

# Normalización de invernaderos, análisis de la situación en Almería

No es posible aplicar la normativa europea con garantías en todos los invernaderos españoles

El objetivo de este artículo es analizar la normativa actual de invernaderos en España, su dificultad de aplicación y la necesidad de normativa específica para el invernadero tipo Almería. Se analiza el origen de la norma en vigor, los tipos de invernaderos a los que es aplicable y los problemas para poder cumplir determinadas tolerancias en elementos estructurales como son las cimentaciones sometidas a esfuerzos de tracción.

**Araceli Peña Fernández y José Pérez Alonso.**

Departamento de Ingeniería Rural. Universidad de Almería.

La agricultura en invernaderos es uno de los principales motores de la economía en zonas como la provincia de Almería, donde supone el 40% de la actividad económica, con una producción final agraria estabilizada que supera 1.500 millones de euros. La superficie actual de invernaderos ronda las 30.000 ha. La tipología de los mismos corresponde principalmente al invernadero tipo Almería en un 92,4%, en sus variantes parral plano (63,9%) y raspa y amagado (28,5%).

El subtipo raspa y amagado es el más solicitado por los agricultores a la hora de renovar sus estructuras; y en menor medida el invernadero multitúnel, debido a la efectividad y bajo coste estructural del primero. La construcción de nuevos invernaderos se debe realizar atendiendo a factores de seguridad, teniendo en cuenta los condicionantes específicos de la zona y manteniendo precios competitivos.

Los invernaderos en la provincia son de escaso peso estructural, cubierta de plástico y alambre pretensado, siendo la causa de colapso de los mismos la succión provocada por los fuertes vientos. El objetivo de este artículo es analizar la normativa actual de invernaderos en España, su dificultad de aplicación y la necesidad de normativa específica para el invernadero tipo Almería. Se analiza el origen de la norma en vigor, los tipos de invernaderos a los

que es aplicable, y los problemas para poder cumplir determinadas tolerancias en elementos estructurales como son las cimentaciones sometidas a esfuerzos de tracción.

## Evolución de la normalización de invernaderos en Europa

La normalización de invernaderos pretende establecer criterios de cálculo y puesta en obra de las estructuras, que aseguren la eficacia de las mismas, minimizando el riesgo de colapso. Es, por tanto, de interés para agricultores, empresas constructoras, entidades encargadas de su financiación y aseguradoras.

En Holanda se utilizan normas para invernaderos desde 1978, siendo el primer país europeo que dispone de una norma específica para la construcción de los mismos. En Grecia se pusieron en práctica las normas nacionales para invernaderos en 1987 y, desde entonces, ha surgido el problema de la adaptación de esta normativa a la de otros países de la Unión Europea. En España, no se elabora una primera norma de invernaderos hasta 1992, la norma experimental UNE 76-208092 *invernaderos*. Y



Foto 1. Estructura de un invernadero tipo Almería.

así sucesivamente podríamos citar los diferentes intentos de normalización de los países europeos con tradición de producción agrícola bajo invernadero.

La idea de elaborar una norma sobre invernaderos, común para varios países europeos, nace en el Instituto de Normalización de Holanda (NNI), que tomó la iniciativa de proponer al Comité Europeo de Normalización (CEN) el establecimiento de una norma europea para invernaderos. Después de consultar con otros institutos europeos de normalización, y de obtener su apoyo a esta idea, la organización (CEN) acordó formar el comité CEN-TC 284 *Invernaderos*. La primera reunión del mismo tuvo lugar el 23 de abril de 1993 en Rotterdam. Este comité opera bajo la presidencia del Reino Unido y el secretariado de Holanda y en su inicio participan en la creación de la norma Reino Unido, Holanda, Alemania, Francia, Italia, España y Bélgica. Actualmente forman parte de este comité además de los países anteriores: Austria, Dinamarca, Finlandia, Grecia, Irlanda, Islandia, Luxemburgo, Noruega, Portugal, República Checa, Suecia y Suiza. La única norma existente actualmente sobre la construcción de invernaderos en Europa es la UNE-EN 13031-1, *Invernaderos, proyecto y construcción. Parte 1: Invernaderos para producción comercial*, de obligado cumplimiento en todos los países miembros del Comité Europeo de Normalización.

