

## ANEJO Nº 13 – CÁLCULOS MECÁNICOS DE CONDUCCIONES

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. NORMATIVA DE APLICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>3. MATERIAL Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDUCCIONES .....</b>	<b>1</b>
<b>4. TIPO DE ZANJA .....</b>	<b>1</b>
<b>5. CÁLCULO MECÁNICO APLICADO.....</b>	<b>2</b>
5.1    CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN HORMIGÓN ARMADO.....	2
5.2    CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN PVC-U COLECTOR DE REUNIÓN PROFUNDIDAD MÍNIMA .....	3
5.3    CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN PVC-U COLECTOR DE GRAVEDAD PROFUNDIDAD MÁXIMA .....	4
5.4    CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN PVC-O DE IMPULSIÓN PROFUNDIDAD MÍNIMA.....	6
5.5    CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN PVC-O DE IMPULSIÓN PROFUNDIDAD MÁXIMA .....	9
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>12</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto realizar el cálculo mecánico de las conducciones enterradas para valorar los esfuerzos mecánicos que se transmiten a la tubería por la acción de las distintas cargas externas actuantes. Además de los condicionantes fundamentales de su propio servicio, el factor estático y resistente constituye, evidentemente, la limitación más importante, en cuanto a la propia implantación de los conductos.

Las tuberías calculadas son las siguientes:

- Tubería de PVC-U sin presión diámetro nominal 315 mm constituyendo el colector de reunión desde el aliviadero inicial hasta el pozo de reunión. Este caso es más desfavorable por la menor profundidad a la que se encuentra instalado. Excepción aparte es el colector de restitución, el cual va protegido completamente con hormigón en masa por lo que no es necesaria su comprobación mecánica. Se ha comprobado además la situación de mayor profundidad sobre la clave del tubo.
- Tubería de PVC-O con presión de diámetro nominal 140 mm constituyendo la canalización de la impulsión de cabecera hasta la obra de llegada de la EDAR.
- Tubería de hormigón armado de diámetro nominal 1.000 mm constituyendo el colector de alivio de las pluviales.

Finalmente, la canalización de hormigón de diámetro 1.000 mm no es objeto de comprobación dada su situación de instalación.

## 2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Para el cálculo mecánico de tuberías se ha empleado la siguiente normativa:

### Tubos de PVC con o sin presión

- Norma UNE 53.331 IN.

### Tubo de Hormigón Armado

- Norma UNE-EN 1916:2008

- Norma UNE 127916:2017

## 3. MATERIAL Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDUCCIONES

Las características de las tuberías utilizadas se indican a continuación:

### Tubería de PVC-U sin presión:

- Material: PVC-U (Policloruro de Vinilo no plastificado).
- Diámetro: Ø315 mm.
- Espesor: 7,5 mm
- Clase resistente: SN4

### Tuberías de PVC-O con presión:

- Material: PVC-O (Policloruro de Vinilo orientado).
- Diámetro: 140 mm.
- Espesor: 2,5 mm
- Presión: PN 12,5

### Tuberías de Hormigón Armado:

- Material: HA (Hormigón Armado).
- Diámetro: 1.000 mm.
- Clase: 135

## 4. TIPO DE ZANJA

Tipo de zanja prevista para las conducciones PVC-U Ø315 mm:

- Ancho en la base: 1,1 m
- Talud lateral: Vertical (entibación)
- Material de protección de tubería: arena
- Espesor de cama de arena: 10 cm
- Espesor protección superior arena: 30 cm sobre la generatriz superior

Tipo de zanja prevista para la conducción PVC-0 Ø140 mm:

- Ancho en la base: 0,75 m
- Talud lateral: 1/3
- Material de protección de tubería: arena
- Espesor cama de arena: 10 cm
- Espesor protección superior arena: 30 cm sobre la generatriz superior

Tipo de zanja prevista para la conducción HA Ø1.000 mm:

- Ancho en la base: 2 m
- Talud lateral: vertical
- Material de protección de tubería: material seleccionado de la excavación

## 5. CÁLCULO MECÁNICO APLICADO

Para el cálculo de la resistencia mecánica de las conducciones de PVC-U se ha utilizado el programa Asetub PVC (Versión 2.1)

Este programa de cálculo de acciones sobre tuberías plásticas enterradas está basado en el Informe UNE 53.331:1997: IN "Tuberías de poli (cloruro de vinilo) (PVC) no plastificado y polietileno (PE) de alta y media densidad" para el cálculo mecánico y en el Informe UNE 53.959:2002 IN "Plásticos. Tubos y accesorios de material termoplástico para el transporte de líquidos a presión. Cálculo de pérdida de carga" para el cálculo de pérdida de carga. Este programa ha sido realizado por la Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos (AseTUB) y por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, IETcc (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC).

