

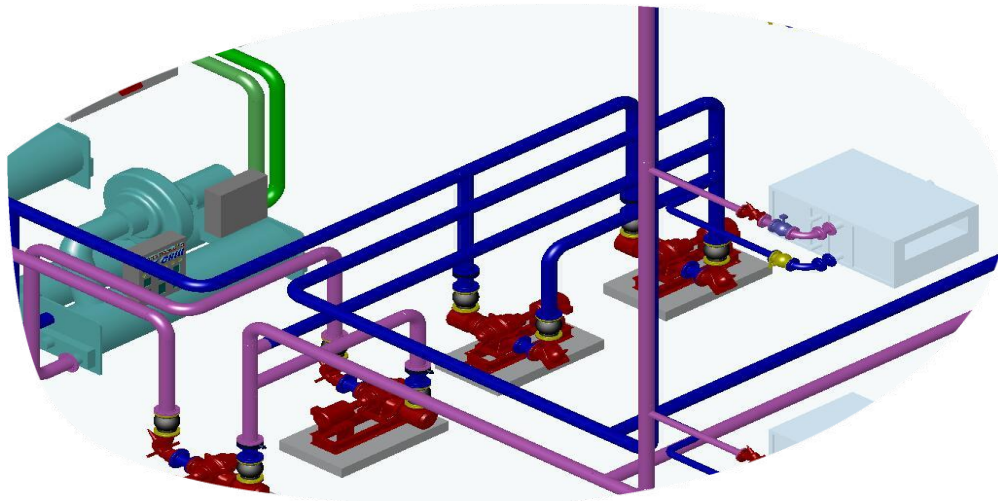
**Muy buenos días, a nombre  
de:**



**Les damos la más cordial  
bienvenida**

**10 de Febrero  
2009**

## Sistemas de Distribución de Agua Helada Enfoque **VPF** (**V**ariable **P**rimary **F**low)



Autor: Roy S. Hubbard

Presentado por: Arturo Ibarra

Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



Autor: Roy S. Hubbard  
Marketing Manager ESG  
Johnson Controls  
Roy.S.Hubbard@jci.com

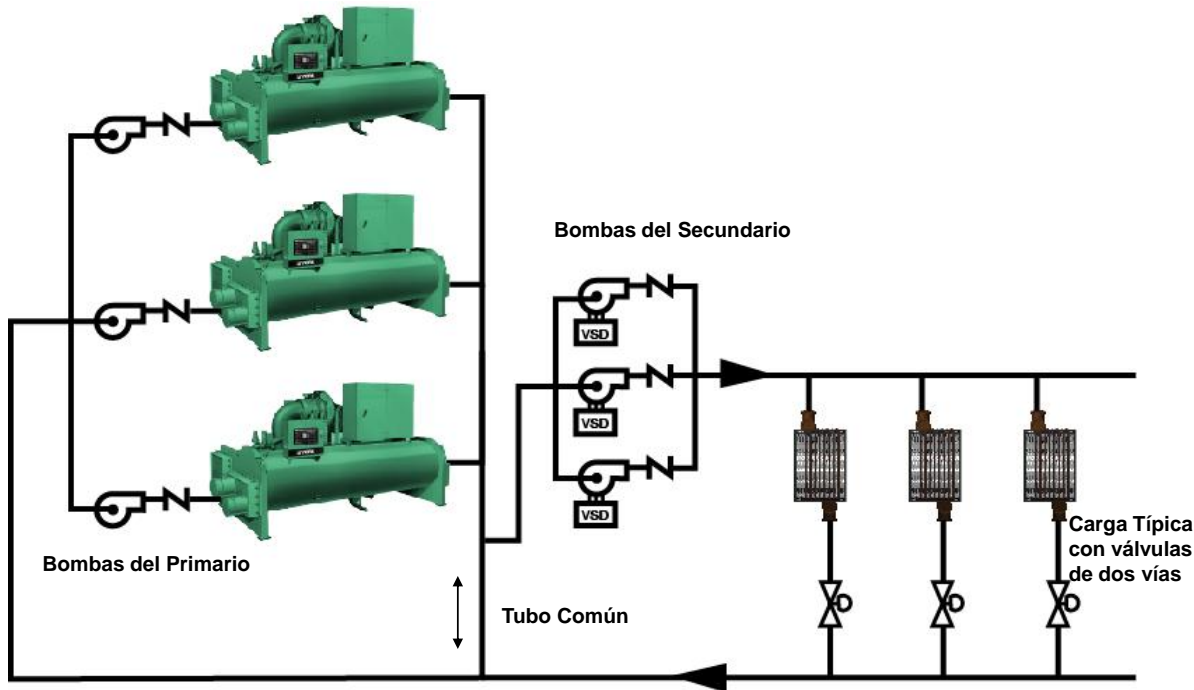
## Agenda – Sistemas de Distribución de agua helada



- **Sistemas de distribución de agua helada**
  - Primario (Constante) / Secundario (Variable – Válvulas de 2 vías)
  - Baja Delta T
  - Primario Solamente (Flujo Variable – Válvulas de 2 Vías)
- **VPF = Variable Primary Flow = (Flujo Primario Variable)**  
**Consideraciones de Diseño y Control**



Sistema Primario (Flujo Constante) / Secundario (Flujo Variable)



### **Primario (Flujo Constante) / Secundario (Flujo Variable)**

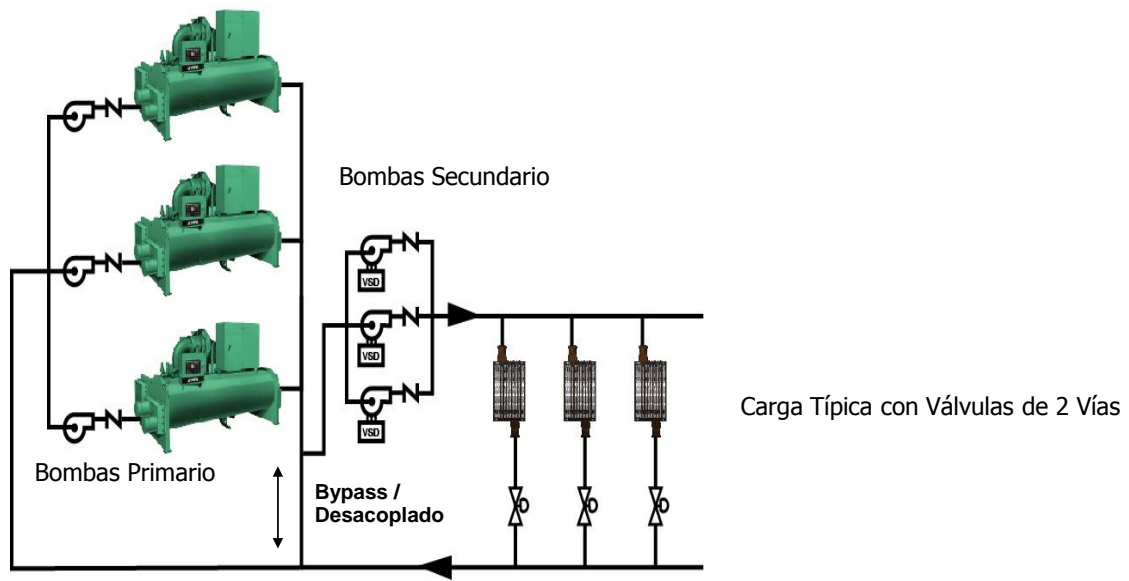


- Válvulas de dos Vías
- Mayor inversión inicial (Vs Flujo Constante y válvulas de 3 vías)
- Mucho menor Energía en Bombeo de A.H. (Vs Flujo cte. y válvulas de 3 vías)
- Muy bien comprendido, aplicado y Fácil de controlar



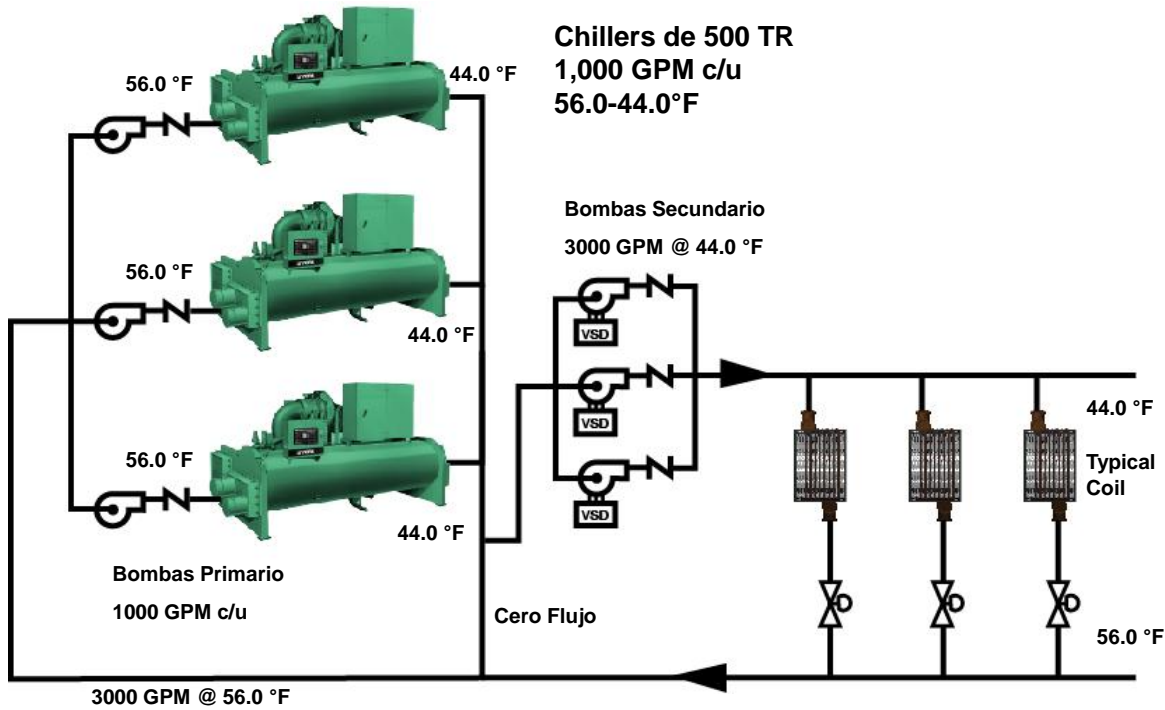
Primario (Constante) / Secundario (Variable)