Para elaborar la citada norma, el comité de redacción de la misma tuvo en cuenta la normativa existente en cada país miembro. Holanda, Francia y Reino Unido disponían entonces de normativa para la regularización en la construcción de invernaderos de vidrio, estructura metálica, e invernaderos túnel o multitúnel. Por supuesto, adaptada a los condicionantes climáticos centro-europeos, tan distintos de los del sureste español, donde existe la mayor concentración de invernaderos del mundo. Tan sólo Italia aportó un documento sobre especificaciones generales de invernaderos con cubierta plástica. De hecho, la norma propone veinticinco normas de consulta, de las cuales trece se refieren a construcción con vidrio, y el resto a eurocódigos que en España tienen carácter consultivo.

## Normativa actual para los invernaderos en España

La norma en vigor de invernaderos en España, como ya se ha indicado, es la UNE-EN 13031-1, *Invernaderos, proyecto y construcción. Parte 1: Invernaderos para producción comercial*. En ella se especifican los principios generales, así como los requisitos de resistencia mecánica y estabilidad, estado de servicio y durabilidad, para el proyecto y construcción de invernaderos comerciales para la producción de plantas y cultivos, incluyendo la cimentación. Esta norma están obligados a adoptarla los órganos de normalización de los países miembros del Comité Europeo de Normalización, y por tanto España.

La actual norma de invernaderos está basada en la Norma Europea Experimental ENV 1991 (Eurocódigo 1) *Bases del proyecto y acciones en estructuras*, con la consideración de los principios generales, requisitos de resistencia mecánica, estabilidad, servicios y durabilidad. Es interesante resaltar que la norma UNE-EN 13031-1 posibilita a cada Estado miembro de CEN a desarrollar normativa que complementa a la misma, en lo relativo a las acciones a considerar en el cálculo, como es el caso de la acción del viento. Es por esto por lo que se ha publicado en 2002 el informe UNE 76209 IN, *Acciones del viento en invernaderos comerciales*,

que complementa al Eurocódigo 1, y divide el territorio español en cinco zonas eólicas. Para cuestiones de cálculo y dimensionamiento se tienen en cuenta principalmente las Normas Europeas Experimentales ENV 1992-ENV 1999 (Eurocódigos 2-9).

La norma proporciona la información complementaria para tener en cuenta los requisitos particulares de funcionalidad y formas de los invernaderos comerciales, los cuales deben ser distintos de los edificios ordinarios.

El diseño de invernaderos basado en la norma europea proporciona información específica acerca de la distribución de cargas, criterios de deformación y tolerancias, para la adaptación a los Eurocódigos Estructurales, Normas Europeas Experimentales ENV 1991- ENV 1999. Esto está justificado porque a diferencia de los edificios convencionales, los invernaderos tienen unas condiciones específicas de vida útil teórica, y la presencia humana está restringida a niveles bajos de personal autorizado.

La norma española (europea) clasifica los invernaderos en función de la vida mínima útil de su estructura y la existencia de desplazamiento de la misma como resultado de la acción de las cargas, que puede estar impedida por el cerramiento. En base a esta clasificación se proyectará considerando los estados límite de servicio y los estados límite últimos.

En la norma se recogen las bases de cálculo de los estados límites, los ensayos de materiales, y se establecen una serie de tolerancias en cuanto a desplazamientos de canalones, paneles de revestimiento, pilares y cimentaciones. Especifica las acciones y la combinación de las mismas a considerar para obtener la más desfavorable y poder proceder a los cálculos. Facilita un anejo con los coeficientes a tener en cuenta para cada acción, en función del país de que se trate.