En el caso de las conducciones de PVC-0, se ha procedido a la comprobación de su resistencia mediante el programa de cálculo mecánico TOM desarrollado por la empresa MOLECOR.

Finalmente, la clase del tubo de hormigón de Ø1.000 mm proyectado se ha obtenido en base a los resultados arrojados por el programa de la Asociación de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado (ATHA).

Los resultados de dichos cálculos dan un resultado válido para las condiciones de instalación de las distintas tuberías.

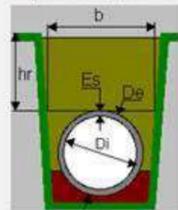
A continuación, se adjuntan los cálculos mecánicos de las conducciones.

### 5.1 CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN HORMIGÓN ARMADO



**Cálculo mecánico de tubos** [C:\Users\Alvaro CUA\Desktop\42.- PROY. EDAR ESCAÑUELA (JAÉN) - AMAY... - AMAY...  
 Archivo Cálculos Obra Opciones ?

**DATOS DE INSTALACIÓN**  
 ZANJA | TERRAPLEN | ZANJA TERRAPLENADA | ZANJA INDUCIDA

Diagrama de la zanja: 

**Datos de instalación:**  
 Di= 1000 mm. Altura del relleno: hr= 2.3 m.  
 Es= 109 mm. Ancho de la zanja: b= 2.1 m. **Obtener**  
 De= 1218 mm.  
 Factor de apoyo: 0 **Predefinidos**  
 Tipo de base: Base de suelo natural ordinario

**DATOS DEL RELLENO**  
 Relleno: Definido por usuario. Rozamiento relleno-paramentos zanja: 23.2 grados  
 Rozamiento interno del relleno: 23.2 grados  
 Peso específico del relleno: 18.5 kN/m³  
 Producida por el tráfico: 0 kN/m  
 Carretera | Ferroviaria | Aeropuerto | Ninguna

**SOBRECARGAS**  
 Puntual: 0 t. Distribuida en superficie: 0 t/m².  
 Distancia: 0 m. 0 t/m².  
 Compactador: No aplicado 0 kN/m  
 Carga por m. de ancho rodillo: 0 t/m



**Resultados**  
 Zanja: De=1.218m Es=0.109m Di=1m hr=2.3m b=2.1m  
 Pulsar sobre los iconos para ZOOM

Apoyo	Relleño	Arcilla plástica	Arcilla ordinaria	Arcilla arcillosa	Arenas y gravas	Zahorras	Def. por usuario
Hormigón	Compactado	180°	27.95	26.01	37.01	35.4	38.08
		120°	38.07	37.15	38.58	38.29	40.13
	90°	180°	47.56	45.72	49.11	44.71	48.38
		120°	48.75	47.35	49.11	46.18	51.06
	Selec. Sin Compactar	180°	38.47	36.75	38.01	31.5	37.48
		90°	48.75	47.35	49.11	46.18	51.06
Granular	Compactado	180°	32.09	29.29	34.03	33.31	33.32
		120°	42.09	40.29	41.43	40.38	43.31
	90°	180°	52.09	50.29	51.43	48.38	51.32
		120°	52.09	50.29	51.43	48.38	51.32
	Selec. Sin Compactar	180°	64.35	61.24	63.55	59.78	66.10
		90°	72.93	69.41	72.02	67.75	74.92
Apoyo directo	180°	96.45	94.85	98.21	92.39	102.18	
	90°	96.45	94.85	98.21	92.39	102.18	

Carga Cálculo (kN/m²) Clase mínima **Imprimir** **Cancelar** **Ayuda**

## 5.2 CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN PVC-U COLECTOR DE REUNIÓN PROFUNDIDAD MÍNIMA



### Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

Informe de resultados de cálculo mecánico

Página 1 de 3

#### Datos sobre el informe

Informe número:  
 Fecha:  
 A la atención de D./Dña. :  
 Empresa/entidad :  
 Dirección :  
 Ciudad :  
 Teléfono/Fax :  
 Correo electrónico:  
 Referencia de la obra :

**RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA**

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: B (> 2.5)

