

## Las plantas no son personas

Construcción e instalación de una planta de cultivo, procesado y envasado de flor seca para producción de cannabis medicinal con Salas Blancas ISO-8, bajo flujo de aire según la normativa ISO-14.644



**SIMÓN ALEDO VIVES**  
DIRECTOR TÉCNICO-  
COMERCIAL DE PROINTER Y  
SOCIO DIRECTOR DE HVAC  
INGENIERÍA

### Introducción

En el mundo de la ingeniería HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), uno de los desafíos más interesantes es adaptar los sistemas convencionales de climatización, diseñados para el confort humano, a entornos específicos, como el cultivo de plantas.

En este artículo, exploraremos la problemática específica en el cálculo, diseño e instalación sistemas HVAC para salas para

cultivo in-door, procesado y envasado de flor seca de cannabis. A medida que profundizamos en los desafíos y soluciones, descubriremos cómo lograr un control preciso de la temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> y otros factores clave para optimizar el crecimiento y la calidad de la planta.

### El control de la temperatura y la humedad es crítico

En la construcción e instalación de una planta de cultivo de cannabis, es crucial realizar cálculos precisos que tengan en cuenta diversos factores:

- Tecnología, potencia y horario de las luces utilizadas
- Humedad relativa requerida
- Control preciso de la temperatura y otros aspectos clave
- Necesidad de deshumectación en cada fase o etapa

Control de la transpiración de las plantas. Estas variables se tienen en cuenta para los cálculos que nos permiten dimensionar y ajustar los sistemas HVAC de manera eficiente, asegurando condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas y maximizando el rendimiento.

En general será necesario mantener lo condicionantes recogidos en la tabla 1 en cada fase de crecimiento.

Si no se consigue podemos tener los siguientes problemas:

- Demasiado caliente = crecimiento más lento, menor producción de los cogollos
- Demasiado caliente y seco = crecimiento “estirado”

	Temperatura °C	Humedad %	Deshumectación Si/No	Humectación Si/No	Iluminación horas	Otros
1 Plantas Madre	22-28	40-50	SI	SI	SI	Equipos redundantes
2 Clones	21-27	60-75	SI	SI	SI, 18 horas	
3 Crecimiento	20-27	40-70	SI	SI	SI, 18 horas	Ventilación oscilante
4 Floración	20-27	40-60	SI	SI	SI	CO2 1500ppm
5 Secado/Curado	16-24	35-55	SI	SI	NO	
6 Corte/Envasado	20-25	40-70	NO	SI	NO	Ocupación humana

Tabla 1.

- Demasiado húmedo = Propenso al moho y hongos
- Demasiado seco = crecimiento más lento, evaporación excesiva
- Demasiado frío = crecimiento lento incluso muerte de la planta

Además, se deben considerar otros factores, como el control de CO<sub>2</sub> y la necesidad de humectadores en las salas de clonación y almacenes. El control preciso del CO<sub>2</sub> es esencial para estimular el crecimiento y la fotosíntesis de las plantas. Los humectadores ayudan a mantener condiciones de humedad adecuadas, especialmente durante las etapas iniciales del cultivo y en áreas de almacenamiento.

### Todo comienza con el correcto cálculo de la Carga Térmica.

Los cálculos de cargas térmicas son una consideración fundamental, porque los sistemas HVAC controlan indirectamente las respuestas de las plantas, como la temperatura de las hojas y la transpiración, que afecta la fotosíntesis, el suministro de agua y nutrientes, la calidad de las plantas y la tasa de crecimiento.