## Dificultad en la aplicación de la Norma de invernaderos en Almería

Hasta la fecha no se tiene conocimiento de ningún invernadero en la provincia de Almería que haya recibido la acreditación de AENOR (Asociación Española de Acreditación y Normalización), aspecto a destacar teniendo en cuenta que la norma lleva más de un año en vigor. Las razones pueden ser diversas, entre las que destaca que sólo se ajusta a las especificaciones de los invernaderos multitúnel o Venlo (de cristal), cuya superficie en la provincia es poco más que anecdótica comparada con la que ocupa el invernadero tipo Almería. Pero las verdaderas dificultades de aplicación resultan de la propia norma: por un lado la complejidad en los cálculos, que puede ser salvada con los métodos y medios actuales y, por otro, la dificultad de estimar valores de desplazamiento para no superar las tolerancias establecidas.

La aplicación de esta normativa a un invernadero multitúnel típico, formado por módulos de 8 m de luz (ancho), separación entre pórticos de 5 m, y una separación entre arcos de 2,5 m, situado en Almería, ha dado como resultado que las secciones que se estaban utilizando en los arcos (se colocan perfiles huecos redondos con 60 mm de diámetro exterior y 1,5 mm de espesor), en las correas (se disponen perfiles huecos redondos con 35 mm de diámetro exterior y 1,5 mm de grosor), y en los pilares (se utilizan perfiles huecos rectangulares cuyas dimensiones son: 100 mm de alto, 50 mm de ancho y 3 mm de grosor), son insuficientes para cumplir con la norma, mientras que otros elementos estructurales resultaban sobredimensionados, tales como tornapuntas y tirantes de cultivo.

La norma establece tolerancias de desplazamientos y deformaciones que pueden calcularse fácilmente si los elementos estructurales que se consideran son rígidos, lo que sucede en estructuras tipo pórtico de acero, como las de los invernaderos multitúnel. El problema surge cuando el comportamiento es elástico-plástico, como sucede con la interacción suelo-cimentación. También fija un desplazamiento máximo de la cimentación igual al valor de la profundidad de enterramiento de la misma dividido por 50 (L/50).

Cuando la cimentación trabaja a compresión, el proyectista puede recurrir al uso de fórmulas empíricas que proporcionan resultados próximos a los reales, tanto en el valor de la fuerza que pueden soportar como en el desplazamiento vertical descendente que se puede producir. Sin embargo, en el caso de trabajar a tracción, lo que ocurre en zonas donde la acción del viento es considerable (sureste peninsular), las fórmulas empíricas proporcionan valores muy inferiores a los que realmente puede soportar la cimentación, lo que obligaría al proyectista a dimensionar estructuras de cimentación excesivamente grandes para las solicitaciones que se le requieren. Por supuesto, no podría comprobar la tolerancia L/50, ya que la literatura no proporciona ni fórmulas ni tablas del desplazamiento de la cimentación para un suelo determinado.

### ► Necesidad de normativa para invernaderos tipo Almería

El invernadero tipo Almería, a pesar de ser el más utilizado en España, y de ser un modelo que se ha exportado a otros países, principalmente hispanoamericanos y del Norte de África, aún no existe una normativa para su construcción. Desde la división de normalización de AENOR, se está trabajando en el tema a través del comité encargado de la elaboración de la misma, AEN/CTN 76/SC 2/GT *Invernaderos Almería*, en el que participan los autores de este artículo.

En este tipo de invernadero (**foto 1**) toda la estructura vertical está formada por soportes rígidos que definen los puntos de cumbrera, "raspas", por alambres tensores situados en los puntos de menor cota de la cumbrera (donde se inserta el canalón para la



Foto 3. IPN retorcido por la acción del viento.

recogida de aguas, formando el "amagado") y por tensores situados en el perímetro. La estructura es similar en los invernaderos planos, con soportes rígidos en el interior del invernadero y alambres o redondos tensores en el interior y perímetro. La estructura resistente horizontal está formada por cordones pretensados durante la instalación y formados por alambre trenzado. La cubierta de plástico se sitúa entre dos emparrillados de alambre de pequeño diámetro sujetos a la estructura anterior.

