



SIMULACION DE LA CIRCULACION DE AIRE FORZADO EN LOS INVERNADEROS PARA LA POSTERIOR TOMA DE DECISIONES

Carlos Humberto Acevedo Peñaloza

Departamento Diseño Mecánico,

Materiales y procesos.

Universidad Francisco de Paula Santander

Resumen

En la Sabana de Bogotá a través de muchos años se han venido presentando problemas en los invernaderos de cultivo de flores debido a las bajas temperaturas que se presentan. Se ha planteado la posibilidad de introducir quemaderos (focos de generación de calor) con sus respectivos ventiladores con el fin de hacer circular el aire caliente por la zona e intentar mantener el invernadero a una temperatura favorable para las flores. Se plantea también la posibilidad de simular por medio de los paquetes de elementos finitos la correcta ubicación de los ventiladores para hacer óptima la distribución de calor en el invernadero.

Generalidades del problema

El cultivo de flores es uno de los de mayor auge económico de la Sabana de Bogotá, pues su exportación a los Estados Unidos y Europa, principalmente para el día del amor y la amistad o día de San Valentín, hace que el volumen de exportación sea bastante grande y por consiguiente las divisas que entren al país por este concepto sean altas.

Las plantas están floreciendo a mediados de enero. Después de ser recolectadas las flores, se preparan para ser enviadas a los Estados Unidos. Allí deben estar entre el 8 o 10 de febrero para su venta y distribución. Sin embargo, existe para cultivadores de flores un enemigo que se presenta cada años por el mes de diciembre o de enero. Ese enemigo son las heladas las cuales se presentan por dos o cuatro días y adquieren temperaturas por debajo de cero grados centígrados, fenómeno que afecta las flores quemándolas y por consiguiente dejando millonarias pérdidas en dólares para el país. "Las flores sólo pueden sobrevivir a temperaturas superiores o iguales a cero grado centígrados". Cabe destacar que Colombia es el segundo productor de

flores del mundo, después de Holanda.

A través de la historia del cultivo de flores en Colombia se han planteado y aplicado posibles métodos de solución para contrarrestar este grave problema que trae la helada a la sabana. Entre los más utilizados podemos destacar.

Vapor de agua

Esta práctica consiste en llevar el agua a su punto de ebullición por medio de calderas e introducir su vapor a los invernaderos para de esta forma buscar calentar el aire y lograr con esto una atmósfera óptima para las flores. Este método ha fallado porque la atmósfera de vapor de agua que se forma, por ser más caliente, busca la parte más alta del invernadero pasando el aire frío a ocupar el espacio más cercano a las flores, fenómeno por demás natural.

Este procedimiento necesita supervisión humana para operar la caldera, una distribución de tubos de alta presión por lo general muy costosa y presenta un consumo alto de energía en su operación, debido a que es necesario introducir mucho vapor para conseguir algún resultado óptimo.

Esto por el tamaño de los invernaderos en la sabana que generalmente oscila entre 5000 y 20000 metros cuadrados.

En conclusión esta práctica nunca ha funcionado al 100%. Además su inversión es costosa.

Hogueras

Esta práctica consiste en generar hogueras dentro de los invernaderos a fin de calentar el aire y evitar la caída de la temperatura por debajo de los cero grados centígrados.

Esta no ha funcionado como se esperaba porque la distancia de calentamiento del aire, aunque el frente de energía calorífica sea alto, sólo llega a dos o tres metros. En este método se quema madera y por lo tanto se necesita una cantidad considerable de operarios para generar una hoguera que puede dar alguna solución al problema.

En la sabana de Bogotá se utilizan las calderas y las hogueras sin los respectivos cálculos de la carga térmica requerida para la estabilización del sistema; simplemente sin implementados sin ningún cálculo previo, nunca se conoce verdaderamente el consumo de energía que se necesita en el sistema.

¿Por qué fallan los métodos implementados?

Los métodos utilizados en la lucha para contrarrestar las heladas siempre han fallado, porque para mantener una temperatura homogénea en los invernaderos es necesaria la circulación del aire caliente interior.

En el método que utiliza calderas para la generación de los focos de calor se podría mejorar la eficiencia, si se instalara un sistema para remover el valor de agua, que para este caso está en la parte superior del invernadero y que se encuentra en un estado laminar,

casi de reposo. Se logra de esta forma unificar la temperatura en toda la zona.

Esto podría conseguirse con la ubicación de ventiladores dentro de los invernaderos (ver figura), los cuales pueden ir colocados en sitios estratégicos de tal forma que aseguren la correcta distribución del aire caliente y por lo tanto la homogeneización de la temperatura.

Para el caso de las hogueras, también con el uso de ventiladores en el invernadero se lograría una mejor distribución del frente calorífico, el cual para este caso está localizado en las zonas cercanas a la hoguera.