#### 1. Características del tubo y la instalación.

TIPO DE CONDUCCIÓN: SANEAMIENTO SIN PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.456)  
 Instalación en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U  
 Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)  
 Diámetro nominal: Dn = 315 mm  
 Espesor: e=7.5 mm  
 Diámetro interior: di= 300 mm  
 Radio medio: Rm= 153.75 mm  
 Módulo de elasticidad: Et(p)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(cp)=3600 N/mm<sup>2</sup>  
 Peso específico: P.esp.=14 kN/m<sup>3</sup>  
 Esfuerzo tang. máximo: Sigma-t(p)= 50 N/mm<sup>2</sup> , Sigma-t(cp)=90 N/mm<sup>2</sup>  
 Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior: Pi = bar  
 Presión agua exterior: Pe= 0 bar

Altura de la zanja: H1=1.2 m  
 Anchura de la zanja: B1=1.1 m  
 Ángulo de inclinación de la zanja: Beta=90°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)  
 Ángulo de apoyo: Zalfa=90°  
 Tipo de relleno: No cohesivo  
 Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura  
 Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>  
 Módulos de compresión del relleno: E1=5 N/mm<sup>2</sup> E2= 16 N/mm<sup>2</sup>  
 Módulos de compresión del terreno: E3=5 N/mm<sup>2</sup> E4= 5 N/mm<sup>2</sup>  
 Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: LIGERO (<12t)  
 Número de ejes de los vehículos: 2  
 Distancia entre ruedas: a=2 m  
 Distancia entre ejes: b=3 m  
 Sobrecarga concentrada: Pc=40 kN  
 Sobrecarga repartida: Pd= kN  
 Zona no pavimentada  
 Firme irregular



### Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

Informe de resultados de cálculo mecánico

Página 2 de 3

#### 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

##### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: qv=12,56135 kN/m<sup>2</sup>  
 Debida a sobrecargas concentradas: Pvc=22,37812 kN/m<sup>2</sup>  
 Debida a sobrecargas repartidas: Pvr=0 kN/m<sup>2</sup>  
 Presión vertical total sobre el tubo: qvt=34,93947 kN/m<sup>2</sup>

##### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
 a la altura del centro del tubo: qht=7,21969 kN/m<sup>2</sup>

##### 2.3. Deformación Relativa: dv=1,1789 % --ADMISIBLE: cumple <= 5%

##### 2.4. Momentos flectores circunferenciales.

###### 2.4.1. Debidos a la presión vertical total sobre el tubo (Mqvt)

En Clave: Mqvt (Clave)=0,22631 kN m/m  
 En Riñones: Mqvt (riñones)=0,23044 kN m/m  
 En Base: Mqvt (Base)=0,25934 kN m/m

###### 2.4.2. Debidos a la presión lateral del relleno sobre el tubo (Mqh)

En Clave: Mqh (Clave)=-0,04368 kN m/m  
 En Riñones: Mqh (Riñones)=0,04368 kN m/m  
 En Base: Mqh (Base)=-0,04368 kN m/m

###### 2.4.3. Debidos a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (Mqht)

En Clave: Mqht (Clave)=-0,03089 kN m/m  
 En Riñones: Mqht (Riñones)=0,0355 kN m/m  
 En Base: Mqht (Base)=-0,03089 kN m/m

###### 2.4.4. Debidos al propio peso del tubo (Mt)

En Clave: Mt (Clave)=0,00104 kN m/m  
 En Riñones: Mt (Riñones)=-0,0012 kN m/m  
 En Base: Mt (Base)=0,00159 kN m/m

###### 2.4.5. Debidos al peso del agua (Ma)

En Clave: Ma (Clave)=0,00763 kN m/m  
 En Riñones: Ma (Riñones) = -0,00883 kN m/m  
 En Base: Ma (Base)=0,01167 kN m/m

###### 2.4.6. Debidos a la presión del agua (Mpa)

En Clave: Mpa (Clave)=0 kN m/m  
 En Riñones: Mpa (Riñones)=0 kN m/m  
 En Base: Mpa (Base)=0 kN m/m

###### 2.4.7. Momento flector total (M)

En Clave: M (Clave)=0,16041 kN m/m  
 En Riñones: M (Riñones)=-0,1613 kN m/m  
 En Base: M (Base)=0,19804 kN m/m

### 5.3 CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN PVC-U COLECTOR DE GRAVEDAD PROFUNDIDAD MÁXIMA



## Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

Informe de resultados de cálculo mecánico

Página 3 de 3

#### 2.5. Fuerzas axiales.

##### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo (Nqvt)

En Clave: Nqvt (Clave)=0,28471 kN m/m  
 En Riñones: Nqvt (Riñones)=-5,37194 kN m/m  
 En Base: Nqvt (Base)=-0,28471 kN m/m

##### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo (Nqh)

En Clave: Nqh (Clave)=-1,13627 kN m/m  
 En Riñones: Nqh (Riñones)=0 kN m/m  
 En Base: Nqh (Base)=-1,13627 kN m/m

##### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (Nqht)

En Clave: nqht (Clave)=-0,64049 kN m/m  
 En Riñones: Nqht (Riñones)=0 kN m/m  
 En Base: Nqht (Base)=-0,64049 kN m/m

##### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo (Nt)

En Clave: Nt (Clave)=0,00538 kN m/m  
 En Riñones: Nt (Riñones)=-0,02536 kN m/m  
 En Base: Nt (Base)=-0,00538kN m/m

##### 2.5.5. Debidas al peso del agua (Na)

En Clave: Na (Clave)=0,15767 kN m/m  
 En Riñones: Na (Riñones)=0,05082 kN m/m  
 En Base: Na (Base)=0,31511 kN m/m

##### 2.5.6. Debidas a la presión del agua (Npa)

En Clave: Npa (Clave)=0 kN m/m  
 En Riñones: Npa(Riñones) = 0kN m/ m  
 En Base: Npa (Base)=0 kN m/m

##### 2.5.7. Fuerza axil total (N)

En Clave: N (Clave)=-1,32899 kN m/m  
 En Riñones: N (Riñones)=-5,34648 kN m/m  
 En Base: N (Base)=-1,75173kN m/m

#### 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: 17,21175 kN/mm2  
 En Riñones: -17,63822 kN/mm2  
 En Base: 21,234 kN/mm2

#### 2.7. Verificación del esfuerzo tangencial( coef. de seguridad a rotura)

En Clave: 2,90499 --ADMISIBLE: cumple >2  
 En Riñones: 2,83475 --ADMISIBLE: cumple >2  
 En Base: 2,35471 --ADMISIBLE: cumple >2

#### 2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 18,74515 --ADMISIBLE: cumple >2  
 Debido a la presión ext. de agua :183,81983 --ADMISIBLE: cumple >2  
 Debido al terreno y al agua: 17,0105 --ADMISIBLE: cumple >2



## Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

Informe de resultados de cálculo mecánico

Página 1 de 3

#### Datos sobre el informe

Informe número:  
 Fecha:  
 A la atención de D./Dña. :  
 Empresa/entidad :  
 Dirección :  
 Ciudad :  
 Teléfono/Fax :  
 Correo electrónico:  
 Referencia de la obra :

**RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA**  
 (Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)  
 Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: B (> 2.5)

#### 1. Características del tubo y la instalación.

TIPO DE CONDUCCIÓN: SANEAMIENTO SIN PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.456)  
 Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U  
 Presión nominal: bar (entre paréntesis. PN no habitual)  
 Diámetro nominal: Dn = 315 mm  
 Espesor: e=6.2 mm  
 Diámetro interior: di= 302.6 mm  
 Radio medio: Rm= 154.4 mm  
 Módulo de elasticidad: Et(p)=1750 N/mm2 , Et(cp)=3600 N/mm2  
 Peso específico: P.esp.=14 kN/m3  
 Esfuerzo tang. máximo: Sigma-t(p)= 50 N/mm2 , Sigma-t(cp)=90 N/mm2  
 Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior: Pi = bar  
 Presión agua exterior: Pe= 0 bar

Altura de la zanja: H1=3.05 m  
 Anchura de la zanja: B1=1.1 m  
 Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=90°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)  
 Ángulo de apoyo: Zalfa=90°  
 Tipo de relleno: No cohesivo  
 Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura  
 Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m3  
 Módulos de compresión del relleno: E1=5 N/mm2 E2= 16 N/mm2  
 Módulos de compresión del terreno: E3=5 N/mm2 E4= 5 N/mm2  
 Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: LIGERO (<12t)  
 Número de ejes de los vehículos: 2  
 Distancia entre ruedas: a=2 m  
 Distancia entre ejes: b=3 m  
 Sobrecarga concentrada: Pc=40 kN  
 Sobrecarga repartida: Pd= kN  
 Zona no pavimentada



## Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

Informe de resultados de cálculo mecánico

Página 2 de 3

### 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

#### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=18,57523 \text{ kN/m}^2$   
 Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=6,38731 \text{ kN/m}^2$   
 Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
 Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=24,96254 \text{ kN/m}^2$

#### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
 a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=9,19613 \text{ kN/m}^2$

#### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0,77288 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

#### 2.4. Momentos flectores circunferenciales.

##### 2.4.1. Debidos a la presión vertical total sobre el tubo (Mqvt)

En Clave:  $M_{qvt}(\text{Clave})=0,16305 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $M_{qvt}(\text{riñones})=-0,16603 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $M_{qvt}(\text{Base})=0,18686 \text{ kN m/m}$