El colapso de la estructura (**foto 2**), o pérdida de la función para la cual fue diseñada, se suele producir en la mayor parte de los casos por la succión del fuerte viento existente en la zona. Esta destrucción total del invernadero se produce, en primera instancia, por fallo en las cimentaciones que trabajan a tracción. Éste puede ser debido a que la fuerza que está actuando sea superior a la utilizada para el diseño o a que se supere el valor de desplazamiento ascendente de la cimentación.

El desplazamiento de la cimentación suele ser más limitante que la fuerza máxima que puede soportar. Este movimiento provoca el destensado de la estructura, que a su vez origina la pérdida de la verticalidad de los pies derechos, como consecuencia del movimiento de las cabezas de los mismos. La base pierde el contacto con la pieza troncocónica que los une a la cimentación, debido a la rotura de los alambres que la sujetan o a la elongación del redondo de acero con forma de "U" que receptiona dicha pieza. En ese momento el pilar o poste del invernadero deja de trabajar, debiendo absorber los



Foto 2. Colapso de la estructura por la acción del viento.



# SOLUPOTASSE®

## El auténtico SOP soluble especial para fertirrigación y aplicación foliar

Desde hace más de 10 años, SoluPotasse® ha proporcionado a los agricultores de todo el mundo, una excelente fuente concentrada de potasio y azufre, ayudando a producir cultivos de alta calidad y alto valor.

- Fácil manejo – rápida disolución y totalmente soluble en agua
- Bajo pH – mejora la asimilación de los nutrientes por la planta y disminuye los riesgos de obstrucción de goteros
- Ideal para suelos sensibles y con problemas de salinidad – bajo índice salino y libre de cloro
- Alta pureza y calidad garantizada con resultados óptimos
- Fertilización flexible – una fuente de potasio libre de nitrógeno que además aporta azufre

**Tessenderlo Group Fertilizers**  
*giving nature a helping hand*

Member of

**SOPIB**  
Sulphate of Potash Information Bureau  
[www.sopib.com](http://www.sopib.com)

Tessenderlo Chemie España  
c/ Carrera de San Jerónimo, 17, 5ºB  
28014 Madrid, España  
Tel. +34 913 60 00 18, Fax. +34 913 60 17 15  
[www.tessenderlogroup.com](http://www.tessenderlogroup.com)  
[fertilizers@tessenderlo.com](mailto:fertilizers@tessenderlo.com)



esfuerzos los amagados en el interior del invernadero y los perimetrales. De seguir la solicitación de la estructura debida al viento, el desplazamiento continúa aumentando y se producen situaciones tales como doblado de perfiles tipo IPN en el perímetro del invernadero (foto 3) y, por supuesto, la destrucción total del mismo.

En la mayor parte de los invernaderos Almería no se ha utilizado ningún método de cálculo para su dimensionado, sino que, por el contrario, son el resultado de la experiencia adquirida por los técnicos de las empresas constructoras y por los propios agricultores; experiencia basada en secuencias de prueba y error. Queda, por tanto, justificada la necesidad de normativa que regule la construcción de este tipo de invernaderos, garantizando al agricultor la seguridad de la estructura adecuada a las condiciones climáticas y resistencia del suelo y, sobre todo, manteniendo competitivos los costes de construcción.

La normativa que está en fase de desarrollo describe el invernadero tipo Almería, las variantes del mismo, recogiendo detalles de todos los elementos que intervienen en su construcción y forma de ejecución o puesta en obra. También muestra las acciones a tener en cuenta en los cálculos de las solicitaciones del invernadero, las características de los materiales con los que se pueden ejecutar los mismos, así como las tolerancias o desplazamientos máximos de distintos puntos de la estructura y, por supuesto, de las cimentaciones.