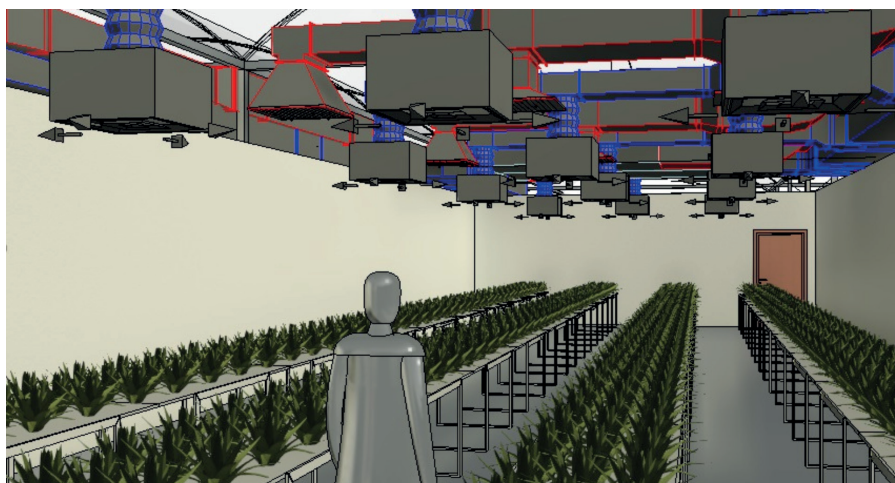
Las plantas no son personas, ni servidores de datos o habitaciones de hospital, y esto afecta a la forma en que los ingenieros deben abordar las instalaciones de este cultivo. Las plantas son organismos vivos y dinámicos que crecen desde una semilla o una pequeña plántula hasta la madurez completa. Esto presenta desafíos para los ingenieros que diseñan y seleccionan equipos HVAC para salas de cultivo in-door. Se han de diseñar e instalar equipos que puedan responder a un entorno cambiante a lo largo de la vida de una planta.

### Cargas Térmicas Sensibles y Latentes.

#### Entalpía

Sumar las cargas térmicas sensibles y latentes, tal cuál se hace en cálculos de sistemas HVAC para personas, es un error común que se comete al diseñar estas instalaciones. Las plantas actúan como un mini enfriador evaporativo, disminuyendo la carga sensible total del local y transformándola en calor latente, mientras la "entalpía" -total de energía térmica que el aire húmedo posee en una determinada condición- se mantiene constante en este proceso.

Se necesita conocer la cantidad de plantas de cada estancia, pues esto determina cuánta agua está en el proceso y a su vez esto determinará la carga latente. Es importante considerar la cantidad de "agua neta", ya que las



plantas únicamente son capaces de absorber entre el 60 y el 90%, dependiendo del periodo de crecimiento en el que se encuentre y la frecuencia de riego. Si no se controla bien la carga latente, la humedad subirá hasta valores no deseados, pudiendo generar el desarrollo de parásitos y enfermedades.

### Diseño y selección de equipos inapropiados.

Al calcular las cargas de HVAC para las instalaciones de cultivo de cannabis, son las cargas latentes el principal factor para calcular el caudal de aire necesario y dimensionar los equipos. Por lo tanto, el uso de una herramienta de software convencional de cálculo de cargas, para este tipo de instalaciones puede producir resultados erróneos.

Además, las instalaciones permitirán que los set-point (temperatura donde deseamos el corte de generación de frío) de bulbo seco y humedad relativa varíen en función del tamaño de la planta, más altos cuando las plantas son pequeñas y más bajas cuando son más grandes. Todo esto supone que las distintas salas deberán también tener sus propios sistemas individuales de HVAC.

### Presión de Vapor Diferencial. (VPD)

Es necesario conocer y entender la diferencia la presión de vapor entre la superficie de la hoja y la que existe en aire interior. Esta diferencia de presión, al igual que ocurre con la diferencia de temperatura, afecta al crecimiento de la planta.

A menor VPD, aumenta la producción y la calidad de la planta.

Se tiene tanto miedo a los problemas de una alta humedad, que con frecuencia se comete el error de pensar que cuanto más seco

esté el ambiente, menor posibilidad de mohos y mildiu (enfermedad causada por plaga de hongos pertenecientes a los oomicetos). Sin embargo, la VPD aumenta y esto perjudica a la planta

### Caudal de Aire, ventilación y filtrado.

Las plantas de cannabis necesitan un adecuado caudal de aire sobre la superficie de las hojas, ya que este caudal es el que induce la transpiración. Este caudal en principio se debe calcular en función de la carga latente. A partir de ahí corregir para calcular un caudal específico para evitar la formación de moho y mildiu. Por ejemplo, es habitual diseñar para 47 l/s por kW en salas de floración.

Al mismo tiempo será necesaria una ventilación de la sala, que se conseguirá con extractores o equipos de recuperación de energía que permitan mantener la presión ecualizada con el exterior o quizás en ligera depresión. Esta ventilación evitará que el aire se estratifique en la sala.