##### 2.4.2. Debidos a la presión lateral del relleno sobre el tubo (Mqh)

En Clave:  $M_{qh}(\text{Clave})=-0,07213 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $M_{qh}(\text{Riñones})=0,07213 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $M_{qh}(\text{Base})=-0,07213 \text{ kN m/m}$

##### 2.4.3. Debidos a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (Mqht)

En Clave:  $M_{qht}(\text{Clave})=-0,03968 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $M_{qht}(\text{Riñones})=0,0456 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $M_{qht}(\text{Base})=-0,03968 \text{ kN m/m}$

##### 2.4.4. Debidos al propio peso del tubo (Mt)

En Clave:  $M_t(\text{Clave})=0,00087 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $M_t(\text{Riñones})=-0,001 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $M_t(\text{Base})=0,00133 \text{ kN m/m}$

##### 2.4.5. Debidos al peso del agua (Ma)

En Clave:  $M_a(\text{Clave})=0,00773 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $M_a(\text{Riñones}) = -0,00894 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $M_a(\text{Base})=0,01182 \text{ kN m/m}$

##### 2.4.6. Debidos a la presión del agua (Mpa)

En Clave:  $M_{pa}(\text{Clave})=0 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $M_{pa}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $M_{pa}(\text{Base})=0 \text{ kN m/m}$

##### 2.4.7. Momento flector total (M)

En Clave:  $M(\text{Clave})=0,05984 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0,05825 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $M(\text{Base})=0,08819 \text{ kN m/m}$



## Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

Informe de resultados de cálculo mecánico

Página 3 de 3

### 2.5. Fuerzas axiales.

#### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo (Nqvt)

En Clave:  $N_{qvt}(\text{Clave})=0,20427 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $N_{qvt}(\text{riñones})=-3,85422 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $N_{qvt}(\text{Base})=-0,20427 \text{ kN m/m}$

#### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo (Nqh)

En Clave:  $N_{qh}(\text{Clave})=-1,8686 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $N_{qh}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $N_{qh}(\text{Base})=-1,8686 \text{ kN m/m}$

#### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (Nqht)

En Clave:  $n_{qht}(\text{Clave})=-0,81927 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $N_{qht}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $N_{qht}(\text{Base})=-0,81927 \text{ kN m/m}$

#### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo (Nt)

En Clave:  $N_t(\text{Clave})=0,00446 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $N_t(\text{Riñones})=-0,02105 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $N_t(\text{Base})=-0,00446 \text{ kN m/m}$

#### 2.5.5. Debidas al peso del agua (Na)

En Clave:  $N_a(\text{Clave})=0,15901 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $N_a(\text{Riñones})=0,05125 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $N_a(\text{Base})=0,31778 \text{ kN m/m}$

#### 2.5.6. Debidas a la presión del agua (Npa)

En Clave:  $N_{pa}(\text{Clave})=0 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $N_{pa}(\text{Riñones}) = 0 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $N_{pa}(\text{Base})=0 \text{ kN m/m}$

#### 2.5.7. Fuerza axial total (N)

En Clave:  $N(\text{Clave})=-2,32012 \text{ kN m/m}$   
 En Riñones:  $N(\text{Riñones})=-3,82402 \text{ kN m/m}$   
 En Base:  $N(\text{Base})=-2,57883 \text{ kN m/m}$

### 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $9,09159 \text{ kN/mm}^2$   
 En Riñones:  $-9,58728 \text{ kN/mm}^2$   
 En Base:  $13,5343 \text{ kN/mm}^2$

### 2.7. Verificación del esfuerzo tangencial( coef. de seguridad a rotura)

En Clave:  $5,49959$  --ADMISIBLE: cumple  $>2$   
 En Riñones:  $5,21524$  --ADMISIBLE: cumple  $>2$   
 En Base:  $3,69432$  --ADMISIBLE: cumple  $>2$

### 2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno:  $19,59584$  --ADMISIBLE: cumple  $>2$   
 Debido a la presión ext. de agua :  $125,00295$  --ADMISIBLE: cumple  $>2$   
 Debido al terreno y al agua:  $16,94023$  --ADMISIBLE: cumple  $>2$

## 5.4 CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN PVC-O DE IMPULSIÓN PROFUNDIDAD MÍNIMA

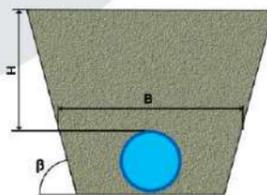
PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO

Molecor TOM® v.1.1. 2017 Enero

Informe de resultados de cálculo mecánico



Información general sobre el informe abreviado	
Número de informe	2020_02_20_2169
Fecha de última modificación	
Nombre del proyecto	
A la atención de D./Dña.	
Dirección	Avd. Nicolás Salmerón, nº5 1ªA
Ciudad / localidad / municipio	El Ejido
Provincia / región / estado	Almería
País	España
Promotora	
Ingeniería	AIMA
Constructora	
Dirección de obra	Avd. Nicolás Salmerón, nº5 1ªA
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 53331:1997 "Tubos y uniones de polí(cloro) de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión. Especificaciones"	
Resultados del cálculo	
Clase de seguridad B (caso especial) - material PVC-O > 2	
<b>INSTALACIÓN VÁLIDA</b>	
Características del tubo y de la instalación	
Tipo de conducción	Agua a presión Especificaciones de tubería según: norma española UNE-ISO 16422 - norma internacional ISO 16422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudáfricana SANS 16422 - norma británica BS ISO 16422
Aplicación	Saneamiento
Nombre de la instalación	Canalización de impulsión PVC-O
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja

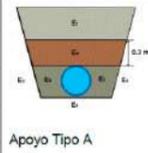


Tubería				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Código del producto	-	-	TOM14012B	
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500	
			C 1.4	
Presión nominal	PN	bar	12,5	
Diámetro nominal	DN	mm	140	
Módulo de elasticidad a flexión largo plazo	$E_{l(lp)}$	N/mm <sup>2</sup>	2800,0	
Módulo de elasticidad a flexión corto plazo	$E_{l(cp)}$	N/mm <sup>2</sup>	4000,0	
Peso específico	$\gamma_1$	kN/m <sup>3</sup>	14,0	
Esfuerzo tangencial de diseño a flexión largo plazo	$\sigma_{l(lp)}$	N/mm <sup>2</sup>	70,0	
Esfuerzo tangencial de diseño a flexión corto plazo	$\sigma_{l(cp)}$	N/mm <sup>2</sup>	100,0	
Presiones				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Presión interna de trabajo	$P_i$	bar	12,5	
Presión externa debido al agua	$P_w$	bar	0,0	
Nivel freático	$H_a$	m	0,0	
Geometría de la zanja				
	Nome.	Unidades	Tubo 1	
Altura de zanja	H	m	0,75	
Anchura de la zanja	B	m	0,75	
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	$\beta$	°	90,0	

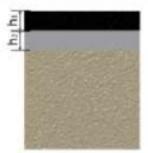
Apoyo y material de relleno			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Tipo de apoyo	-	-	A
Ángulo de apoyo	$2\alpha$	°	90
Módulo de compresión de $E_1$	$E_1$	N/mm <sup>2</sup>	4,0
Porcentaje proctor $E_1$		%	95,0
Grupo de suelo $E_1$		-	G4
Módulo de compresión de $E_2$	$E_2$	N/mm <sup>2</sup>	16,0
Porcentaje proctor $E_2$		%	95,0
Grupo de suelo $E_2$		-	G1
Módulo de compresión de $E_3$	$E_3$	N/mm <sup>2</sup>	0,6
Porcentaje proctor $E_3$		%	85,0
Grupo de suelo $E_3$		-	G4
Módulo de compresión de $E_4$	$E_4$	N/mm <sup>2</sup>	0,6
Porcentaje proctor $E_4$		%	85,0
Grupo de suelo $E_4$		-	G4
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m <sup>3</sup>	18,0
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m <sup>3</sup>	-

Tipo de relleno	
	Tubo 1
Tipo de relleno	Relleno de la zanja compactando por capas en toda la altura de la zanja



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 <sup>2</sup>	-
Módulo de compresión de la segunda capa	$E_{f2}$	N/mm <sup>2</sup>	-



Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
<b>Presión vertical debida al suelo</b>			
Presión vertical debida al suelo	$q_v$	kN/m <sup>2</sup>	8,84
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	$P_{vc}$		0,00
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	$P_{vd}$		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	$q_{vt}$		8,84
<b>Presión lateral debida a la tierra</b>			
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	$q_{lz}$	kN/m <sup>2</sup>	6,15
<b>Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)</b>			
Deformación relativa	$\delta_v$	%	0,124
<b>Momentos flectores circunferenciales</b>			
<b>Momento circunferencial total</b>			
En la clave	M	kN-m/m	0,003734
En los riñones			-0,000220
En la base			0,005778
<b>Fuerzas normales</b>			
<b>Fuerza normal total</b>			
En la clave	N	kN/m	82,2502
En los riñones			82,1025
En la base			82,2148
<b>Esfuerzos tangenciales</b>			

