446

HIPOTESIS Peso del fluido

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,110	0,411
RIÑONES	-0,127	0,137
SOLERA	0,145	0,452

HIPOTESIS Carga 1 metro de Tierras(total)

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,209	-0,738
RIÑONES	-0,225	-2,041
SOLERA	0,245	-1,866

HIPOTESIS Esfuerzos por Carga vertical pura por tierras

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	1,019	0,249
RIÑONES	-1,051	-4,637
SOLERA	1,083	-2,170

HR= 3,000 m

HIPOTESIS Carga Móvil

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,102	0,025
RIÑONES	-0,105	-0,463
SOLERA	0,108	-0,216

HIPOTESIS Empuje lateral con carga móvil

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	-0,427	-2,018
RIÑONES	0,443	0,000
SOLERA	-0,429	-1,682

HIPOTESIS Empuje Lateral sin carga móvil

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	-0,396	-1,865
RIÑONES	0,413	0,000
SOLERA	-0,400	-1,572

HIPOTESIS Carga de tímpanos

SECCION	MOMENTO (m.t)	AXIL (t)
CLAVE	0,040	0,058
RIÑONES	-0,061	-0,353
SOLERA	0,068	-0,204

HR= 3,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 7,91 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 35

HIPOTESIS DE CALCULO: 1.- DP + CARGAS FIJAS**PERDIDAS DE POSTESADO**

ACORTAMIENTO ELASTICO	241,40 kp/cm ²
RELAJACION	232,58 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	935,62 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-91,27 kp/cm ²
EXTERIOR	-81,15 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-64,50 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-57,35 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-33,55 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-32,46 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	868,75	-938,03	1022,84
N kp/cm	-10,66	-52,94	-39,40

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	29,77	-36,82	33,11
EXTERIOR PRIMARIO	-15,94	12,53	-20,71
INTERIOR REVESTIMIENTO	-14,86	11,69	-19,32
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-27,65	25,50	-34,37
ACERO DE POSTESADO	-91,05	73,39	-117,58

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	25,24	-34,73	-101,33	-31,40
EXTERIOR PRIMARIO	21,99	-73,29	-44,82	-78,06
INTERIOR REVESTIMIENTO	20,51	-48,42	-21,86	-52,87
EXTERIOR REVESTIMIENTO	19,85	-60,11	-6,96	-66,84
ACERO DE POSTESADO	117,25	10708,95	10873,39	10682,42

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-9,49	-76,09	-6,16
EXTERIOR PRIMARIO	-51,29	-22,82	-56,07
INTERIOR REVESTIMIENTO	-27,90	-1,35	-32,35
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-40,27	12,88	-46,99
ACERO DE POSTESADO	10826,20	10990,64	10799,67

HR= 3,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 7,91 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 35

HIPOTESIS DE CALCULO: 2.- (MDP+0.1 MPa) + CARGAS FIJAS

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	241,40 kp/cm ²
RELAJACION	232,58 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	935,62 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-91,27 kp/cm ²
EXTERIOR	-81,15 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-64,50 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-57,35 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-33,55 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-32,46 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	868,75	-938,03	1022,84
N kp/cm	-10,66	-52,94	-39,40

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	29,77	-36,82	33,11
EXTERIOR PRIMARIO	-15,94	12,53	-20,71
INTERIOR REVESTIMIENTO	-14,86	11,69	-19,32
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-27,65	25,50	-34,37
ACERO DE POSTESADO	-91,05	73,39	-117,58

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	31,55	-34,73	-101,33	-31,40
EXTERIOR PRIMARIO	27,49	-73,29	-44,82	-78,06
INTERIOR REVESTIMIENTO	25,64	-48,42	-21,86	-52,87
EXTERIOR REVESTIMIENTO	24,81	-60,11	-6,96	-66,84
ACERO DE POSTESADO	146,57	10708,95	10873,39	10682,42

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-3,18	-69,78	0,15
EXTERIOR PRIMARIO	-45,79	-17,32	-50,57
INTERIOR REVESTIMIENTO	-22,77	3,78	-27,23
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-35,31	17,85	-42,03
ACERO DE POSTESADO	10855,52	11019,95	10828,98

HR= 3,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 7,91 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 35

HIPOTESIS DE CALCULO: 3.- DP + CARGAS FIJAS + MOVILES

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	241,40 kp/cm ²
RELAJACION	232,58 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	935,62 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-91,27 kp/cm ²
EXTERIOR	-81,15 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-64,50 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-57,35 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-33,55 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-32,46 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	939,91	-1012,40	1102,19
N kp/cm	-11,94	-57,56	-42,66

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	32,18	-39,77	35,66
EXTERIOR PRIMARIO	-17,27	13,49	-22,33
INTERIOR REVESTIMIENTO	-16,11	12,59	-20,83
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-29,95	27,49	-37,06
ACERO DE POSTESADO	-98,67	79,04	-126,78

