



## ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PANTALLA ACÚSTICA ECOSOSTENIBLE

**Basilio MARTEL RODRÍGUEZ**  
basilio1martel@hotmail.com

**María de la O MORENO BALBOA**  
Universidad Alfonso X el Sabio  
mmorebal@myuax.com

**José Manuel QUINTANA SANTANA**  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
josemanuel.quintana@ulpgc.es

**Manuel MEDINA MOLINA**  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
medina.oo@gmail.com

Recibido: 12 de noviembre del 2015  
Enviado a evaluar: 13 de noviembre del 2015  
Aceptado: 3 de diciembre del 2015

### RESUMEN

El objeto de este estudio es comprobar la resistencia estructural de una pantalla acústica constituida con molido de poda de jardinería triturada, proveniente de los palmerales de Gran Canaria. Se ha utilizado arcilla como aglutinante, mediante su amasado con agua. Ambos materiales (molido y arcilla) se disponen en una proporción del 50%. En la pantalla real construida se midió una resistencia mayor a 2.000 kg/m<sup>2</sup> y es estructuralmente estable. Mediante la simulación a partir del software SOLIDWORKS se lleva a cabo la comprobación de la estabilidad y comportamiento, de la misma, en condiciones de viento y lluvia. Tras el análisis de los resultados del ensayo, podemos afirmar, que la pantalla, presenta buena estabilidad incluso con lluvia abundante.

**Palabras clave:** Pantalla acústica, ensayo, simulación, SolidWorks, resistencia, molido de podas, arcilla y palmerales.

## STRUCTURAL STUDY OF AN ECO-SUSTAINABLE NOISE BARRIER

### ABSTRACT

The object of the present study is to check the structural strength of a noise barrier made of ground gardening pruning, coming from the palm groves in Gran Canaria. Clay has been used as agglutinative material, mixing it with water. Both materials (pruning and clay) are used in equal proportions (50% and 50%). For the real barrier built we have measured a strength which is superior to 2.000 kg/m<sup>2</sup> and we have checked that it is structurally stable. By means of the SOLIDWORKS simulation we check its stability and its behaviour in windy and rainy conditions. Following the analysis of the test results we can state that the barrier has good stability even in heavy rain conditions.

**Keywords:** Noise barrier, test, simulation, SolidWorks, resistance, gardening pruning, clay and palm groves.

### ÉTUDE STRUCTURELLE D'UN ÉCRAN ACOUSTIQUE ECOSOSTENIBLE

### RÉSUMÉ

L'objet de cette étude est la vérification de la résistance structurelle d'un écran acoustique réalisé avec taille moulue de jardinage, provenant des palmeraies de la Grande Canarie. Nous avons utilisé de l'argile en tant que matériel agglutinant, en la mélangeant avec de l'eau. Les deux matériaux (la taille et l'argile) sont utilisés dans des proportions égales (50% et 50%). Pour l'écran réel bâti on a mesuré une résistance supérieure à 2.000 kg/m<sup>2</sup> et il est structurellement stable. Au travers de la simulation en SOLIDWORKS on vérifie sa stabilité et son comportement dans des conditions de vent et de pluie. Suite à l'analyse des résultats de l'essai nous pouvons affirmer que l'écran présente une bonne stabilité même dans des conditions de pluie abondante.

**Mots-clés:** Écran acoustique, essai, simulation, SolidWorks, résistance, moulue de jardinage, argile et palmeraies.

## 1. MATERIALES EMPLEADOS

### 1.1. ARCILLAS

La arcilla está formada por partículas de tamaño inferior a 0,002 mm y está constituida por cadenas tetraédricas y octaedríticas, unidas por enlaces covalentes débiles. Las moléculas de agua pueden introducirse entre las cadenas, lo que conlleva un aumento del volumen. Presentan una gran capacidad de retención de agua (Ibáñez, J.J., 2006).

Cuando un suelo de arcilla se mezcla con agua, la arcilla fluye como un semilíquido. Cuando se seca, el suelo se comporta como un material sólido plástico.

## 1.2. MOLIDO DE JARDINERÍA

El molido de jardinería proviene en mayor medida de los palmerales, ya que Gran Canaria posee 250 palmerales y unas 43.000 palmeras adultas naturales o silvestres distribuidas en todos los municipios, con excepción de San Mateo y Valleseco, donde no se han detectado núcleos naturales relevantes en sus términos municipales. Si a esta cantidad sumamos los ejemplares más jóvenes (brízales), cerca de 20.000, contabilizamos unos 63.000 ejemplares de palmeras en las isla de Gran Canaria.

De los 250 palmerales, un número muy relevante se distribuye en la vertiente sur de las isla, entre los barrancos de Tirajana y Mogán. En esta área que comprende los municipios sureños de Mogán, San Bartolomé y Santa Lucía de Tirajana, se extienden 102 poblaciones naturales que suponen el 41% de todas las palmeras de Gran Canaria.

Por municipios destacan Las Palmas de Gran Canaria ( $10,2\text{ km}^2$ ), San Bartolomé de Tirajana ( $8,7\text{ km}^2$ ) y Santa Lucía de Tirajana ( $7,56\text{ km}^2$ ) constituyendo entre los tres municipios el 45,7% de la extensión de palmeras en la isla.

El palmeral que mayor área ocupa es el situado en Ingenio, barranco de Los Majanos, municipio de Ingenio, que alcanza los  $1,38\text{ km}^2$  (Sosa, P.A. *et alii*, 2007)

No hay datos oficiales sobre la cantidad de poda de palmeras ni del resto de plantas.