$\sigma$ en clave	$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	22,97
$\sigma$ en riñones			21,29
$\sigma$ en base			23,81
<b>Coefficientes de seguridad a rotura</b>			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	$v$	-	4,35
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			4,70
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			4,20
<b>Coefficientes de seguridad al aplastamiento</b>			
$\eta$ debido a la acción de la tierra y el agua	$\eta_3$	-	120,87

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
<b>Presión vertical debida al suelo</b>			
Presión vertical debida al suelo	$q_v$	kN/m <sup>2</sup>	8,71
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	$P_{vc}$		0,00
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	$P_{vr}$		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	$q_{vt}$		8,71
<b>Presión lateral debida a la tierra</b>			
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	$q_{ht}$	kN/m <sup>2</sup>	6,19
<b>Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)</b>			
Deformación relativa	$\delta_v$	%	0,135
<b>Momentos flectores circunferenciales</b>			
<b>Momento circunferencial total</b>			
En la clave	M	kN·m/m	0,003510
En los riñones			0,000013
En la base			0,005530
<b>Fuerzas normales</b>			
<b>Fuerza normal total</b>			

En la clave	N	kN/m	82,2468
En los riñones			82,1115
En la base			82,2125
<b>Esfuerzos tangenciales</b>			
$\sigma$ en clave	$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	22,87
$\sigma$ en riñones			21,39
$\sigma$ en base			23,70
<b>Coefficientes de seguridad a rotura</b>			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	$v$	-	3,06
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			3,27
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			2,95
<b>Coefficientes de seguridad al aplastamiento</b>			
$\eta$ debido a la acción de la tierra y el agua	$\eta_3$	-	101,34

**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.

## 5.5 CÁLCULO MECÁNICO CONDUCCIÓN PVC-O DE IMPULSIÓN PROFUNDIDAD MÁXIMA

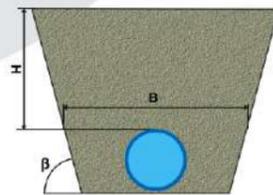
### PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO

Molecor TOM® v.1.2. 2020 Mayo

Informe de resultados de cálculo mecánico

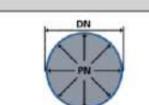


Información general sobre el informe abreviado	
Número de informe	2020_02_20_2169
Fecha de última modificación	
Nombre del proyecto	
A la atención de D./Dña.	
Dirección	Avd. Nicolás Salmerón, nº5 1ªA
Ciudad / localidad / municipio	El Ejido
Provincia / región / estado	Almería
País	España
Promotora	
Ingeniería	AIMA
Constructora	
Dirección de obra	Avd. Nicolás Salmerón, nº5 1ªA
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 Polí(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Polí(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 B (caso especial) - material PVC-O > 2	
<b>INSTALACIÓN VÁLIDA</b>	
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 15422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudáfricana SANS 15422
Aplicación	Saneamiento
Nombre de la instalación	Canalización de impulsión PVC-O
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja

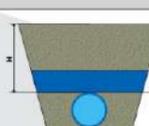


1/7

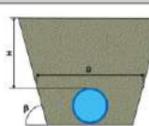
Tubería			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Código del producto	-	-	TOM14012B
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500 C 1.4
Presión nominal	PN	bar	12,5
Diámetro nominal	DN	mm	140
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Largo plazo.	$E_{E(p)}$	N/mm <sup>2</sup>	2800,0
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Corto plazo.	$E_{E(cp)}$	N/mm <sup>2</sup>	4000,0
Peso específico	$\gamma_t$	kN/m <sup>3</sup>	14,0
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Largo plazo.	$\sigma_{E(p)}$	N/mm <sup>2</sup>	70,0
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Corto plazo.	$\sigma_{E(cp)}$	N/mm <sup>2</sup>	100,0

Presiones			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Presión interna de trabajo	$P_i$	bar	12,5
Presión externa debido al agua	$P_e$	bar	0,0
Nivel freático	$H_0$	m	0,0

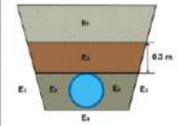

  

Geometría de la zanja			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Altura de zanja	H	m	1,47
Anchura de la zanja	B	m	0,75
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	$\beta$	°	90,0

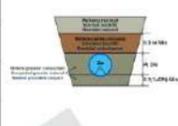


2/7

Apoyo y material de relleno			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Tipo de apoyo	-	-	A
Ángulo de apoyo	2α	°	90
Módulo de compresión de E <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	N/mm <sup>2</sup>	4,0
Porcentaje proctor E <sub>1</sub>		%	95,0
Grupo de suelo E <sub>1</sub>		-	G4
Módulo de compresión de E <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	N/mm <sup>2</sup>	16,0
Porcentaje proctor E <sub>2</sub>		%	95,0
Grupo de suelo E <sub>2</sub>		-	G1
Módulo de compresión de E <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	N/mm <sup>2</sup>	0,6
Porcentaje proctor E <sub>3</sub>		%	85,0
Grupo de suelo E <sub>3</sub>		-	G4
Módulo de compresión de E <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>	N/mm <sup>2</sup>	0,6
Porcentaje proctor E <sub>4</sub>		%	85,0
Grupo de suelo E <sub>4</sub>		-	G4
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m <sup>3</sup>	18,0
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m <sup>3</sup>	-