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	25,24	-32,32	-104,28	-28,84
EXTERIOR PRIMARIO	21,99	-74,62	-43,86	-79,68
INTERIOR REVESTIMIENTO	20,51	-49,66	-20,97	-54,38
EXTERIOR REVESTIMIENTO	19,85	-62,41	-4,97	-69,52
ACERO DE POSTESADO	117,25	10701,33	10879,04	10673,22

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-7,08	-79,04	-3,61
EXTERIOR PRIMARIO	-52,63	-21,86	-57,69
INTERIOR REVESTIMIENTO	-29,15	-0,45	-33,87
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-42,56	14,88	-49,67
ACERO DE POSTESADO	10818,59	10996,29	10790,47

HR= 3,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 7,91 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 35

HIPOTESIS DE CALCULO: 4.- MDP + Peso propio + Peso de agua

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	241,40 kp/cm ²
RELAJACION	232,58 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	935,62 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-91,27 kp/cm ²
EXTERIOR	-81,15 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-64,50 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-57,35 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-33,55 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-32,46 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	205,89	-239,28	272,41
N kp/cm	4,92	-3,04	0,06

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	7,60	-8,63	9,58
EXTERIOR PRIMARIO	-3,24	3,96	-4,75
INTERIOR REVESTIMIENTO	-3,02	3,69	-4,43
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-6,05	7,21	-8,44
ACERO DE POSTESADO	-18,70	22,77	-27,23

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	25,24	-56,91	-73,14	-54,92
EXTERIOR PRIMARIO	21,99	-60,59	-53,39	-62,10
INTERIOR REVESTIMIENTO	20,51	-36,57	-29,86	-37,98
EXTERIOR REVESTIMIENTO	19,85	-38,51	-25,25	-40,90
ACERO DE POSTESADO	117,25	10781,30	10822,77	10772,77

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-31,67	-47,90	-29,68
EXTERIOR PRIMARIO	-38,59	-31,40	-40,11
INTERIOR REVESTIMIENTO	-16,06	-9,35	-17,47
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-18,66	-5,40	-21,06
ACERO DE POSTESADO	10898,55	10940,02	10890,02

HR= 3,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 7,91 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 35

HIPOTESIS DE CALCULO: 5.- PPRUEBARED(STP) + 1m TIERRAS

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	241,40 kp/cm ²
RELAJACION	232,58 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	935,62 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-91,27 kp/cm ²
EXTERIOR	-81,15 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-64,50 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-57,35 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-33,55 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-32,46 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	415,22	-463,99	517,11
N kp/cm	-2,46	-23,46	-18,60

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	14,42	-18,02	16,83
EXTERIOR PRIMARIO	-7,43	6,40	-10,38
INTERIOR REVESTIMIENTO	-6,93	5,97	-9,68
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-13,04	12,80	-17,29
ACERO DE POSTESADO	-42,50	37,36	-58,94

T E N S I O N E S (kp/cm²)

	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	31,55	-50,08	-82,52	-47,67
EXTERIOR PRIMARIO	27,49	-64,78	-50,95	-67,72
INTERIOR REVESTIMIENTO	25,64	-40,48	-27,59	-43,23
EXTERIOR REVESTIMIENTO	24,81	-45,50	-19,66	-49,75
ACERO DE POSTESADO	146,57	10757,50	10837,36	10741,06

TOTALES

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-18,54	-50,97	-16,12
EXTERIOR PRIMARIO	-37,28	-23,46	-40,23
INTERIOR REVESTIMIENTO	-14,84	-1,94	-17,59
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-20,69	5,14	-24,94
ACERO DE POSTESADO	10904,06	10983,92	10887,63

HR= 3,000 m

CASO NUMERO 1/ 10 : DP: 4,00 at MDP: 4,00 at
 PRESION NETA PRUEBA FAB.(PP): 7,91 at STP: 5,00 at
 DIAMETRO DEL ALAMBRE: 5,0 mm NUMERO DE ESPIRAS POR METRO: 35

HIPOTESIS DE CALCULO: 6.- CARGAS FIJAS + MOVILES, Sin Pres

PERDIDAS DE POSTESADO

ACORTAMIENTO ELASTICO	241,40 kp/cm ²
RELAJACION	232,58 kp/cm ²
FLUENCIA Y RETRACCION	935,62 kp/cm ²

TENSIONES

RESIDUAL EN EL ACERO DE POSTESADO	10800,00 kp/cm ²
-----------------------------------	-----------------------------

TENSIONES INICIALES EN EL PRIMARIO

INTERIOR	-91,27 kp/cm ²
EXTERIOR	-81,15 kp/cm ²
0.55*FCK0	-220,00 kp/cm ²

TENSIONES FINALES

INTERIOR PRIMARIO	-64,50 kp/cm ²
EXTERIOR PRIMARIO	-57,35 kp/cm ²
INTERIOR REVESTIMIENTO	-33,55 kp/cm ²
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-32,46 kp/cm ²

ESFUERZOS DE OVALIZACION

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
M kp.cm/cm	939,91	-1012,40	1102,19
N kp/cm	-11,94	-57,56	-42,66