Al hacer que el aire que se encuentra dentro del invernadero esté en continuo movimiento, se está dando homogeneidad de temperatura a todo el espacio, y se está obligando a las moléculas a que adquieran el equilibrio ambiental necesario para preservar las flores.

Es muy importante considerar aquí, el nuevo problema que se está ocasionando en el invernadero al no circular el aire caliente que se introduce al sistema puesto que puede ocasionar la quema de las flores por excesiva temperatura (mayor de 35 grados centígrados) o incluso puede perforar el plástico que cubre el invernadero por encontrarse los focos de calor en estado laminar (excesiva concentración de calor).

SIMULACION

Como se tiene claro que la forma de distribuir el aire caliente que producen las calderas o las hogueras dentro del invernadero es por medio de ventiladores; la simulación lo que busca, es definir los puntos de ubicación de estos para optimizar un estado de turbulencia moderado tal, que garantice que el aire caliente esté llegando a todo el invernadero. La simulación que se realice tiene que dar datos de distribución de velocidad y tiene que mostrar la distribución de presión generada por los ventiladores ya que ésta puede o no ocasionar la caída de las flores. El valor de presión que ocasiona la caída de la flor está aún en investigación.

La simulación prototipo se hizo para un invernadero con las siguientes dimensiones: 100 metros de largo, 60 metros de ancho. La altura está distribuida de la siguiente manera: en el centro 5 metros y en los lados 2.8 metros. Pero puede simularse un invernadero de mayores dimensiones y diferentes capacidades del ventilador.

“El problema fue simulado en FLOTTRAN con element type

FLUID 41 el cual en su discretización del dominio posee 8 nodos en cada una de las caras el cual trabaja con las ecuaciones matemáticas de la energía y continuidad. Además las condiciones de frontera del problema son $V_x = 0$, $V_y = 0$, $V_z = 0$, en las paredes del invernadero, y la continuidad al exterior en la zona superior del mismo. La densidad de trabajo del aire dentro del invernadero fue tomada a 274 grados Kelvin.

Ecuación de la energía

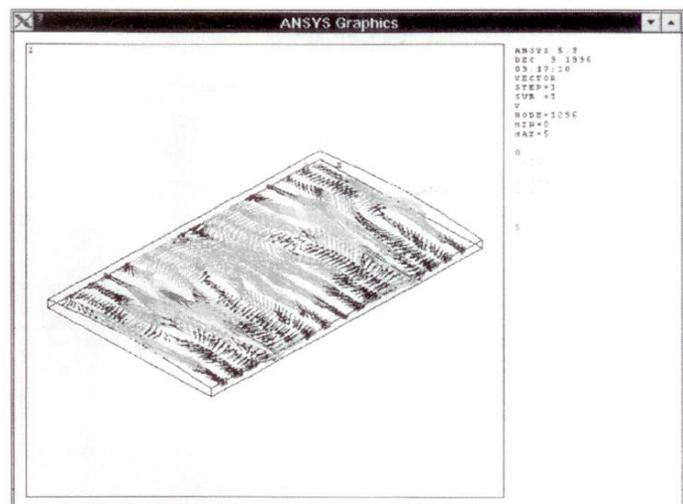
$$\rho \frac{de}{dt} + \nabla (pv) = \nabla \cdot (K \nabla T) + \nabla \cdot (\nabla \cdot \tau_v)$$

$$e = z + \frac{1}{2} v^2 + g^2 \text{ ec .bernoulli}$$

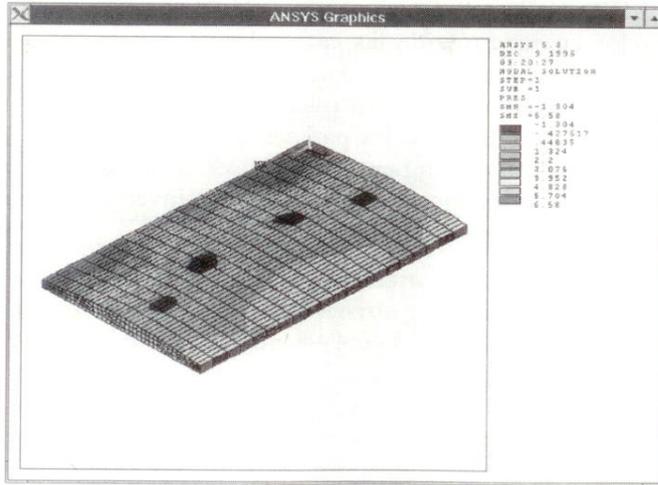
El desarrollo matemático no se anexa en el presente artículo.