Apoyo Tipo A

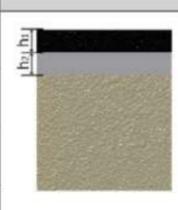


Tipo de relleno	
	Tubo 1
Tipo de relleno	Relleno por capas compactadas contra el suelo natural (sin verificación del grado de compactación), aplicable también para paredes soportadas por tabloneros (construcción Berlinesa).

Sobrecargas debido al tráfico			
	Nome.	Unidades	Tubo 1

Simbolo del vehiculo	-	t	-	
Número de ejes	-	-	-	
Distancia entre ruedas a	a	m	-	
Distancia entre ejes b	b	m	-	
Sobrecargas concentradas P <sub>c</sub>	P <sub>c</sub>	kN	-	
Sobrecargas distribuidas P <sub>d</sub>	P <sub>d</sub>	kN	-	
Coefficiente C <sub>d</sub>	C <sub>d</sub>	-	-	
Coefficiente de impacto Phi	Phi	-	-	

Pavimento			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
Altura de la primera capa del firme	h1	m	-
Altura de la segunda capa del firme	h2	m	-
Módulo de compresión de la primera capa	E <sub>f1</sub>	N/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de compresión de la segunda capa	E <sub>f2</sub>	N/mm <sup>2</sup>	-



Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
<b>Presión vertical debida al suelo</b>			
Presión vertical debida al suelo	q <sub>v</sub>	kN/m <sup>2</sup>	16,11
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P <sub>vc</sub>		0,00
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P <sub>vr</sub>		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q <sub>vt</sub>		16,11
<b>Presión lateral debida a la tierra</b>			
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q <sub>ht</sub>	kN/m <sup>2</sup>	11,10
<b>Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)</b>			
Deformación relativa	δ <sub>v</sub>	%	0,223
<b>Momentos flectores longitudinales</b>			
<b>Momento longitudinal total</b>			
En la clave	M	kN m/m	0,004905
En los riñones			-0,000939
En la base			0,008298
<b>Fuerzas normales (axil circunferencial)</b>			
<b>Fuerza normal total</b>			
En la clave	N	kN/m	81,8519
En los riñones			81,6072
En la base			81,7641
<b>Tensiones circunferenciales máximas</b>			

σ en clave	σ	N/mm <sup>2</sup>	23,35
σ en riñones			21,64
σ en base			24,73
<b>Coefficientes de seguridad a rotura</b>			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	ν	-	4,28
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			4,62
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			4,04
<b>Coefficientes de seguridad al aplastamiento</b>			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η <sub>s</sub>	-	70,52

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	Unidades	Tubo 1
<b>Presión vertical debida al suelo</b>			
Presión vertical debida al suelo	q <sub>v</sub>	kN/m <sup>2</sup>	15,85
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P <sub>vc</sub>		0,00
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P <sub>vr</sub>		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q <sub>vt</sub>		15,85
<b>Presión lateral debida a la tierra</b>			
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q <sub>ht</sub>	kN/m <sup>2</sup>	11,15
<b>Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)</b>			
Deformación relativa	δ <sub>v</sub>	%	0,244
<b>Momentos flectores longitudinales</b>			
<b>Momento longitudinal total</b>			
En la clave	M	kN m/m	0,004497
En los riñones			-0,000519
En la base			0,007841
<b>Fuerzas normales (axil circunferencial)</b>			
<b>Fuerza normal total</b>			

## 6. CONCLUSIONES

Tal y como se puede observar en los cálculos mecánicos realizados, las conducciones previstas son válidas.

En la clave	N	kN/m	81,8469
En los riñones			81,6249
En la base			81,7609
<b>Tensiones circunferenciales máximas</b>			
$\sigma$ en clave	$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	23,18
$\sigma$ en riñones			21,47
$\sigma$ en base			24,54
<b>Coefficientes de seguridad a rotura</b>			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	3,02
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			3,26
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			2,85
<b>Coefficientes de seguridad al aplastamiento</b>			
$\eta$ debido a la acción de la tierra y el agua	$\eta_3$	-	59,51

### 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.