El molido de jardinería ayuda a compactar la mezcla, se pretende aportar una solución a la excesiva cantidad de residuos generados en la localidad. Además, se ha comprobado mediante ensayos complementarios que el comportamiento de este sustrato frente a la atenuación del ruido es satisfactorio.

Figura 1. Tierra y triturado de jardinería empleados en la pantalla.



Fuente: Elaboración propia.

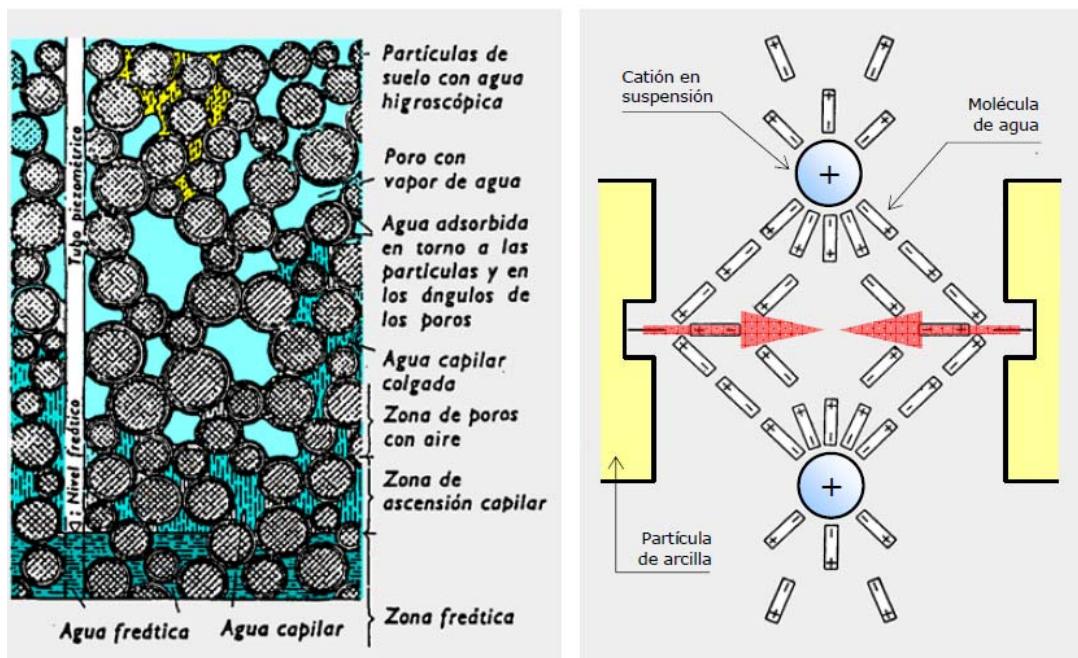
## 2. ESTADOS DE CONSISTENCIA

El comportamiento de la pantalla, al igual que el de un suelo, está muy influenciado por su contenido en agua, sobre todo por el contenido arcilloso.

En función del grado de humedad, la pantalla puede adquirir diferentes estados de consistencia:

- **Plástico:** El material de la estructura es fácilmente moldeable, presentando grandes deformaciones con la aplicación de esfuerzos pequeños.
- **Semisólido:** La pantalla deja de ser moldeable, pues se quiebra y resquebraja antes de cambiar de forma. No obstante, no es un sólido puro, ya que disminuye de volumen si continúa perdiendo agua. Su comportamiento mecánico es aceptable.
- **Sólido:** En este estado el suelo alcanza la estabilidad, ya que su volumen no varía con los cambios de humedad. El comportamiento mecánico es óptimo [BAÑO00].

Figura 2. Origen de la cohesión en suelos arcillosos.



Fuente: Banon, L. et alii (2000).

## 3. RESISTENCIA DEL SUELLO

Es importante conocer el comportamiento de la pantalla tanto a nivel teórico como real. La pantalla es una estructura resistente donde es importante conseguir estabilidad mecánica, distribución de las tensiones, que no se produzcan asientos excesivos incluso, el colapso.

Existen dos procedimientos de ensayo muy extendidos para determinar la resistencia mecánica del suelo: Los límites de Atterberg (NLT-105 y NLT-106) y el equivalente de arena (NLT-113), si bien el primero es más preciso que el segundo (Banon, L. et alii, 2000).

## 4. LÍMITES DE ATTERBERG

Atterberg fue pionero en determinar la relación existente entre el grado de plasticidad de un suelo con su contenido en agua o humedad, expresado en función del peso seco de la muestra. También fue él quien definió los cuatro estados de consistencia de los suelos y determinó los límites entre ellos, observando la variación de diferentes propiedades físicas y mecánicas.

De los límites anteriormente mencionados, interesa especialmente la determinación del límite plástico, ya que éstos presentan una alta deformabilidad del suelo y una drástica reducción de su capacidad portante. Afinando más todavía, el interés se centra en determinar el intervalo de humedad para el cual el suelo se comporta de manera plástica, es decir, su plasticidad (Banon, L. *et alii*, 2000).

## 5. COMPACIDAD DEL SUELO

La compacidad de un suelo es una propiedad importante, al estar directamente relacionada con la resistencia, deformabilidad y estabilidad; adquiere una importancia crucial en el caso de los terraplenes y todo tipo de relleno en general, en los que el suelo debe quedar lo más consolidado posible para evitar asientos.