P Carga = Flujo X Delta T    S Carga = Flujo X Delta T





Sistema Primario / Secundario en condiciones de diseño

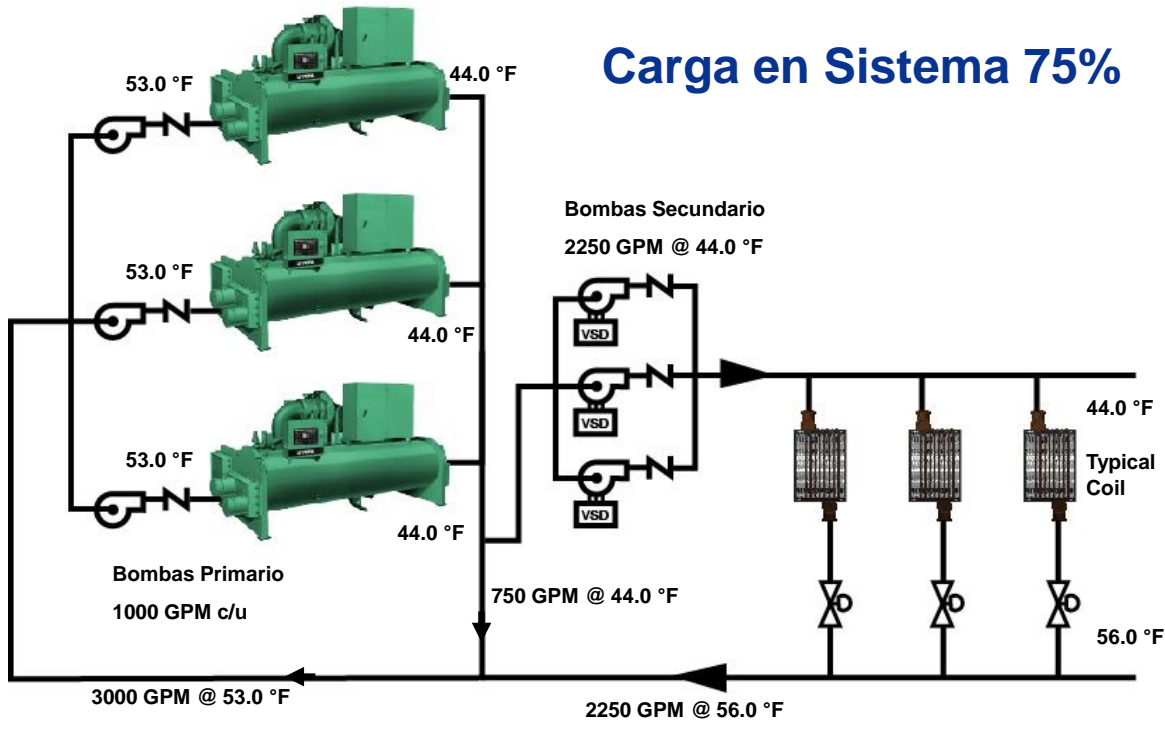


8 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



Sistema Primario / Secundario en carga parcial

Carga en Sistema 75%



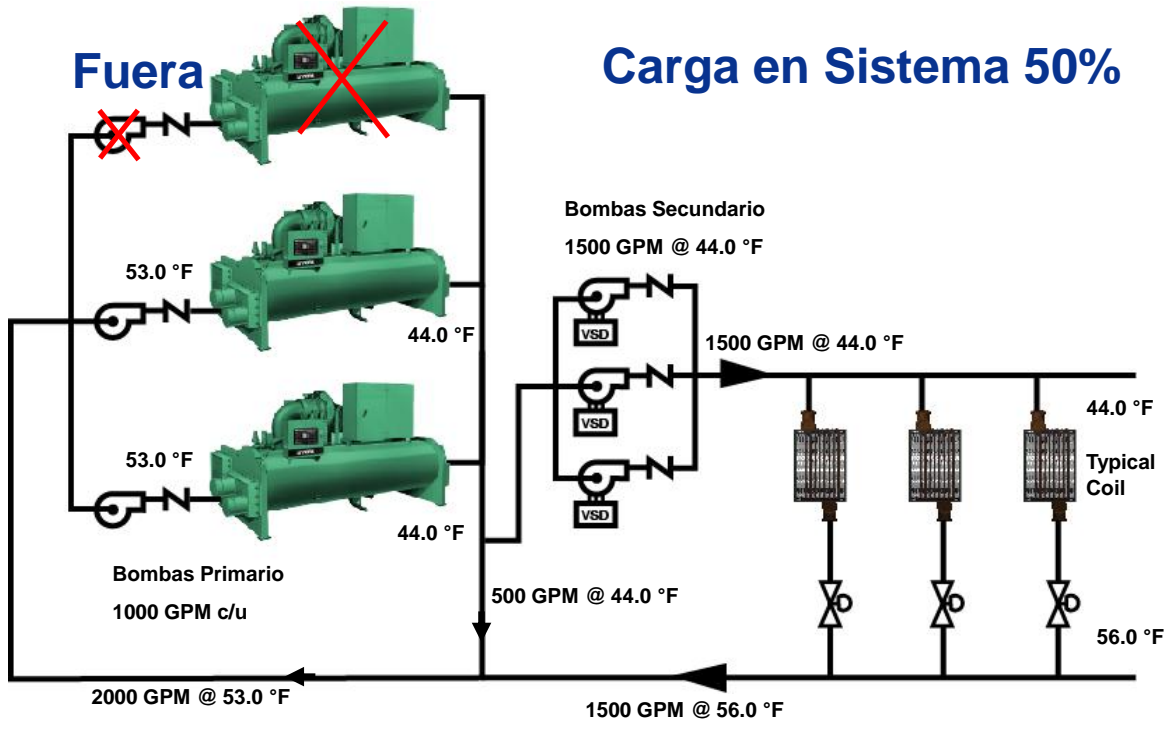
9 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