Ubicación de los ventiladores

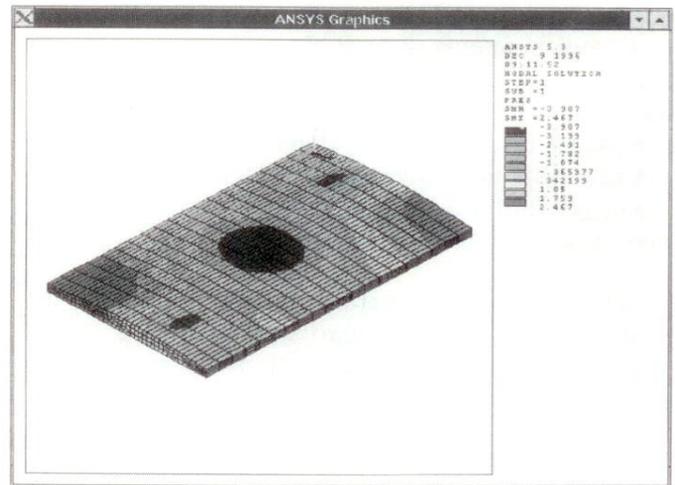
Esta se puede desarrollar de muchas formas. Lo que hace el operario del programa de simulación es probar la distribución del aire (velocidad y presión) para cada propuesta de ubicación de ventiladores y evaluar la más conveniente y económica. Para el prototipo se evaluaron las siguientes propuestas:



Distribución de velocidad en invernadero prototipo, propuesta 1.



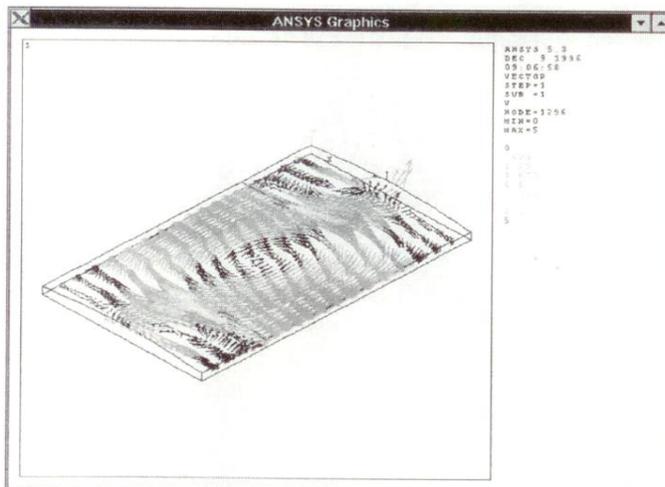
Distribución de presión en invernadero prototipo, propuesta 1.



Distribución de presión en invernadero prototipo, propuesta 2.

Dos ventiladores en la misma vista

En uno de los costados del invernadero y a distancias de 25 y 75 metros de una de las esquinas, se colocan los ventiladores, que proporcionan una velocidad lineal de 5 m/s para enviar el aire caliente o los gases de combustión en dirección al costado opuesto. Se observa en el programa de simulación la forma como el aire al llegar aproximadamente a 35 metros del punto de partida inicia la formación de vórtices, los cuales se van ampliando hacia los diferentes sitios del invernadero, haciendo circular los gases en forma homogénea dentro de éste. Es importante observar (ver figuras) como el aire caliente o los gases de combustión llegan a todas partes, incluyendo los puntos más alejados, lo que hace prever que no existen puntos o focos estacionarios de calor.



Distribución de velocidad en invernadero prototipo, propuesta 2.

Dos ventiladores alternos

Para la presente propuesta se colocan dos ventiladores en forma alterna, a 25 metros del vértice situados diagonalmente. En la simulación se aprecia, cómo cada ventilador envía en forma recta al lado opuesto la corriente de aire, (ver figura), ocasionándose un vórtice en el centro del invernadero, el cual puede crear una concentración de calor en esta parte, debido a que en esta zona hay flujo laminar (velocidad promedio cero).

Conclusiones

Para este caso en particular, la opción recomendable sería la de ventiladores en el mismo lado ya que presenta la mejor distribución de velocidad (ver figuras) y no presenta grandes vórtices localizados. Cabe anotar que los vórtices localizados y los flujos laminares pueden quemar las flores.

El poder simular el efecto de distribución de velocidad y presiones que ocurre dentro de los invernaderos al instalar ventiladores para circular el aire, nos sirve como punto de partida para la posterior toma de decisiones en aspectos relacionados con la optimización de una zona de cultivo.

Agradecimientos

Mis agradecimientos de una manera muy especial y respetuosa por su entusiasta y desinteresada colaboración en la asesoría del presente trabajo son para el I.M., M.Sc., Rafael Beltrán, profesor de la Universidad de Los Andes Bogotá – Colombia, quien me asesoró en este proyecto.

Referencias

BERNAT, J. y VICTORIA, A.,

“Invernaderos, construcción, manejo, rentabilidad”.