## 6. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD

En la compactación de suelos, la humedad juega un papel decisivo: mientras que un suelo seco necesita una determinada energía de compactación para vencer los rozamientos internos entre sus partículas, el mismo suelo ligeramente húmedo precisará un menor esfuerzo, ya que el agua se comporta como un agente lubricante formando una película alrededor de los granos y disminuyendo la fricción entre ellos.

Si aumentamos el porcentaje de agua, llegará un momento en el que ésta haya ocupado la totalidad de los huecos del mismo. Este hecho acarrearía un aumento de volumen (dada la incompresibilidad del líquido elemento) y una mayor dificultad para evacuarlo del suelo, por lo que su compacidad disminuirá. De la anterior explicación, se deduce que existirá una humedad óptima con la que se obtenga una compacidad máxima, para una misma energía de compactación (Banon, L. *et alii*, 2000).

## 7. RESISTENCIA DE LA PANTALLA

Para comprobar la resistencia se midió en varios puntos: a alturas de 2 metros y 3 metros; transcurridas 24 horas, tras el llenado y compactado de la pantalla. Para cada punto de medida se homogeneizó una superficie circundante de 0,25 m<sup>2</sup> mediante una mezcla a partes iguales de arcilla y de molido de jardinería, utilizando como aglutinante una proporción de 1/2 de agua y aglutinado en hormigonera. Dicho elemento se sometió a una carga homogénea de 220 kg. Como resultado se obtuvo una resistencia por cm<sup>2</sup> de (220 kg/1089 cm<sup>2</sup>) 0,20 kg/cm<sup>2</sup>.

## 8. JUSTIFICACIÓN DE DATOS

A continuación se exponen los datos de partida, Figura 3.

Figura 3. Propiedades mecánicas y físicas de rocas y suelos naturales.

Material	Rocas y suelos naturales			
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda^{(1)}$ [W/m·K]	$c_p$ [J/kg·K]	$\mu$
<b>Rocas Ígneas</b>				
Basalto	2.700 ≤ $\rho$ ≤ 3.000	3,50	1.000	10.000
Granito	2.500 ≤ $\rho$ ≤ 2.700	2,80	1.000	10.000
Piedra pómez natural	$\rho$ ≤ 400	0,12	1.000	6
Roca natural porosa (por ej. Lava)	$\rho$ ≤ 1.600	0,55	1.000	15
Traquita, andesita	2.000 ≤ $\rho$ ≤ 2.700	1,10	1.000	15
<b>Rocas o suelos sedimentarios</b>				
Arcilla o limo	1.200 ≤ $\rho$ ≤ 1.800	1,50	1.670-2.500	50
Arena y grava	1.700 ≤ $\rho$ ≤ 2.200	2,00	910-1.180	50
Arenisca	2.200 ≤ $\rho$ ≤ 2.600	3,00		
Asperón	1.900 ≤ $\rho$ ≤ 2.500	1,80	1.000	40
	1.300 ≤ $\rho$ ≤ 1.900	0,90	1.000	20
Caliza, muy dura	2.200 ≤ $\rho$ ≤ 2.590	2,30	1.000	200
Caliza, dura	2.000 ≤ $\rho$ ≤ 2.190	1,70	1.000	150
Caliza, dureza media	1.800 ≤ $\rho$ ≤ 1.990	1,40	1.000	40
Caliza, blanda	1.600 ≤ $\rho$ ≤ 1.790	1,10	1.000	25
Caliza, muy blanda	$\rho$ ≤ 1.590	0,85	1.000	20
Sílex	2.600 ≤ $\rho$ ≤ 2.800	2,60	1.000	10.000
<b>Rocas metamórficas</b>				
Gneis, Pórfito	2.300 ≤ $\rho$ ≤ 2.900	3,50	1.000	10.000
Esquisto, Pizarra	2.000 ≤ $\rho$ ≤ 2.800	2,20	1.000	800
Mármol	2.600 ≤ $\rho$ ≤ 2.800	3,50	1.000	10.000

Fuente: Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, con la colaboración de CEPCO y AICIA (2010).

Utilizando datos promedios entre tierra vegetal y arcilla y limo ( $1.200 \leq$  densidad  $\leq 1.925$ ), promedio  $1.562 \text{ kg/m}^3$  (Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, 2010). Se toma un valor de  $1.680 \text{ kg/m}^3$ , superior al promedio, ya que el molido de jardinería es más consistente que el limo.

Para el cálculo de la fuerza del viento se aplica la fórmula del CTE DB-SE-AE. Acciones en la edificación, artículo 3.3 (Ministerio de Fomento, 2009).

$$q_e = q_b c_e c_p$$

donde  $q_b$  es la presión dinámica del viento,

$c_e$  es el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.

$c_p$  es el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión.

De forma simplificada, como valor de la presión dinámica del viento en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse  $0,5 \text{ kN/m}^2$ .

En la Tabla 3.4 del capítulo 3.3.3 del CTE-DB-SE-AE se establecen los valores del coeficiente de exposición. Se ha elegido un valor de 2,2, ligeramente superior al correspondiente para terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia a una altura de 3 m, por ser una zona de viento racheado.