Sistema Primario / Secundario en carga parcial

Fuera

Carga en Sistema 50%



10 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra

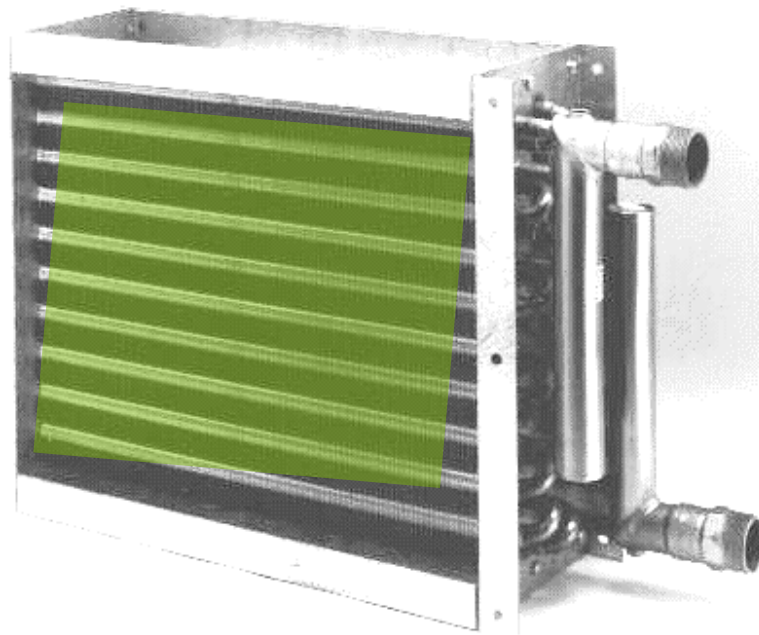
## Síndrome de Baja Delta T



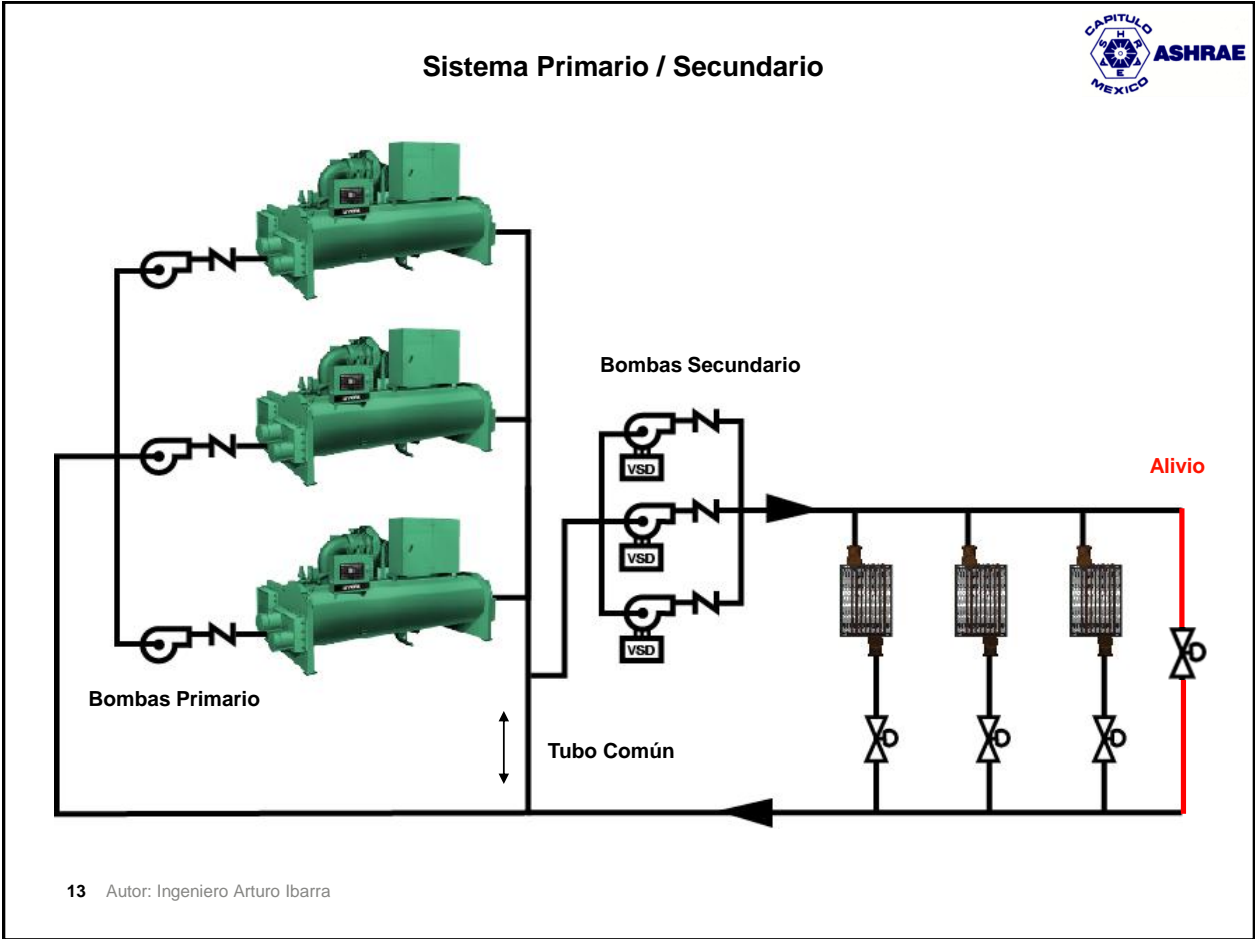
### Principales Causas de una Baja Delta T

- Serpentes Sucios
- Calibración de Controles
- Válvulas de 2 Vías con fugas
- Válvulas de 3 Vías en el circuito

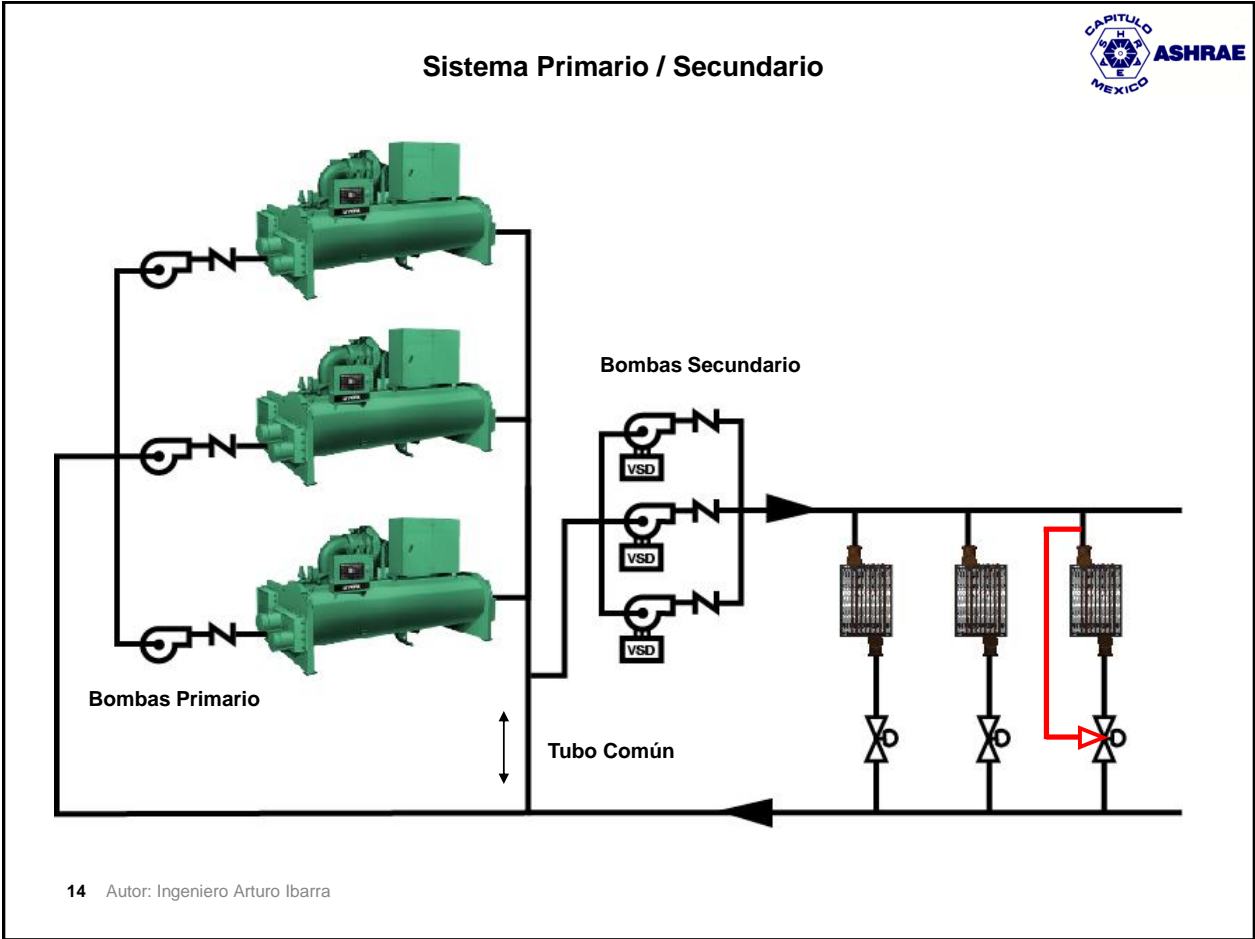
## Serpentín de Agua Helada



12 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



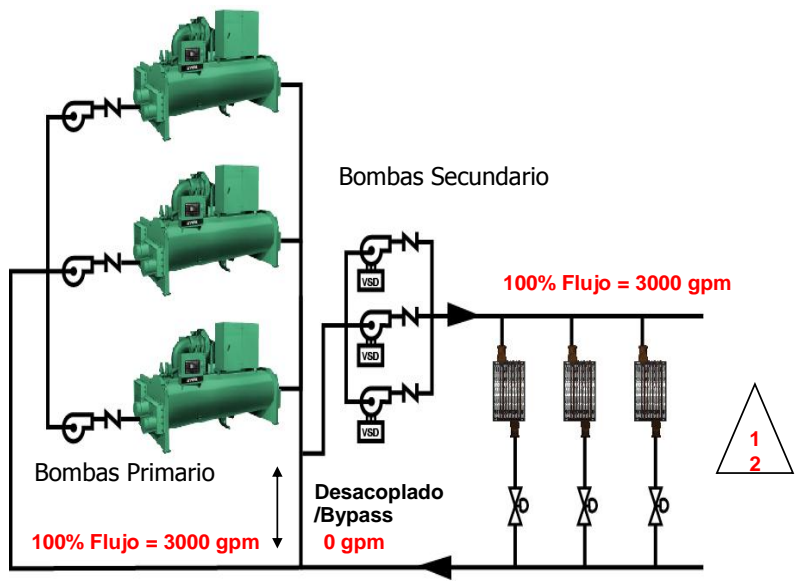
13 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra





### Primario (Constante) / Secundario (Variable) Operación Ideal

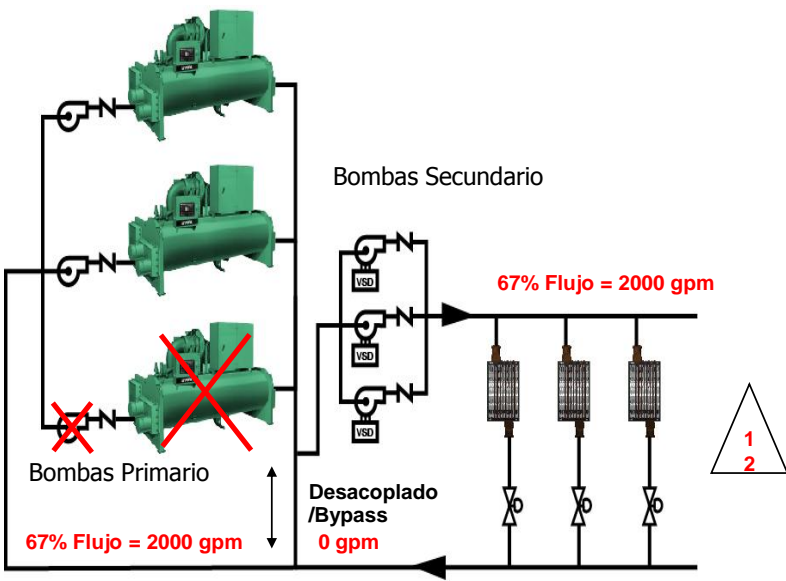
**100% Carga = 100% Flujo en Secundario**