En la actualidad las cimentaciones que se ejecutan para anclar las estructuras de los invernaderos son pilotes de escaso diámetro, fabricados de hormigón con un redondo de acero galvanizado en el centro. La distancia entre cimentaciones, en el interior del invernadero, oscila entre 2 y 4 m, disponiendo sobre ellas la alternancia de un pie derecho y un amagado. En el perímetro la distancia entre cimentaciones disminuye hasta 1 m. La profundidad de enterramiento oscila entre 1 y 3 m, dependiendo del tipo de suelo, de que sea una cimentación perimetral o interior. El diámetro de las mismas suele ser 10, 25 ó 30 cm, utilizando diámetros mayores para los menores niveles de cimentación.

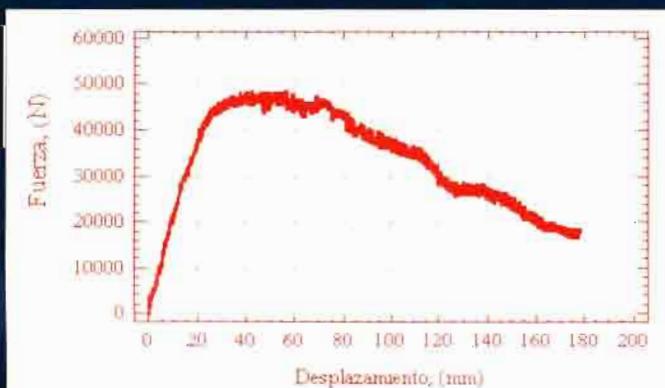
La resistencia o fuerza máxima que pueden soportar las cimentaciones solicitadas a tracción puede estimarse mediante



Foto 4. Máquina para el ensayo de cimentaciones.

fórmulas empíricas, con aproximaciones a la fuerza que realmente son capaces de soportar, en torno a un 9% y 7,71%, lo que daría como resultado cimentaciones mucho más grandes de las que realmente hacen falta. Por otro lado, no existen aproximaciones (fórmulas o tablas) al valor del desplazamiento ascendente asociado a la fuerza de tracción que solicita a la cimentación. Se puede utilizar un modelo desarrollado por A. Peña, utilizando elementos finitos para calcular los valores de fuerza y desplazamiento para este tipo de cimentaciones. Por otro lado, es posible medir en la parcela donde se vaya a ejecutar el invernadero estos valores utilizando la máquina diseñada a tal fin (foto 4), que proporciona la curva fuerza de tracción-desplazamiento ascendente de la cimentación (figura 1). ■

FIGURA 1.  
Curva Fuerza-Deformación de una cimentación.



## CONCLUSIONES

La norma de invernaderos vigente se puede aplicar esencialmente a los invernaderos de cristal en Europa. Para invernaderos de cubierta plástica tipo multitúnel, a dos aguas, o asimétricos, con estructura resistente de acero es aplicable siempre que las cimentaciones no sean solicitadas a grandes esfuerzos de tracción, cosa que ocurre en zonas ventosas como el Sureste. Aquí sería necesario el ensayo en campo del tipo de cimentación que se pretende ejecutar.

La norma actual de invernaderos no es aplicable al invernadero tipo Almería. Es necesario que no se demore la redacción de una norma para el mismo, que solviera en la medida de lo posible la dificultad de aplicación, sobre todo en determinados elementos estructurales tan sensibles como las cimentaciones, y que no encarezca considerablemente este tipo de estructuras.

La normativa de invernaderos, actual y futura, debería recoger valores de la fuerza máxima de tracción y del desplazamiento ascendente asociado que pueden soportar las distintas cimentaciones en función de su diámetro, profundidad y tipo de suelo en el que se encuentren. O bien, proporcionar una metodología de cálculo o tipo de ensayo a realizar que resuelva el problema.

Es necesaria una mayor implicación de las administraciones públicas y las asociaciones de empresarios para financiar la investigación que resuelva la problemática de este tipo de estructuras con los condicionantes climáticos de España. Es significativo que siendo el país con mayor superficie de invernaderos de Europa, no es posible aplicar la normativa europea con garantías. ■