Para calcular el coeficiente eólico, la tabla 3.5 del capítulo 3.3.4 del CTE-DB-SE-AE establece los valores para edificios de pisos en función de la esbeltez en el plano paralelo al viento. La esbeltez se ha calculado mediante la relación entre altura y profundidad máxima de la barrera, resultando un valor de 1,67. El coeficiente eólico resultante es igual a 0,8.

$$q_e = 0,5 \cdot 2,2 \cdot 0,8 = 0,88 \text{ N/m}^2$$

Figura 4. Valores orientativos de NSPT, resistencia a compresión simpley módulo de elasticidad de suelos. Datos para el cálculo de la elasticidad y el límite elástico.

Tipo de suelo	N <sub>SPT</sub>	q <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>Suelos muy flojos o muy blandos</b>	< 10	0 - 80	< 8
<b>Suelos flojos o blandos</b>	10 - 25	80 - 150	8 - 40
<b>Suelos medios</b>	25 - 50	150 - 300	40 - 100
<b>Suelos compactos o duros</b>	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
<b>Rocas blandas</b>	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
<b>Rocas duras</b>	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
<b>Rocas muy duras</b>	Rechazo	> 40.000	> 15.000

Fuente: Muelas Rodríguez, Á. (2015).

Se exponen a continuación los datos que verifican el cumplimiento del requisito que indica la Norma ISO 9613-2 7.4 (la densidad superficial debe ser mayor a 10 kg/m<sup>2</sup>) (ISO 9613-2, 1996).

- Para suelos medios:  
Límite de resistencia 150 – 300 kN/m<sup>2</sup>. Elasticidad 40 - 100 MN/m<sup>2</sup>.
- Para suelos blandos:  
Límite de resistencia 80 – 150 kN/m<sup>2</sup>. Elasticidad 8 - 40 MN/m<sup>2</sup>.

Se han tomado los siguientes valores:

1. Pieza 1P (cara trasera 150 kN/m<sup>2</sup> y 40 MN/m<sup>2</sup>).
2. Pieza 2P (cara trasera 225 kN/m<sup>2</sup> y 70 MN/m<sup>2</sup>).
3. Pieza 3P (cara trasera 300 kN/m<sup>2</sup> y 100 MN/m<sup>2</sup>).
4. Pieza 4P (cara delantera 150 kN/m<sup>2</sup> y 40 MN/m<sup>2</sup>).
5. Pieza 5P (cara delantera 225 kN/m<sup>2</sup> y 70 MN/m<sup>2</sup>).
6. Pieza 6P (cara delantera 300 kN/m<sup>2</sup> y 100 MN/m<sup>2</sup>)
7. Pieza 7P (cara trasera 80 kN/m<sup>2</sup> y 8 MN/m<sup>2</sup>)
8. Pieza 8P (cara delantera 80 kN/m<sup>2</sup> y 8 MN/m<sup>2</sup>)
9. Pieza 9P (cara delantera 300 kN/m<sup>2</sup> y 100 MN/m<sup>2</sup>)

### **Simulación.**

Se ha realizado una simulación de la capacidad estructural (factor de seguridad y deformación) de la barrera con el software SOLIDWORKS.

## **Descripción.**

La pantalla posee las siguientes dimensiones:

Longitud: 4 m.

Altura: 3 m.

Sección: trapezoidal rectangular de 1,80 m de base y 0,55 m en la base superior.

Material: mezcla a partes iguales de arcilla y de molido de jardinería, utilizando como aglutinante una proporción de 1/2 de agua.

Figura 5. Pantalla real sobre la que se han realizado pruebas de resistencia y medidas acústicas.



Fuente: Elaboración propia.

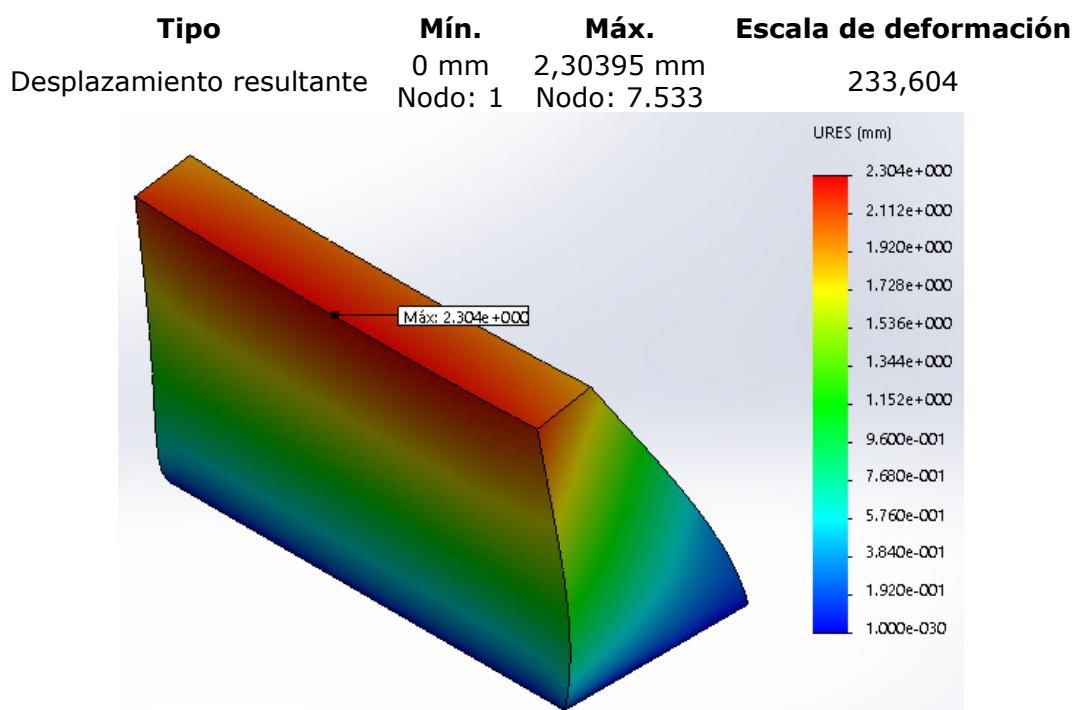
## 9. SIMULACIÓN DE LA PIEZA 1P.