### Primario (Constante) / Secundario (Variable) Operación Ideal

**67% Carga = 67% Flujo en Secundario**





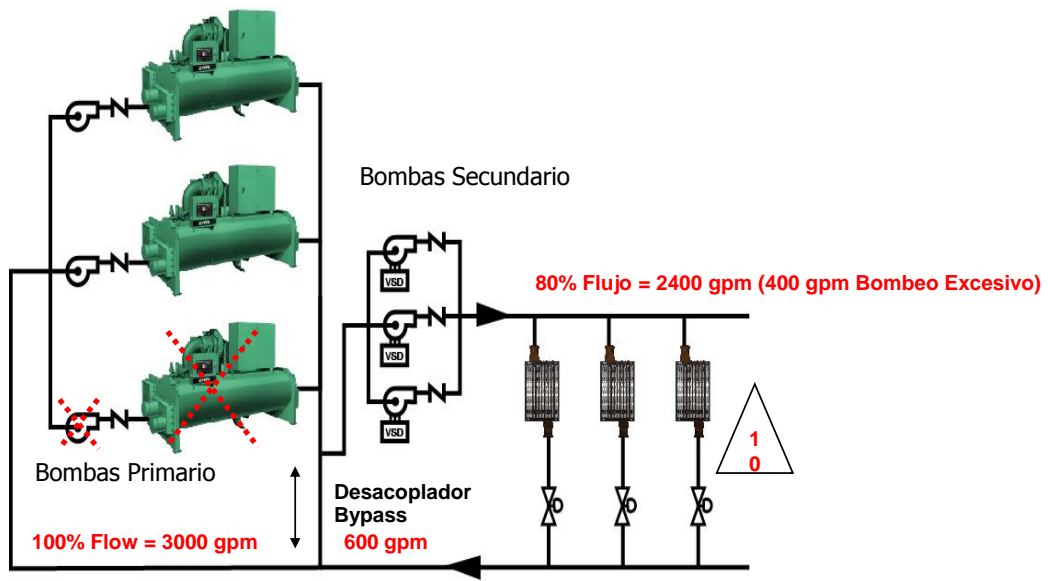
## Regla de flujo para Primario / Secundario

**El flujo en el circuito Primario DEBE ser SIEMPRE igual o mayor que el flujo en el circuito secundario**



### Primario (Constante) / Secundario (Variable) Operción con Baja Delta T

**67% Carga = 80% Flujo en Secundario**



## Efectos principales de una Baja Delta T



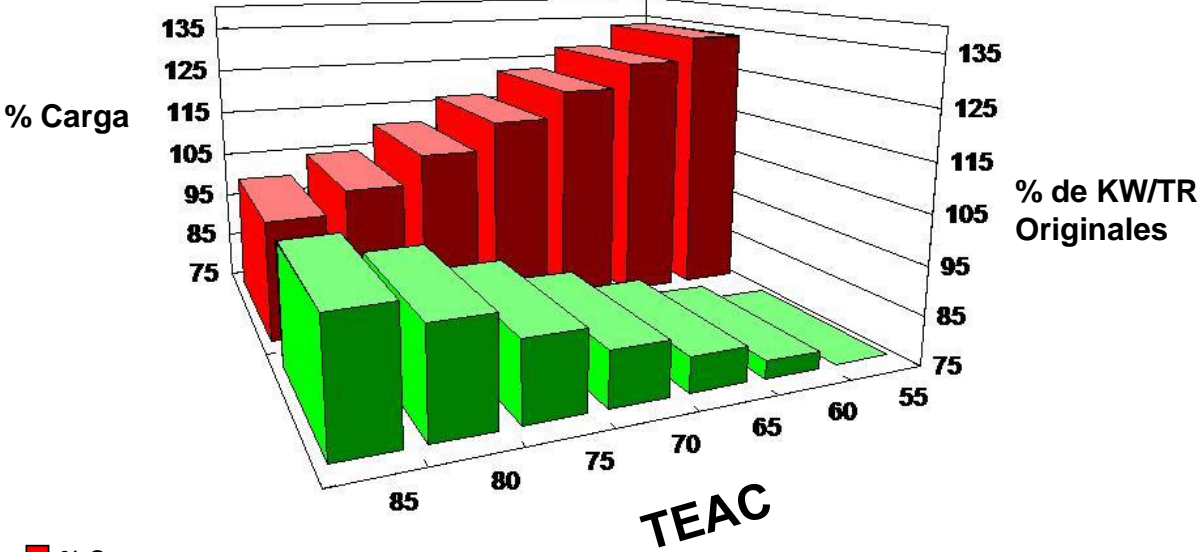
- Mayor consumo de Energía en Bombeo Secundario
- Mayor consumo de Energía en los Chillers y Equipo auxiliar (Planta de Agua Helada)

## Resuelva (o reduzca) los efectos de una baja Delta T



- Diríjase primero a las causas
  - Limpieza de serpentines
  - Calibración de Controles
  - Selección adecuada de Válvulas de 2 Vías (Capacidad de cierre dinámico) y mantenerlas en buen estado
  - NO válvulas de 3 Vías en el diseño
  - Encuentre y Corrija los errores en la instalación de tuberías
- **Sobre-Bombeo en chillers con la relación de (Delta T diseño / Delta T Real)**
- **Incrementar Delta T en los Chillers con ajuste de la Temp. de salida (Bajándolo)**
- Utilizar Chillers con Vel. Variable con **Secuencia y Operación del 30% al 70%**
- Utilice Sistemas VPF (Disminuye el desperdicio de Energía)
  - Sistema con Cabezales & **Operar más Bombas que Chillers**
  - Con Bombeo Dedicado Sobredimensionar con el 80% de la Velocidad para condiciones de diseño

### Capacidad Máxima de Chillers con TEAC reducida



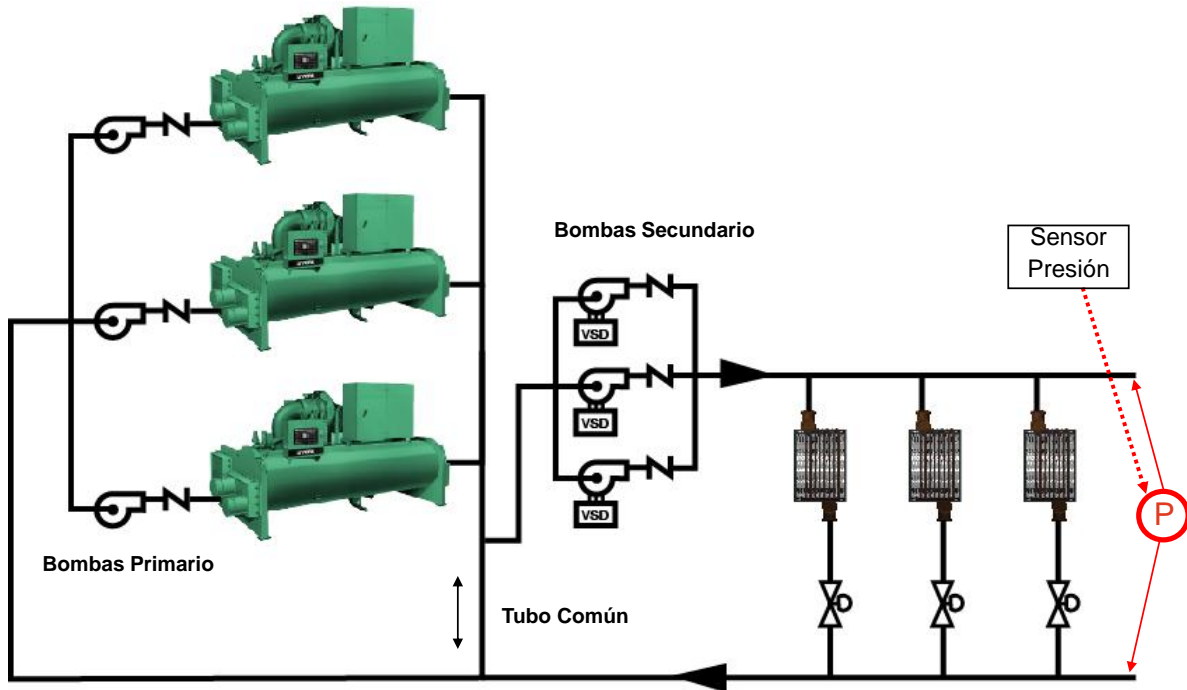
■ % Carga  
■ % KW/TR originales

TEAC = Temp. Entrada Agua Condensación (°F)

Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



### Sistema Primario / Secundario (Control de Bombas con VSD)



22 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra

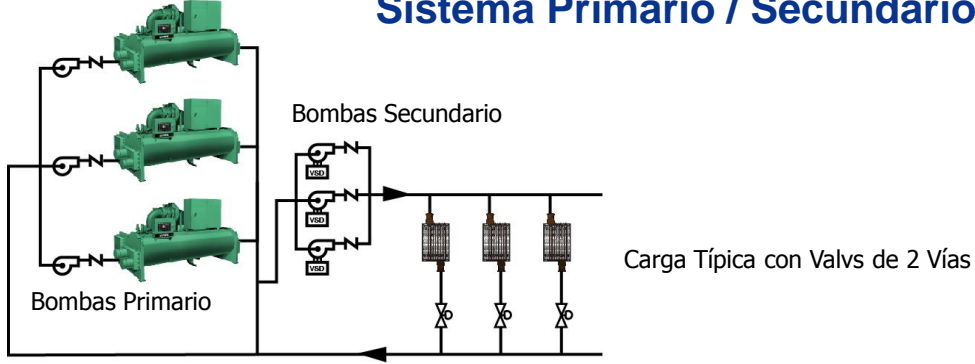


**Primario SOLO (Flujo Variable)**

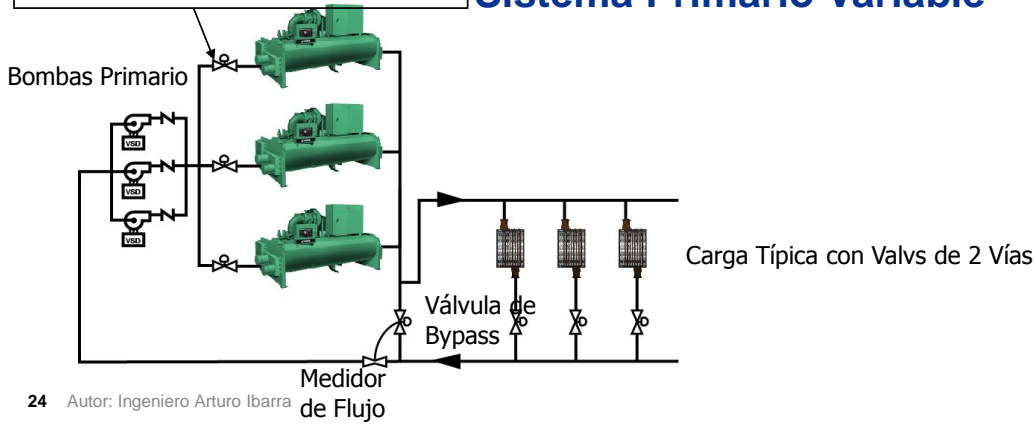
**V P F**



### Sistema Primario / Secundario



### Válvula de cierre Automático Modulante Sistema Primario Variable



## Solo Primario (Flujo Variable)



- Válvulas de 2 Vías
- Menor Inversión inicial de Instalación (vs Primario/Secundario)
  - No requiere comprar e instalar Bombas del secundario ni sus tuberías, Válvulas, Instalación Eléctrica, controles, Etc.
  - No requiere del Tubo Común de gran diámetro, sino de un tubo menor de Bypass con Tubería, Válvula y Medidor de Flujo.
- **Menor** Energía en Bombeo de Agua Helada
- Menos espacio ocupado por equipos (vs Primario/Secundario)
- Controles Relativamente nuevos y mas complejos
- Reduce los impactos negativos de una Baja Delta T
  - Los Chillers nos son arrancados y parados por requerimientos de flujo.
  - Los Chillers son arrancados y parados por la carga térmica.

## Solo Primarioy (Flujo Variable)

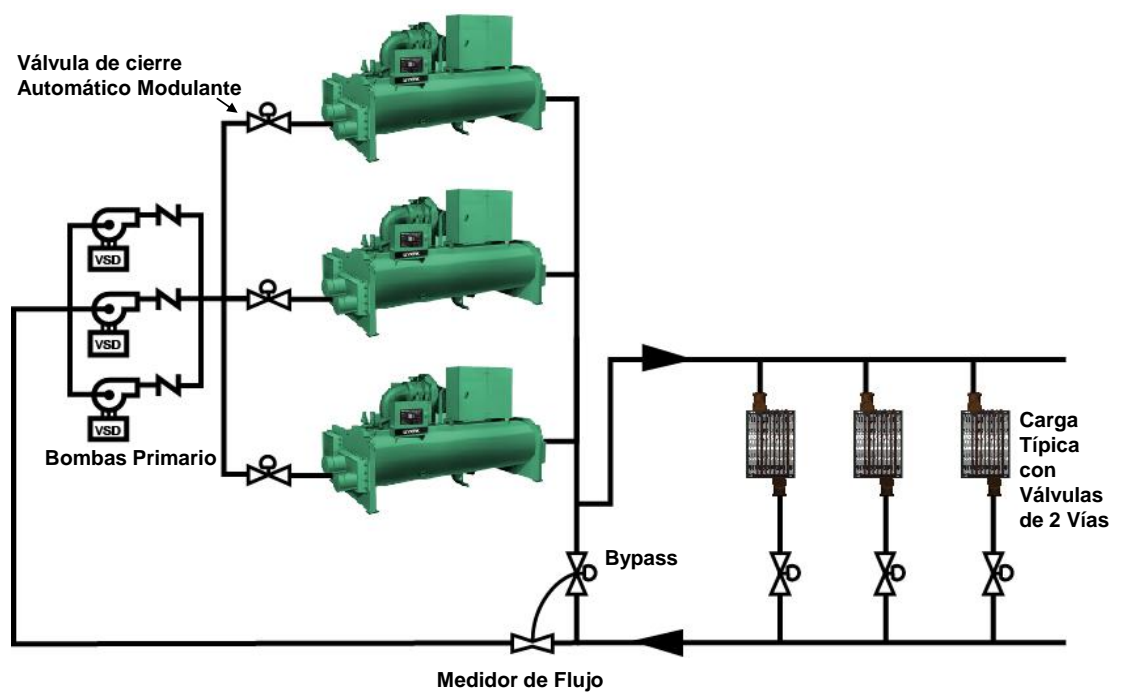


### ■ Desventajas

- Probablemente se requiere de Válvulas de dos Vías para mayor Presión.
- Requiere de un sistema de control más robusto (complejo y calibrado)
- Requiere de controles coordinados entre los chillers, Válvulas de cierre y secuencia de las Bombas.
- Probablemente mayor tiempo de Commissioning
- Requiere de un mayor y mejor entrenamiento a los operadores.