TENSIONES kp/cm²

	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	32,18	-39,77	35,66
EXTERIOR PRIMARIO	-17,27	13,49	-22,33
INTERIOR REVESTIMIENTO	-16,11	12,59	-20,83
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-29,95	27,49	-37,06
ACERO DE POSTESADO	-98,67	79,04	-126,78

T E N S I O N E S (kp/cm²)

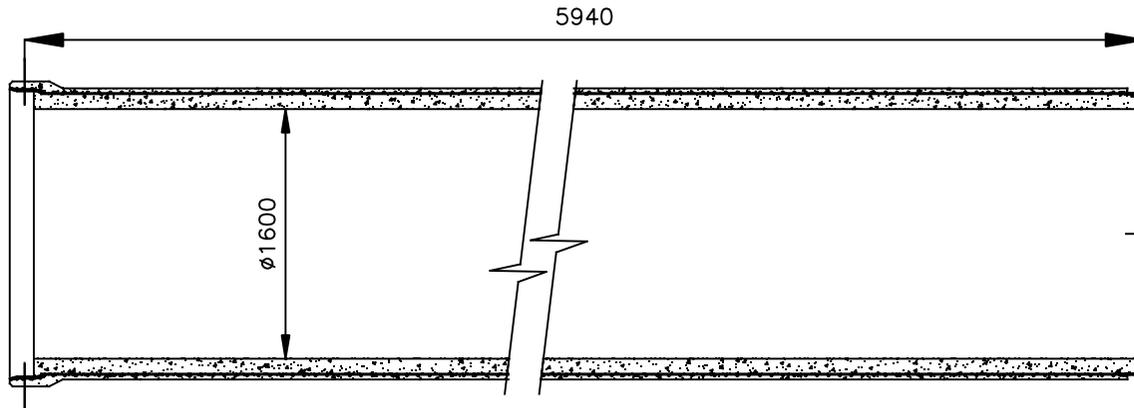
	PRESION	OVALIZACION + POSTESADO FINAL		
		CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	0,00	-32,32	-104,28	-28,84
EXTERIOR PRIMARIO	0,00	-74,62	-43,86	-79,68
INTERIOR REVESTIMIENTO	0,00	-49,66	-20,97	-54,38
EXTERIOR REVESTIMIENTO	0,00	-62,41	-4,97	-69,52
ACERO DE POSTESADO	0,00	10701,33	10879,04	10673,22

TOTALES

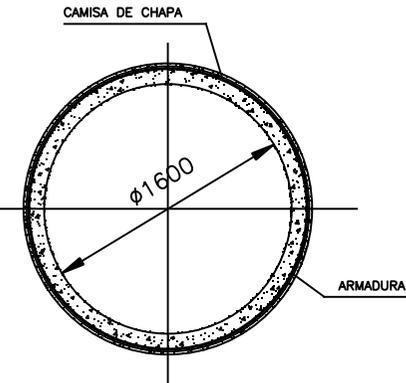
	CLAVE	RIÑONES	SOLERA
INTERIOR PRIMARIO	-32,32	-104,28	-28,84
EXTERIOR PRIMARIO	-74,62	-43,86	-79,68
INTERIOR REVESTIMIENTO	-49,66	-20,97	-54,38
EXTERIOR REVESTIMIENTO	-62,41	-4,97	-69,52
ACERO DE POSTESADO	10701,33	10879,04	10673,22

PLANO

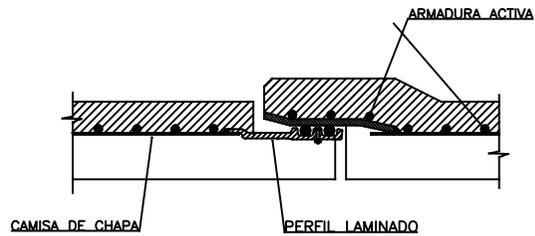
GEOMETRIA DE TUBO DIAM 1600 mm. DETALLE DE ENCHUFE



SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSVERSAL



DETALLE DE ENCHUFE

DIAMETRO (mm)	MDP (atm)	HT S/GENER (m)	ESPOSOR (mm)	REC. INTERIOR (mm)	REC. EXTERIOR (mm)	ESPOSOR CHAPA (mm)	ARMADURA EXTER
1600	4	1 = Ht = 3	130	100	30	1,5	35 ϕ 5

		COTAS EN MM				
FECHA		MODIFICACIONES				
		PROYECTO TUBERIA HORMICON POSTESADO CAMISA REVESTIDA Y JUNTA DOBLE ELASTICA				
		PLANO N° 1				ESCALAS S/E
		TITULO DN1600 GEOMETRIA DE TUBO. DETALLE DE ENCHUFE				
ED.	FECHA	DIBUJADO	COMPROBADO	VERIFICADO	APROBADO	MOTIVO DE LA EDICION
01	MAY-19	D. PUERTA	J. P. CUERRERO			