### 9.1. PROPIEDADES DEL MATERIAL

<b>Límite elástico:</b>	150.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Límite de compresión:</b>	150.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	4e+007 N/m <sup>2</sup>
<b>Coeficiente de Poisson:</b>	0,35
<b>Densidad:</b>	1.680 kg/m <sup>3</sup>

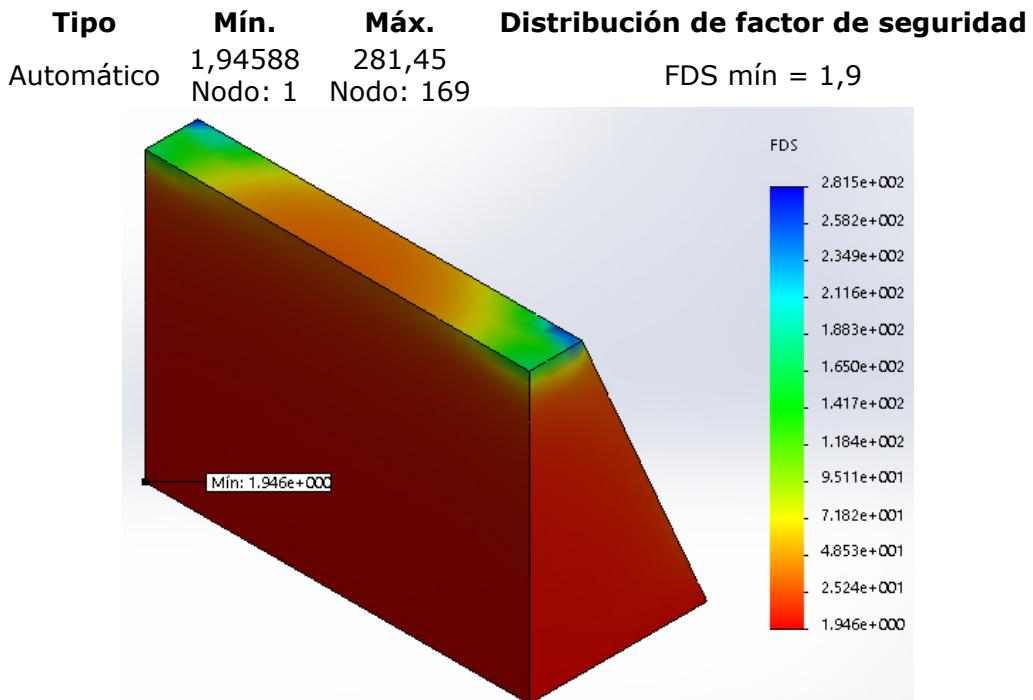
### 9.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 9.2.1. DESPLAZAMIENTOS



La deformación oscila entre 0 y 2,3 mm.

### 9.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD



Las fuerzas aplicadas son 1,95 veces menores que el límite elástico.

### 9.3. CONCLUSIÓN

En base a los datos mostrados, podemos afirmar que la pantalla, en el caso más desfavorable, es capaz de resistir una fuerza de hasta 1.712,37 N/m<sup>2</sup> producida por viento siendo la fuerza estudiada, en base a la normativa aplicada, de 880 N/m<sup>2</sup>, por lo tanto la resistencia es muy superior a la necesaria.

La deformación máxima a la fuerza aplicada es de 2,3 mm.

## 10. SIMULACIÓN DE LA PIEZA 2P.

### 10.1. PROPIEDADES DEL MATERIAL

<b>Límite elástico:</b>	230.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Límite de compresión:</b>	225.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	7e+007 N/m <sup>2</sup>
<b>Coeficiente de Poisson:</b>	0,35
<b>Densidad:</b>	1.680 kg/m <sup>3</sup>

### 10.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 10.2.1. DESPLAZAMIENTOS

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Escala de deformación</b>
Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	1,31654 mm Nodo: 7.533	391,307

Deformación máxima 1,32 mm.

#### 10.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Distribución de factor de seguridad</b>
Automático	2,98368 Nodo: 1	431,557 Nodo: 169	FDS mín = 3

Factor de seguridad 2,98.

### 10.3. CONCLUSIÓN

En base a los datos mostrados, podemos afirmar que la pantalla, en el caso más desfavorable, es capaz de resistir una fuerza de hasta 2.625,64 N/m<sup>2</sup> producida por viento siendo la fuerza estudiada, en base a la normativa aplicada, de 880 N/m<sup>2</sup>, por lo tanto la resistencia es muy superior a la necesaria.

La deformación máxima a la fuerza aplicada es de 1,32 mm.