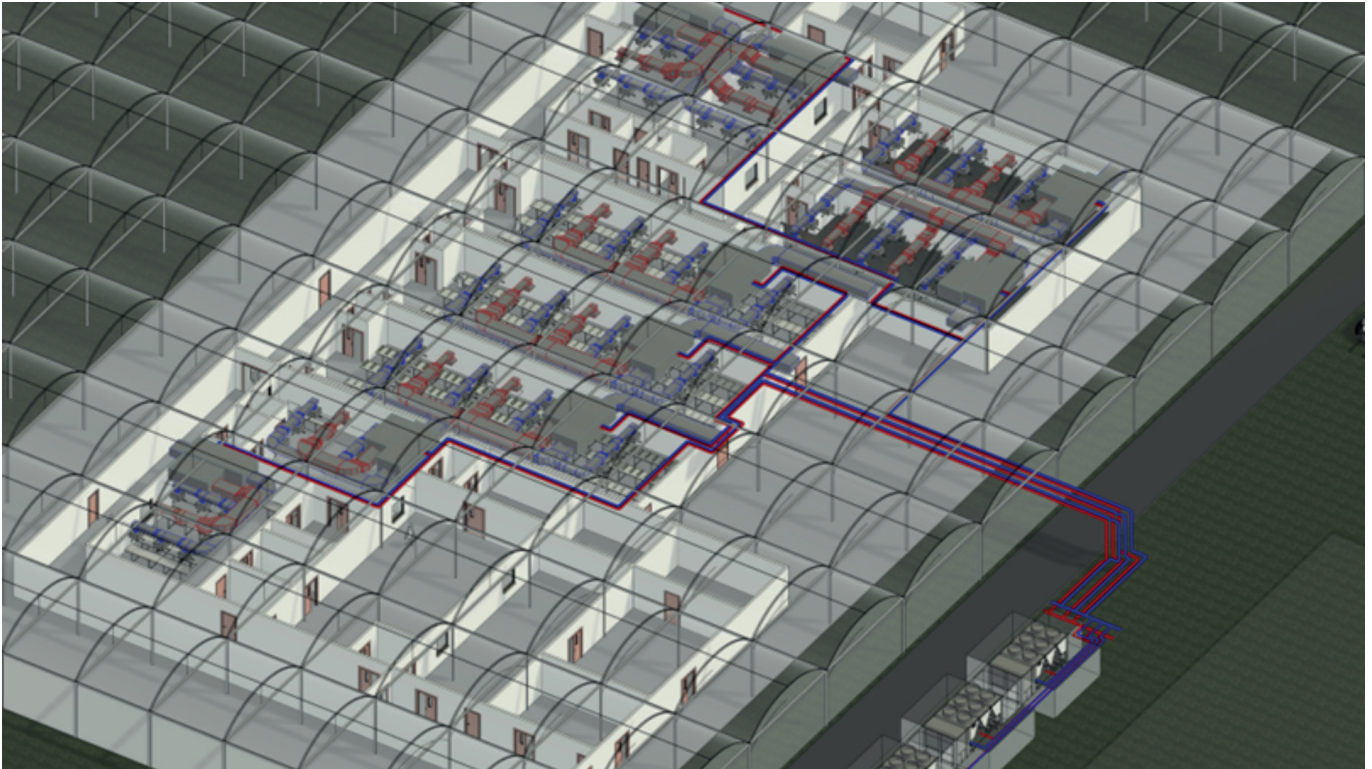
En las salas de floración es frecuente el uso de sistemas y filtros de carbón activo para la desodorización, dado el fuerte olor que se puede lanzar al exterior.

Para evitar la entrada de esporas de cualquier tipo de moho, polen, posibles parásitos y polvo a las salas de cultivo, el aire se filtrará utilizando filtros clase ePM1 95% según ISO 16890

### Problemáticas a abordar derivados de la necesidad de iluminación ON y OFF

La mayor parte del agua se genera cuando las luces están encendidas y las plantas están realizando la fotosíntesis. En la oscuridad las plantas continúan transpirando, pero con una ratio inferior. Esta condición de cambio





de diurna a nocturna o “blackout”, genera un desafío a los productores y a los sistemas HVAC, teniendo en cuenta que la potencia lumínica oscila entre 300 y 600 W/m<sup>2</sup> de plantas durante unas 18 horas al día.

