

**EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL  
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN EN DANA TRANSEJES COLOMBIA**

**RAYNER MOLINA GONZÁLEZ  
JEISSON RENÉ PÉREZ GIL**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2007**

**EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL  
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN EN DANA TRANSEJES COLOMBIA**

**RAYNER MOLINA GONZÁLEZ  
JEISSON RENÉ PÉREZ GIL**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director  
OMAR ARMANDO GÉLVEZ AROCHA  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2007**

## DEDICATORIA

*A Dios, creador de todo el universo, a mi madre Hildegar M. González R.  
por su lucha incansable, a mis hermanos, a mis amigos.*

*Rayner Molina González*

## DEDICATORIA

*A Jehová Dios, Fuente inagotable de Energía,  
A mis padres, Marco Antonio Pérez y Maria Julieth Gil.*

*Jeisson René Pérez Gil*

## AGRADECIMIENTOS

A Omar Armando Gélvez Arocha, ingeniero mecánico y director del proyecto, por su guía profesional, su colaboración incondicional y dedicación durante la realización de este proyecto.

A la empresa DANA Transejes Colombia, en especial al Ing. Fabio A. González, Ing. Victor M. Campillo, Ing. Ariel Vega y al personal técnico de mantenimiento, calidad y procesos, por depositarnos confianza, apoyarnos, prestarnos sus instalaciones para el desarrollo del proyecto y por contribuir en nuestro crecimiento profesional.

A todos nuestros amigos que fueron pieza fundamental en el correr de los días y a todas aquellas personas que de una u otra manera colocaron su granito de arena para conseguir nuestro objetivo.

*Rayner Molina González.*

*Jeisson René Pérez Gil.*

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	26
<b>1. ANÁLISIS DEL PROCESO (Producción/ Servicios Auxiliares)</b>	29
1.1 MÁQUINAS QUE FORMAN PARTE DEL PROCESO PRODUCTIVO	29
1.1.1 Temple	31
1.1.2 Fresado de Pistas	31
1.1.3 Rectificado Interior	31
1.1.4 Rectificado de Pistas	32
1.1.5 Refrentado y Centrado	32
1.1.6 Torneado	32
1.1.7 Determinación de vida de los ejes homocinéticos	33
1.1.8 Carburización	33
1.1.9 Generación del Gas Endotérmico	34
1.1.10 Secado del aire comprimido	34
1.2 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	34
1.2.1 Sistema Original	35
➤ Torre de Enfriamiento	36
➤ Bombas centrífugas	41
➤ Intercambiadores de calor	42
➤ Red de Tuberías	45
<b>2. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES</b>	47
2.1 METODOLOGÍA A DESARROLLAR	47
2.2 SISTEMA ACTUAL	48

2.3 LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN	49
2.4 CRITERIOS PARA A EVALUACIÓN DEL FLUJO DE AGUA	50
➤ Medición de flujo de agua en pruebas de campo de torres de enfriamiento (CTI paper tp63-04)	51
2.5 FACTORES A CALCULAR	53
2.6 VARIABLES A MEDIR	53
2.6.1 Medición de flujo de fluidos	53
2.6.2 Medición de temperaturas	54
2.6.3 Mediciones de presión	54
2.7 RECURSOS	54
<b>3. MEDICIONES, CÁLCULOS Y RESULTADOS</b>	<b>56</b>
3.1 ESTADÍSTICO DE TEMPERATURAS	56
3.1.1 Zona Torre de enfriamiento	56
➤ Ubicación geográfica y condiciones ambientales	56
➤ Variables a medir	57
➤ Consideraciones de las medidas	57
➤ Equipos utilizados	58
➤ Requerimientos de medición	58
➤ Mediciones	59
➤ Temperatura de Bulbo húmedo	61
3.1.2 Zona Máquinas del Sistema de Enfriamiento	62
3.2 DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO DE AGUA	71
3.2.1 Regimenes de flujo de fluidos en tuberías	71
➤ Flujo Laminar	72
➤ Flujo turbulento	73
3.2.2 Detalles de la medición de flujo	74
3.3 PRESIONES EN LA RED HIDRÁULICA	81

3.4 FLUJO DE CALOR	83
<b>4. DIAGNÓSTICO (ENERGÉTICO Y OPERACIONAL)</b>	<b>85</b>
4.1 TORRE DE ENFRIAMIENTO	85
4.1.1 Diagnóstico del estado de los componentes internos y externos	85
4.1.2 Diagnóstico Operacional	87
➤ Verificación del punto de operación actual en las curvas de comportamiento	88
4.2 INTERCAMBIADORES DE CALOR	92
4.3 TUBERÍAS Y ACCESORIOS	94
4.4 BOMBAS CENTRÍFUGAS	96
4.5 FLUJO DE CALOR	98
4.6 OTROS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL SISTEMA	99
4.6.1 Contaminación del agua de enfriamiento	99
4.6.2 Pérdida de agua en el sistema por falla del sistema eléctrico	102
4.6.3 Control del nivel de agua en los tanques	105
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>107</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>130</b>