## 11. SIMULACIÓN DE LA PIEZA 3P.

### 11.1. PROPIEDADES DEL MATERIAL

<b>Límite elástico:</b>	300.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Límite de compresión:</b>	300.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	1e+008 N/m <sup>2</sup>
<b>Coeficiente de Poisson:</b>	0,35
<b>Densidad:</b>	1.680 kg/m <sup>3</sup>

### 11.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 11.2.1. DESPLAZAMIENTOS

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Escala de deformación</b>
Desplazamiento resultante Nodo: 1	0 mm Nodo: 1	0,921581 mm Nodo: 7.533	559,01

Deformación máxima menor de 1 mm.

#### 11.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Distribución de factor de seguridad</b>
Automático Nodo: 1	3,89176 Nodo: 1	562,9 Nodo: 169	FDS mín = 3,9

Factor de seguridad 3,89.

### 11.3. CONCLUSIÓN

En base a los datos mostrados, podemos afirmar que la pantalla, en el caso más desfavorable, es capaz de resistir una fuerza de hasta 3.424,75 N/m<sup>2</sup> producida por viento siendo la fuerza estudiada, en base a la normativa aplicada, de 880 N/m<sup>2</sup>, por lo tanto la resistencia es muy superior a la necesaria.

La deformación máxima a la fuerza aplicada es menor que 1 mm.

## 12. SIMULACIÓN DE LA PIEZA 4P.

### 12.1. PROPIEDADES DEL MATERIAL

<b>Límite elástico:</b>	150.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Límite de compresión:</b>	150.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	4e+007 N/m <sup>2</sup>
<b>Coeficiente de Poisson:</b>	0,35
<b>Densidad:</b>	1.680 kg/m <sup>3</sup>

### 12.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 12.2.1. DESPLAZAMIENTOS

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Escala de deformación</b>
Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	4,26671 mm Nodo: 7.533	112,555
Deformación máxima 4,27 mm.			

#### 12.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Distribución de factor de seguridad</b>
Automático	1,50332 Nodo: 1	1.267,73 Nodo: 401	FDS mín = 1,5

Factor de seguridad 1,5.

### 12.3. CONCLUSIÓN

En base a los datos mostrados, podemos afirmar que la pantalla, en el caso más desfavorable, es capaz de resistir una fuerza de hasta 1.322,92 N/m<sup>2</sup>, producida por viento siendo la fuerza estudiada, en base a la normativa aplicada, de 880 N/m<sup>2</sup>, por lo tanto la resistencia es muy superior a la necesaria.

La deformación máxima a la fuerza aplicada es de 4,27 mm.

## 13. SIMULACIÓN DE LA PIEZA 5P.

### 13.1. PROPIEDADES DEL MATERIAL

<b>Límite elástico:</b>	230.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Límite de compresión:</b>	225.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	7e+007 N/m <sup>2</sup>
<b>Coeficiente de Poisson:</b>	0,35
<b>Densidad:</b>	1.680 kg/m <sup>3</sup>

### 13.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 13.2.1. DESPLAZAMIENTOS

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Escala de deformación</b>
Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	2,43812 mm Nodo: 7.533	196,971

Deformación máxima 2,44 mm.

#### 13.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Distribución de factor de seguridad</b>
Automático	2,30508 Nodo: 1	1.943,86 Nodo: 401	FDS mín = 2,3

Factor de seguridad 2,30.

### 13.3. CONCLUSIÓN

En base a los datos mostrados, podemos afirmar que la pantalla, en el caso más desfavorable, es capaz de resistir una fuerza de hasta 2.028,47 N/m<sup>2</sup>, producida por viento siendo la fuerza estudiada, en base a la normativa aplicada, de 880 N/m<sup>2</sup>, por lo tanto la resistencia es muy superior a la necesaria.

La deformación máxima a la fuerza aplicada es de 2,44 mm.

## 14. SIMULACIÓN DE LA PIEZA 6P.

### 14.1. PROPIEDADES DEL MATERIAL

<b>Límite elástico:</b>	300.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Límite de compresión:</b>	300.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	1e+008 N/m <sup>2</sup>
<b>Coeficiente de Poisson:</b>	0,35
<b>Densidad:</b>	1.680 kg/m <sup>3</sup>

### 14.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 14.2.1. DESPLAZAMIENTOS

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Escala de deformación</b>
Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	1,70668 mm Nodo: 7.533	281,388

Deformación máxima 1,7 mm.

#### 14.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Distribución de factor de seguridad</b>
Automático	3,00663 Nodo: 1	2.535,46 Nodo: 401	FDS mín = 3

Factor de seguridad 3.

### 14.3. CONCLUSIÓN

En base a los datos mostrados, podemos afirmar que la pantalla, en el caso más desfavorable, es capaz de resistir una fuerza de hasta 2.645,83 N/m<sup>2</sup>, producida por viento siendo la fuerza estudiada, en base a la normativa aplicada, de 880 N/m<sup>2</sup>, por lo tanto la resistencia es muy superior a la necesaria.

La deformación máxima a la fuerza aplicada es de 1,7 mm.

## 15. SIMULACIÓN DE LA PIEZA 7P.

Con cargas por viento. Densidad 1.200 kg/m<sup>3</sup>, se considera que ha superado el punto de saturación de agua.

### 15.1. PROPIEDADES DEL MATERIAL

<b>Límite elástico:</b>	800.000 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	8e+006 N/m <sup>2</sup>
<b>Coeficiente de Poisson:</b>	0,35
<b>Densidad:</b>	1.200 kg/m <sup>3</sup>

### 15.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 15.2.1. DESPLAZAMIENTOS

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Escala de deformación</b>
Desplazamiento resultante Nodo: 1	0 mm	7,03295 mm Nodo: 7.533	67,2061

Deformación máxima 7 mm.