### Iluminación ON en cultivo de cannabis en sala

Durante la iluminación ON, se genera una carga sensible que requiere una solución efectiva y potente de enfriamiento. Esto lleva a los sistemas HVAC a enfriar el ambiente tratando de alcanzar el set-point de bulbo seco. Sin embargo y consecuentemente esto seca el aire ambiente y será necesario que el sistema disponga de la capacidad de post-calentar el aire, pues no es conveniente impulsar aire a menos de 10°C. Del mismo modo el sistema ha de disponer de un sistema de humectación que garantice el set-point de humedad

### Iluminación OFF en cultivo de cannabis en sala

Durante el periodo de blackout o apagado de luces, la carga sensible baja bruscamente, la carga latente también lo hace, pero la transpiración de las plantas se mantiene. El sistema de HVAC tiende a pararse. Sin embargo, es fundamental gestionar la transpiración y la presión de vapor en la hoja para evitar problemas como el moho y el estrés hídrico. Controlar adecuadamente esta situación cambiante

es un desafío para los sistemas de HVAC ya que con frecuencia se requiere la posibilidad de modo de únicamente deshumectación.

### Ejemplo de solución prestacional ejecutada

En este proyecto específico de construcción e instalación de una planta de cultivo de cannabis, se implementó una solución prestacional personalizada, teniendo en cuenta las problemáticas y requisitos mencionados anteriormente. Para ello se diseñó un sistema HVAC sofisticado y eficiente.

La solución prestacional ejecutada en este proyecto combina diferentes tecnologías:

- Solución descarbonizada utilizando únicamente bombas de calor con recuperación de energía, para la producción de frío y de calor
- Se utilizan recuperadores de calor para maximizar la eficiencia energética y minimizar la carga térmica del sistema.
- Se implementan sistemas de control automatizados que monitorean constantemente la temperatura, humedad y otros parámetros y ajustan el funcionamiento de los equipos en tiempo real.
- Se aplican sistemas de filtración avanzada para garantizar la calidad del aire y minimizar la entrada de contaminantes.
- Se presta especial atención a medidas de aislamiento térmico y sellado adecuado

para minimizar fugas y maximizar la eficiencia energética del sistema HVAC.

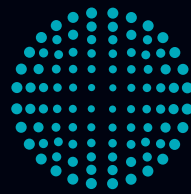
- Solución totalmente compatible con el uso de la energía renovable de origen fotovoltaico

### Conclusión

La construcción e instalación de una planta de cultivo, procesado y envasado de flor seca de cannabis con Salas Blancas ISO-8, bajo flujo de aire según la normativa ISO14.644, presenta desafíos específicos en el tratamiento del cannabis durante las fases de iluminación ON y OFF Nocturno. Al tener en cuenta la “entalpía” y aplicar soluciones personalizadas, es posible garantizar un entorno de cultivo óptimo para maximizar el crecimiento, la calidad y el rendimiento de las plantas.

La implementación de sistemas HVAC adecuados, el control preciso de la temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> y otros factores clave son fundamentales para lograr el éxito en este tipo de proyectos. La solución prestacional ejecutada en este proyecto específico demuestra cómo la ingeniería HVAC puede adaptarse y superar los desafíos únicos del cultivo de cannabis, optimizando el rendimiento y la eficiencia de la planta.

La ingeniería HVAC juega un papel fundamental en la creación de un entorno óptimo para el cultivo de cannabis y en el impulso de la industria en constante evolución ●



**FETTE  
COMPACTING**  
be efficient



## THE NEW i SERIES

Efficiency to the i stands for: innovation, integration, intuitive operation, and intelligent product design. Next-level of dust-tight machine design, system compatibility and digital connectivity.

With our complementary tableting tools and digital solutions, you can increase your efficiency even further.

### Fette Compacting Ibérica SL

Avenida Labradores, 1  
2ª Planta, Oficina 3  
28760 Tres Cantos, España  
Tel +34 91 8039689  
Fax +34 91 3483052  
fcib@fette-compacting.com

[fette-compacting.com](https://fette-compacting.com)



efficiency 

A member of  
 Excellence United