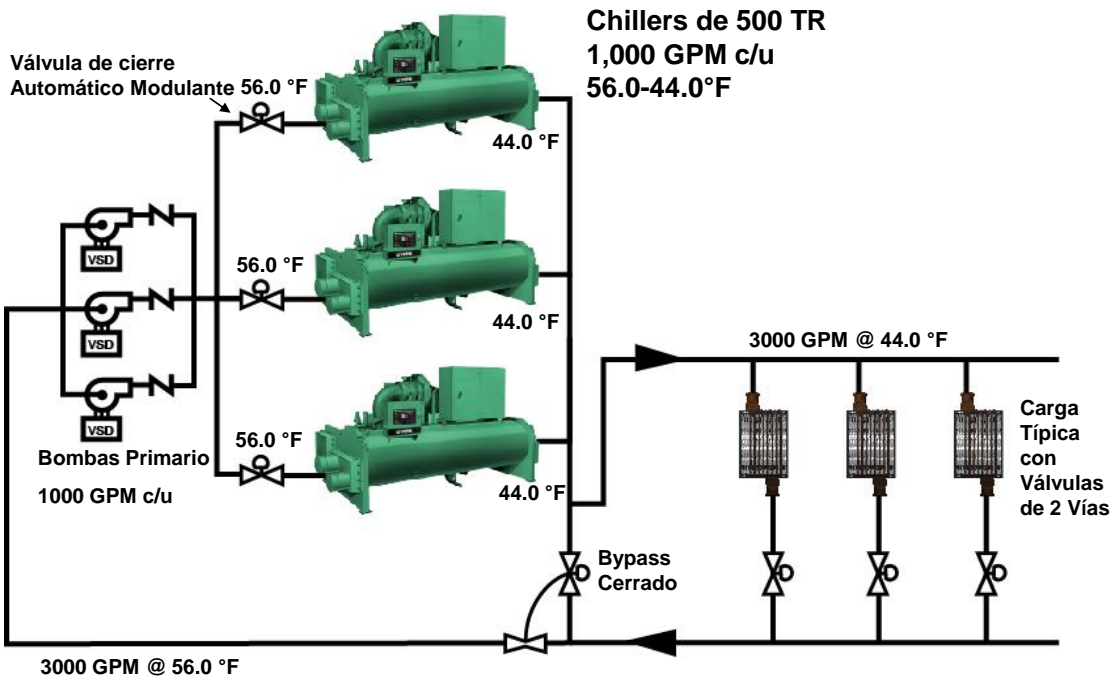
### Sistema de Flujo Primario Variable



27 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



### Sistema Primario Variable a condiciones de Diseño

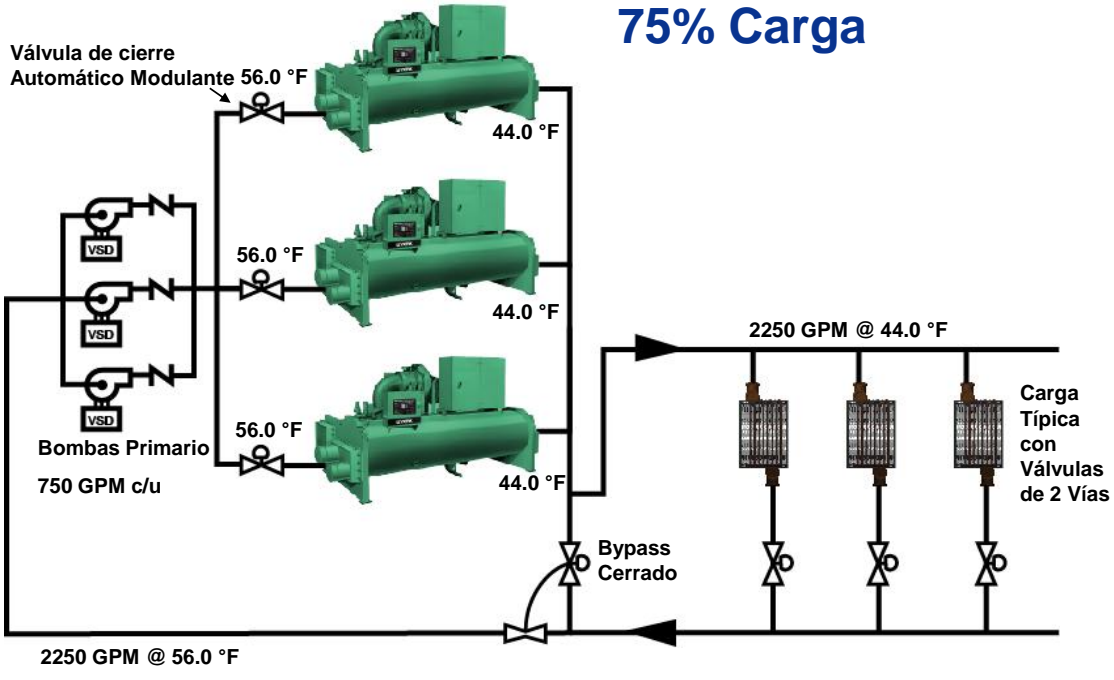


28 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



### Sistema Primario Variable a condiciones de Carga parcial

## 75% Carga

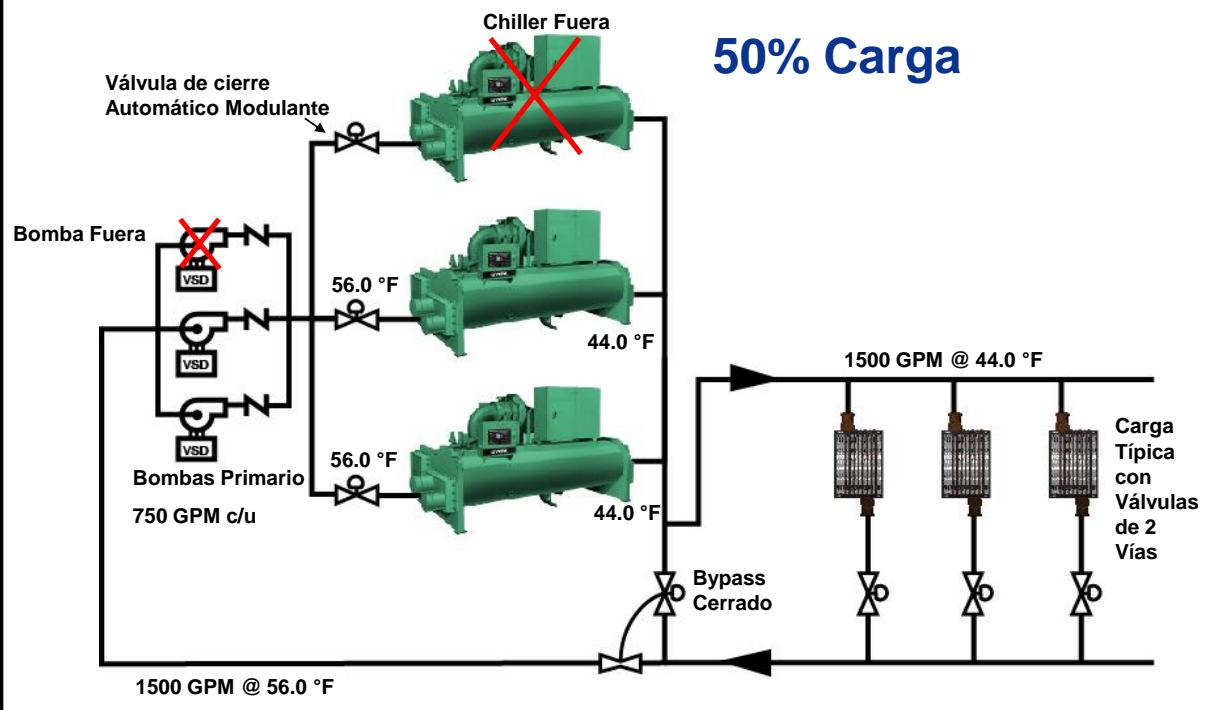


29 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



### Sistema Primario Variable a condiciones de Carga parcial

## 50% Carga

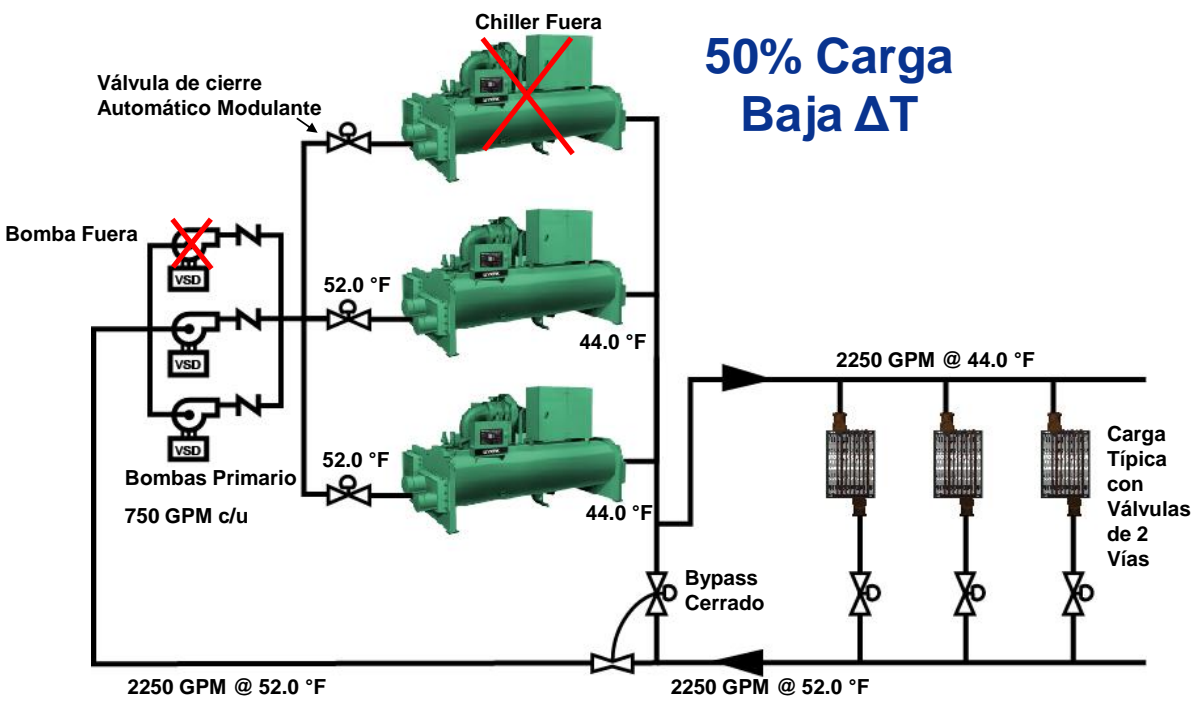


30 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



### Sistema Primario Variable a condiciones de Carga parcial

## 50% Carga Baja ΔT

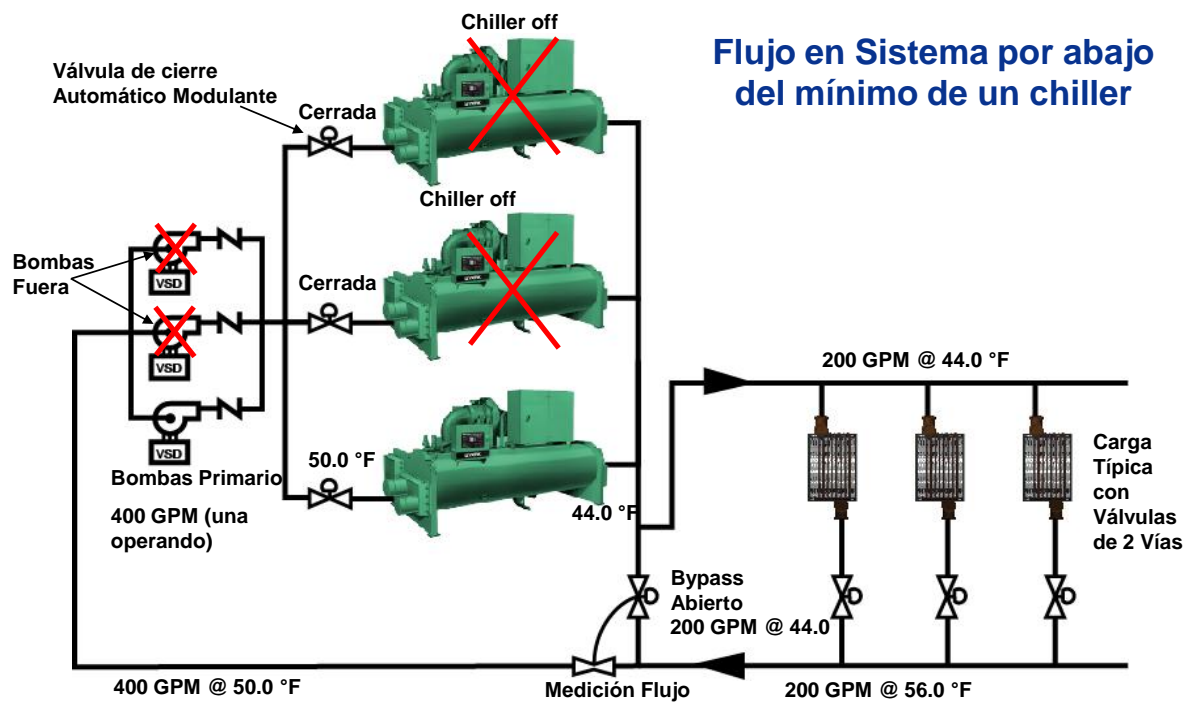


31 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



Sistema de Primario Variable – Flujo Mínimo en Chiller (400 gpm c/u)