#### 15.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Distribución de factor de seguridad</b>
Automático	15,43	2.067	FDS mín = 15

Factor de seguridad 15.

### 15.3. CONCLUSIÓN

En este ensayo la fuerza del viento es 880 N/m<sup>2</sup>.

La deformación máxima a la fuerza aplicada es de 7 mm en la parte superior trasera.

No hay afección importante por lluvia excesiva y viento excesivo.

## 16. SIMULACIÓN DE LA PIEZA 8P.

Con cargas por viento. Densidad  $1.200 \text{ kg/m}^3$ , se considera que ha superado el punto de saturación de agua.

### 16.1. PROPIEDADES DEL MATERIAL

<b>Límite elástico:</b>	$800.000 \text{ N/m}^2$
<b>Módulo elástico:</b>	$8e+006 \text{ N/m}^2$
<b>Coeficiente de Poisson:</b>	0,35
<b>Densidad:</b>	$1.200 \text{ kg/m}^3$

### 16.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 16.2.1. DESPLAZAMIENTOS

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Escala de deformación</b>
Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	16,7535 mm Nodo: 7.533	28,1188

Deformación máxima 16,75 mm.

#### 16.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD

<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Distribución de factor de seguridad</b>
Automático	10,7333 Nodo: 1	8.714,88 Nodo: 9.994	FDS mín = 11

Factor de seguridad 11.

### 16.3. CONCLUSIÓN

En este ensayo hay fuerza del viento  $880 \text{ N/m}^2$ .

La deformación máxima a la fuerza aplicada es de 16,75 mm en la parte superior trasera.

No hay afección importante por lluvia excesiva y viento excesivo.

## 17. SIMULACIÓN DE LA PIEZA 9P.

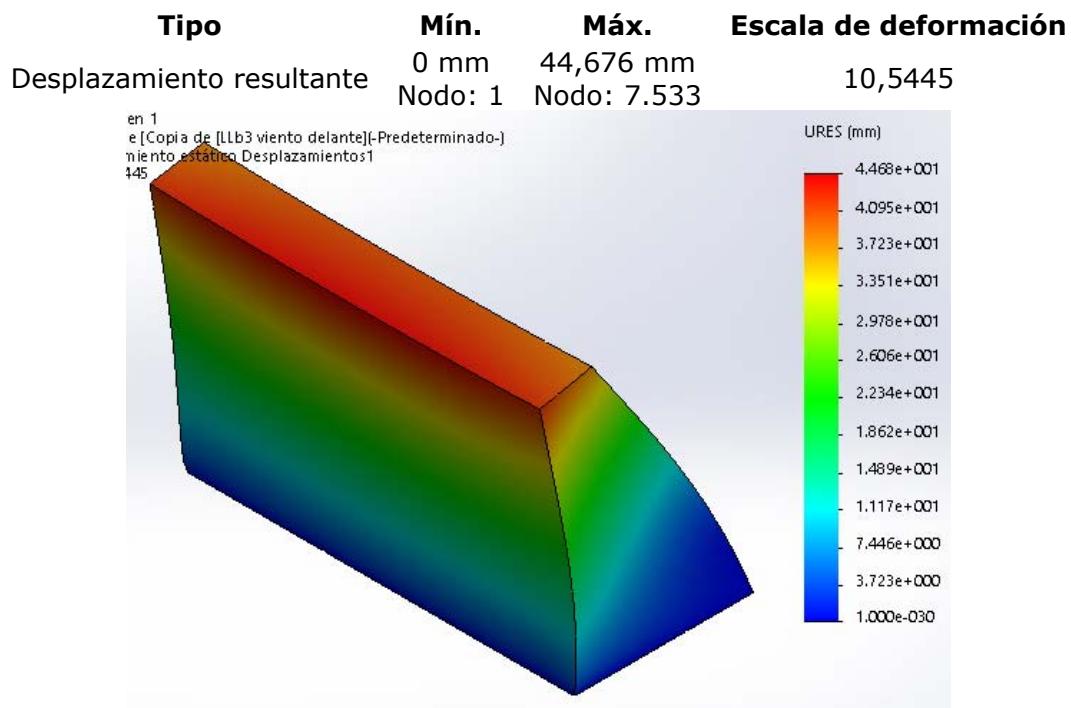
Con cargas por viento. Densidad  $1.200 \text{ kg/m}^3$ , se considera que ha superado el punto de reblandecimiento por sobresaturación de agua.

### 17.1. PROPIEDADES DEL MATERIAL

<b>Límite elástico:</b>	$150.000 \text{ N/m}^2$
<b>Módulo elástico:</b>	$3e+006 \text{ N/m}^2$
<b>Coeficiente de Poisson:</b>	0,35
<b>Densidad:</b>	$1.200 \text{ kg/m}^3$