Flujo en Sistema por abajo del mínimo de un chiller



32 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra

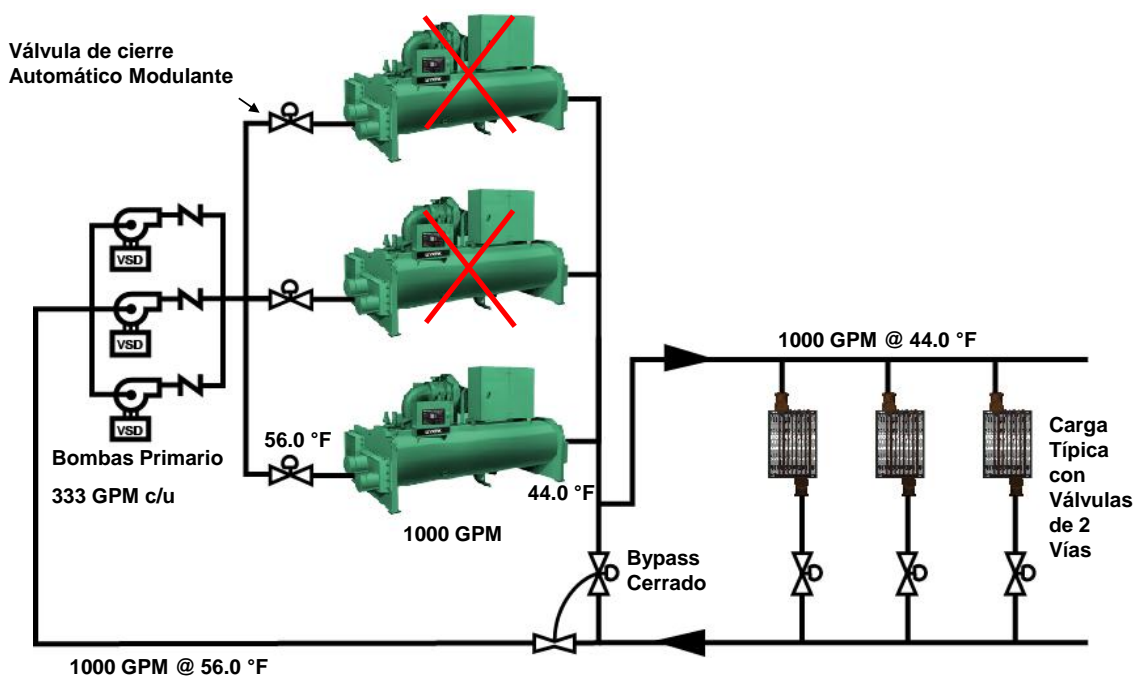


## Consideraciones para el diseño de los Chillers

Cambios en el flujo – Arranque-Paro de chillers adicionales



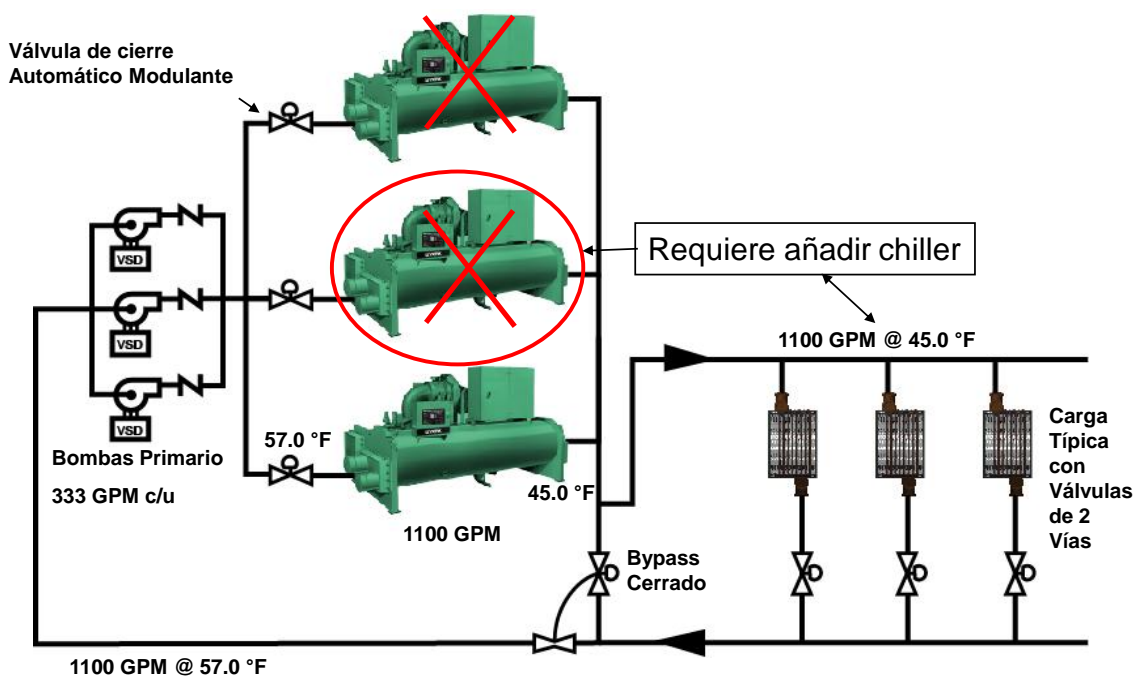
### Sistema de Primario Variable – Un Chiller operando



34 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



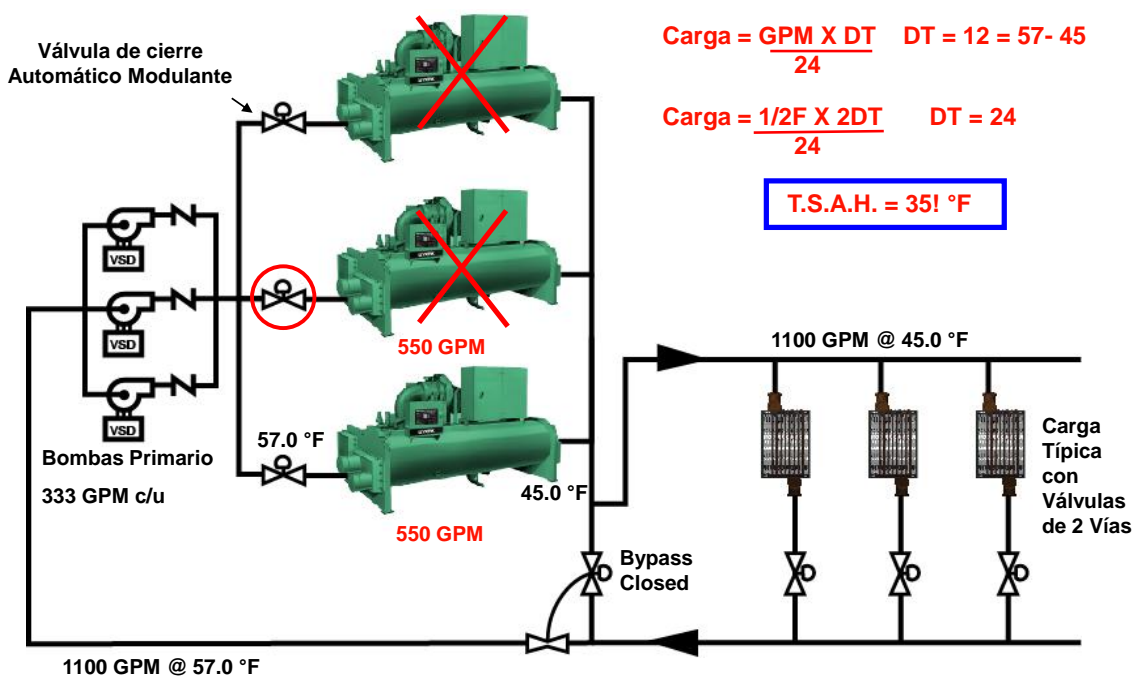
### Sistema de Primario Variable – Un Chiller mas Arranque-Paro



35 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



### Sistema de Primario Variable – Abrir Válvula de cierre



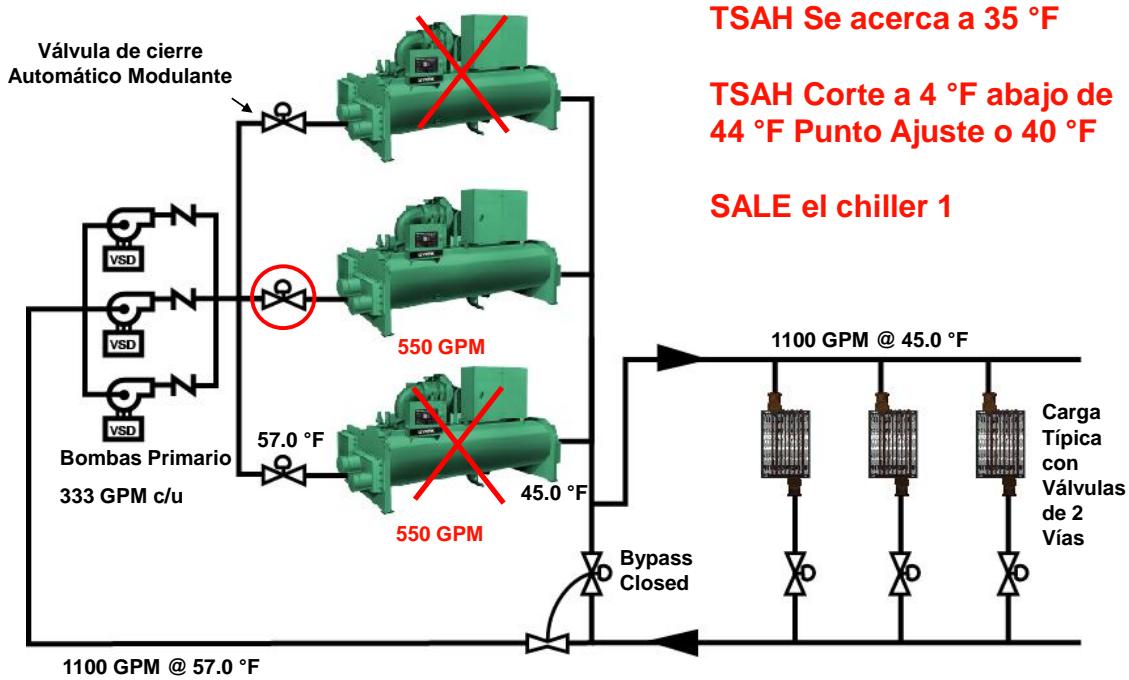
$$\text{Carga} = \frac{\text{GPM} \times \text{DT}}{24} \quad \text{DT} = 12 = 57 - 45$$

$$\text{Carga} = \frac{1/2 \text{F} \times 2 \text{DT}}{24} \quad \text{DT} = 24$$