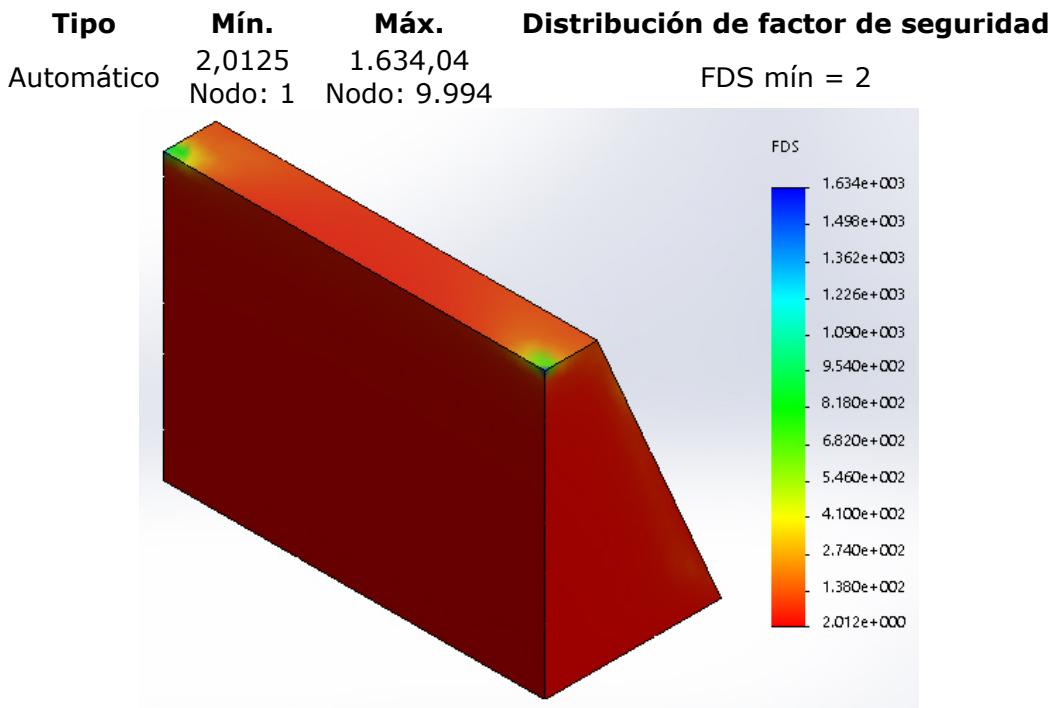
### 17.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 17.2.1. DESPLAZAMIENTOS



Deformación máxima 44,68 mm.

### 17.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD



Factor de seguridad 2.

### 17.3. CONCLUSIÓN

En base a los datos mostrados, podemos afirmar que la pantalla, en el caso más desfavorable, es capaz de resistir una fuerza de hasta  $1.771 \text{ N/m}^2$ , producida por viento siendo la fuerza estudiada, en base a la normativa aplicada, de  $880 \text{ N/m}^2$ , por lo tanto la resistencia es muy superior a la necesaria.

La deformación máxima a la fuerza aplicada es de 44,68 mm.

## 18. CONCLUSIONES FINALES

La pantalla en seco tiene una buena estabilidad frente a su propia forma y frente a las fuerzas exteriores como el viento. La arcilla mezclada con el molido de jardinería y con poca humedad casi no sufre deformación al aplicarle 220 kg de peso sobre una superficie de  $0,11 \text{ m}^2$ .

Medidas límite: Factor de seguridad de 1,5 en la pieza 4P y deformación máxima de 16,75 mm en la pieza 8P.

Al aumentar el grado de humedad tiene un buen comportamiento hasta llegar a la saturación que pasa a comportarse como plástico. En Gran Canaria, en la zona de costa, las lluvias suelen ser ocasionales y de poca duración. Para que la pantalla se sature se requiere que la lluvia dure más de un día, ya que la arcilla mezclada tiene una cierta resistencia a la penetración del agua.

Si por seguridad se requiere reducir la posible deformación plástica de la pantalla por saturación se puede corregir enjaulándola con mallazo, retícula metálica en la que las varillas de acero están soldadas en los puntos de intersección.

## 19. BIBLIOGRAFÍA

- BAÑÓN Blázquez, Luis y BEVIÁ García, José Francisco (2000). *Manual de carreteras. Volumen II: Construcción y mantenimiento*. Editorial Enrique Ortiz e Hijos, Contratista de obras S.A. Alicante.
- IBÁÑEZ, Juan José. *EL agua en el Suelo 4: Textura del Suelo y Propiedades Hídricas*. MadrI+D Fundación para el Conocimiento. Consejería de Educación, Juventud y Deporte, Comunidad de Madrid, 2006 [En línea] Consultado en web: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887>. Fecha de consulta: Noviembre, 2015.
- Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, con la colaboración de CEPCO y AICIA (2010). *Catálogo de Elementos Constructivos*. Ministerio de Vivienda.
- ISO 9613-2 *Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors*, 1996.
- Ministerio de Fomento (2009). *Documento Básico, S. E. A. E. Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación*. Código Técnico de la Edificación, pág. 7-8.
- MUELAS Rodríguez, Ángel. *Manual de mecánica del suelo y cimentaciones*. [En línea] Consultada en web: [http://www.uned.es/dpto-icf/mecanica\\_del\\_suelo\\_y\\_cimentaciones/images/mecansueloycimentaciones\\_anejoA.pdf](http://www.uned.es/dpto-icf/mecanica_del_suelo_y_cimentaciones/images/mecansueloycimentaciones_anejoA.pdf). Fecha de consulta: Septiembre, 2015.
- SOSA, P. A.; NARANJO, A.; MÁRQUEZ, M.; ESCANDELL, A. y GONZÁLEZ Pérez, M. Á (2007). *Atlas de los palmerales de Gran Canaria*. Obra Social de la Caja de Canarias.