T.S.A.H. = 35! °F



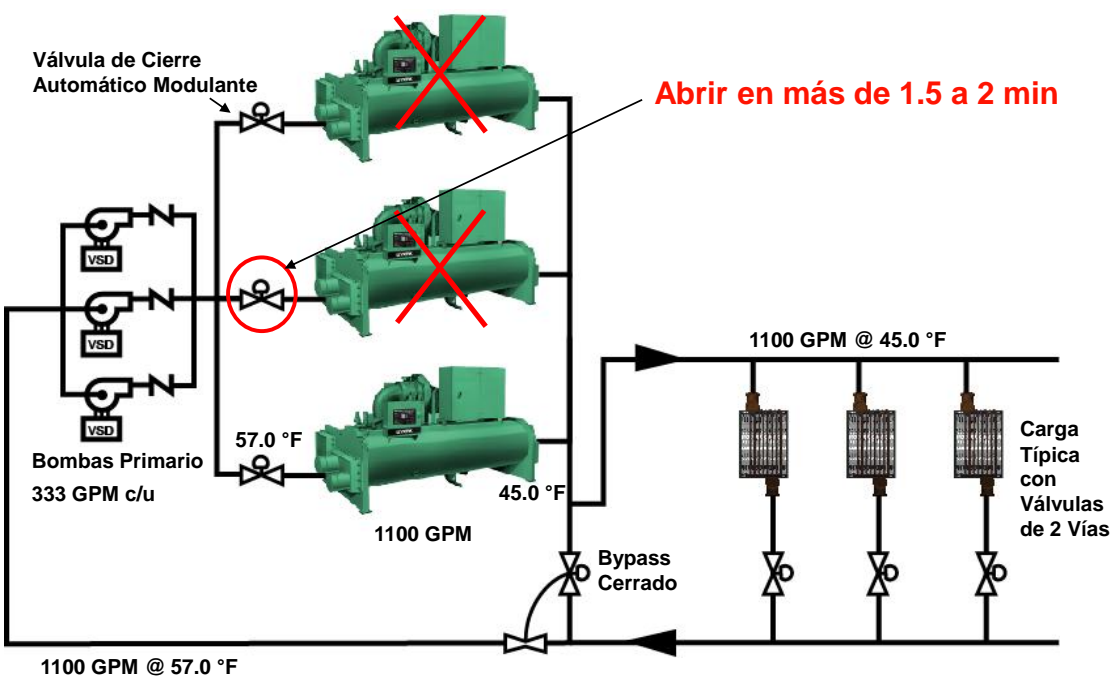
### Sistema de Primario Variable – Abrir Válvula de cierre



37 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra



### Sistema Primario Variable (Abrir Válvula de Cierre LENTAMENTE)



38 Autor: Ingeniero Arturo Ibarra

## RESUMEN: Diseño de Sistema VPF / Consideraciones de Control



- Chillers
  - De igual capacidad, de preferencia, pero NO necesariamente
  - Mantener los Flujos mínimos con el Bypass de Controls a 1.5 FPS
  - Mantener los máximos flujos entre 11.0 y 12.0 fps
  - Valvulas de Cierre (Modulantes o con cierre lento, de 1.5 a 2 min)
  - NO se debe variar el flujo a través de los Chillers en forma rápida (Rampa con VSD – Ajuste típico de 10%/min)
    - Tipos de Chillers
    - Volumen en en el sistema de Agua
    - Carga a los Chillers
    - Cargas Activas
  - Secuencia
    - Si se tienen Chillers de Velocidad Constante – Operar Chiller a carga máxima run chiller to max load (Incremento en Temp de suministro). NO operar mas chillers de los requeridos (Enfr x Agua)
    - Si se tienen Chillers con Velocidad Variable – Operar Chillers entre el 30% y 70% de Carga (dependiendo de la TEAC). Operar mas Chillers que los requeridos por la carga.
    - Añadir Chiller – Temp de A.H. de suministro o Carga (Flujo Ajustado x Delta T)  $\geq$  amperes (Con Vel Constante)
    - Substraer Chiller – Carga (Flujo Ajustado X Delta T)  $\geq$  amperes (Con Vel Constante)

## RESUMEN: Diseño de Sistema VPF / Consideraciones de Control



### ■ Bombas

- Controladas por Variador de Frecuencia
- Se prefiere el arreglo de tubería con cabezales
- Secuencia
  - Con chillers (Operar mas Bombas que Chillers para obtener Capacidad de Sobre-Bombeo)
  - En Flujo (añadir bomba cuando el flujo existente sea inadecuado, quitar bombas cuando sea posible)
  - Algoritmo optimizado (KW totales de más bombas son menores que de menos bombas)
  - Permanezca dentro de los límites Bomba-Motor (del 25% al 100% de velocidad)
  - Retire Bomba entre el 25% y 30% de velocidad
  - Añadir Bomba cuando la velocidad de operación sea lo suficientemente alta.
- Velocidad Controlada por sensores al **FINAL** del circuito.

## RESUMEN: Diseño de Sistema VPF / Consideraciones de Control



- Válvula de Bypass
  - Mantener el flujo mínimo especificado, a través de los Chillers
    - Por medio de la Medición de la presión diferencial en el Evaporador de cada uno
    - Preferible "Medidor de Flujo"
  - Modula apertura para Mantener el flujo mínimo al (los) chiller(s) en operación.
  - La válvula de Bypass es normalmente abierta, Pero cierra a menos que se tenga el flujo mínimo.
  - Tubo y Válvula dimensionados para el flujo mínimo de los Chillers en operación
  - Habilidad de alta Gama-Rango (100:1 preferido)
  - Selección para PSID Estática, Dinámica, y de Cierre = Presión de paro de Bombas
  - Característica de Proporción Lineal (Flujo a Posición Válvula) preferida
  - Actuador de respuesta rápida.
  - Preferible Localizarla en la Planta de Agua Helada Cercana a los Chillers / Bombas
    - Energía
    - Evite el tráfico en la Red (Network traffic)

## RESUMEN: Diseño de Sistema VPF / Consideraciones de Control



- Válvulas de los Serpéntines
  - Alta Gama de Operación (High Rangeability) (200:1 preferible)
  - Selección para PSID Estática, Dinámica, y de Cierre = Presión de paro de Bombas
  - Característica de Igual Porcentaje (Flujo a Carga)
  - Actuador de respuesta lenta
- Etapas de Carga
  - Programar la Secuencia de Arranque-Paro de las UMAs en Intervalos de 10 a 15 Mins.

## Resumen para un buen diseño de VPF



### Chillers

- De igual capacidad y con la misma Caída de Presión (Mejor opción)
- Respetar flujos Mínimo/Máximo a través de los chillers
- Ajuste la función rampa en los VSD para cerca de 10%/min (600 segs de 0 a Max Velocidad)
- Utilice Válvulas Modulantes o de Cierre Lento en los Evaporadores, Bombeo Con Cabezales.
- Utilice Válvulas de dos posiciones (Cierre en 1 min.) en los evaporadores, Bombeo Dedicado

### Bombas

- Controladas por VSD
- Arreglo de Bombeo con cabezales (preferible)
- Bombeo Dedicado OK (Sobredimensionar las Bombas)

### Válvulas de 2 Vías

- Seleccione para Presión Estática, Dinámica y de Cierre e iguale a la Presión Total de las Bombas
- Gama de Capacidad (Range-ability) 100 to 200:1
- Para Serpentes – Acción Lenta, Igual Porcentaje, Para la Manejadoras Intervalos de 10 a 15 minutos para "On-Off"

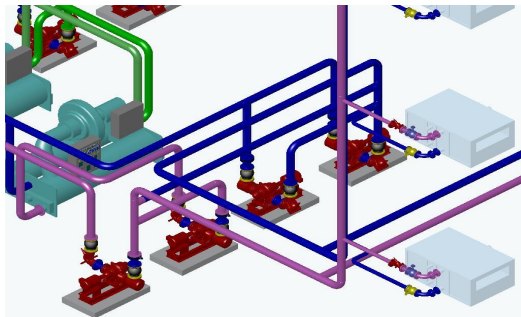
## Resumen para un buen diseño de VPF



### ★ Controles:

- ★ Sensor de Presión lejos en el circuito con punto de Ajuste lo menor posible (Menor Valor = Menor consumo de energía)
- ★ Ponga la función de rampa en el controlador del VSD (10% / min promedio)
- ★ Opere Una Bomba más que el número de Chillers (Sistema Con Cabezales)
- ★ Arrancar Chillers por Temp de suministro Común, Carga, Amps (Vel Cte) (Ajustar flujo para baja Delta T.
- ★ Paro de Chillers por (Vel Cte solo), Carga, (Ajustar flujo para baja Delta T.
- ★ Sobre-Bombeo a los Chillers para combatir la condición de Baja Delta T y Obtener Máxima Capacidad de los Chillers.
- ★ Controlar el Bypass por flujo mínimo (preferible) o Mínima Caída de Presión del mayor de los Chillers (Localizarlo dentro de la planta de AH, para mejor controls y respuesta rápida)

## Sistemas de Agua Helada, Enfoque VPF



**¿Preguntas?**

**¿Observaciones?**

**¿Comentarios?**

***Por su atención y compañía les damos las mas cumplidas gracias.***



Autor: Roy S. Hubbard  
Marketing Manager ESG  
Johnson Controls  
Roy.S.Hubbard@jci.com

Presentado por: Arturo Ibarra  
Ventas HVAC  
Johnson Controls  
arturo.ibarra@jci.com

**10 de Febrero 2009**