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Diámetros de las tuberías originales	46
Tabla 2. Temperaturas zona torre	59
Tabla 3. Estadístico de Temperaturas de la Máquina de Temple FDF	68
Tabla 4. Temperaturas recomendadas por los fabricantes	72
Tabla 5. Cuadro comparativo entre <i>medidor de flujo Ultrasónico</i> y EPANET	78
Tabla 6. Flujo actual de las bombas del sistema y las combinaciones	78
Tabla 7. Flujo por tramos	79
Tabla 8. Flujos actuales y recomendados en cada máquina	80
Tabla 9. Presiones del sistema medidas y calculadas con EPANET	82
Tabla 10. Flujo de calor actual y flujo de calor calculado con los parámetros recomendados	84
Tabla 11. Formato de inspección para la torre de enfriamiento	86
Tabla 12. Condiciones de diseño y condiciones de prueba	88
Tabla 13. Variaciones permitidas por el CTI	91
Tabla 14. Datos generales de los Intercambiadores de Calor	93
Tabla 15. Diámetros de las tuberías con sus respectivas velocidades de flujo	95
Tabla 16. Cuadro económico de las bombas centrífugas	97
Tabla 17. Cuadro económico de las combinaciones de las bombas	97
Tabla 18. Flujo de calor actual y flujo de calor calculado con los parámetros recomendados	99
Tabla 19. Impurezas más comunes en el agua	100
Tabla 20. Parámetros área de bombeo, Torre nueva -Grupo A	120
Tabla 21. Parámetros área de bombeo, Grupo A	120

Tabla 22. Diámetros recomendados para las tuberías de entrada y salida del agua a las máquinas con sus respectivas velocidades de flujo

122

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de procesos	30
Figura 2. Diagrama de flujo del sistema original	35
Figura 3. Clasificación de las torres de enfriamiento según el tipo de operación	37
Figura 4. Clasificación de las torres de enfriamiento según el flujo de aire	38
Figura 5. Dimensiones torre de enfriamiento	39
Figura 6. Foto de la torre de enfriamiento de la planta	40
Figura 7. Bombas centrifugas del sistema de enfriamiento	42
Figura 8. Intercambiador simple de tubos concéntricos	43
Figura 9. Tipos de intercambiadores de calor presente en la planta	43
Figura 10. Diagrama de flujo del sistema actual	49
Figura 11. Gráfico de Temperaturas zona torre	60
Figura 12. Temperaturas ordenadas de acuerdo a $T_{amb}$	61
Figura 13. Gráfico representativo de los cálculos de la $T_{wb}$	62
Figura 14. Toma de temperatura en tubería	63
Figura 15. Flujo de calor en la tubería	66
Figura 16. Curva de comportamiento de la temperatura de entrada y salida del agua de enfriamiento en la máquina de temple FDF	69
Figura 17. Estadístico de Temperaturas de entrada y salida del agua de enfriamiento	70
Figura 18. Distribución de velocidades dado en el flujo laminar	73
Figura 19. Distribución de velocidades dado en el flujo turbulento	73
Figura 20. Fotografías de los tipos de flujos	74
Figura 21. Vistas del software EPANET durante la simulación	77

Figura 22. Estado actual de la torre de enfriamiento	87
Figura 23. Curvas de comportamiento de la torre	90
Figura 24. Muestra de ensuciamiento del agua de enfriamiento	102
Figura 25. Circuito actual de enfriamiento emergente para el horno	104
Figura 26. Rebose entre los tanques de agua	105
Figura 27. Curva de comportamiento ajustada	112
Figura 28. Alternativa 1	113
Figura 29. Alternativa 2	114
Figura 30. Alternativa 3	115
Figura 31. Alternativa 4	116
Figura 32. Alternativa 5	117
Figura 33. Montaje de ampliaciones y reducciones en bombas	121
Figura 34. Circuito recomendado para el enfriamiento emergente del Horno de Cementación	129

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Carta de aprobación del plan de proyecto
- Anexo B. Carta al comité de trabajos de grado
- Anexo C. Carta de conformidad de DANA Transejes Colombia
- Anexo D. Glosario
- Anexo E. Inventario del sistema de enfriamiento
- Anexo F. Planos de la red en SolidWorks 2007
- Anexo G. Carta psicrométrica zona planta de producción
- Anexo H. Formatos de estadístico de temperaturas de las máquinas
- Anexo I. Gráficos de temperaturas del agua de cada máquina
- Anexo J. Propiedades termodinámicas del aire
- Anexo K. Informe de medición del flujo de agua
- Anexo L. Resultados de la simulación en EPANET
- Anexo M. Tramos de la red de tuberías del sistema de enfriamiento
- Anexo N. Formatos de inspección y operación indicados por el CTI
- Anexo O. Flujo de agua en tuberías de acero de cédula 40
- Anexo P. Torre de enfriamiento recomendada
- Anexo Q. Potencia requerida para el bombeo
- Anexo R. Curva de la bomba centrífuga recomendada
- Anexo S. Informe de EPANET referente a los circuitos propuestos de la alternativa 5



## NOMENCLATURA

### NOTACIÓN

A	área, m <sup>2</sup>
ATP	Acceptance Test Code
C <sub>p</sub>	calor específico a presión constante, Jul/Kg·°K
CTI	Cooling Technology Institute
D	diámetro externo, m
D	diámetro interno, m
e	espesor, m
g	gravedad, m/s <sup>2</sup>
ĥ	coeficiente de convección, W/m <sup>2</sup> ·/K
IC	intercambiadores de calor
k	conductividad térmica, W/(m·K)
L	longitud, m
ṁ	flujo másico, kg/s
Nu	número de Nusselt
p	presión, psi
Pr	número de Prandtl
q	transferencia de calor por unidad de longitud, W/m
Q	flujo de agua, m <sup>3</sup> /s
Q̇	flujo de calor, kW
r	radio
Ra	número de Rayleigh
Re	número Reynolds

R.H.	Humedad relativa, [%]
$\Delta T$	diferencia de temperaturas, °C
T	temperatura, °C
TE	torre de enfriamiento
$T_1$	temperatura del agua de entrada a la torre de enfriamiento, °C
$T_2$	temperatura del agua de salida de la torre de enfriamiento, °C
t	tiempo, s
v	velocidad, m/s

### LETRAS GRIEGAS

$\alpha$	difusividad térmica, $m^2/s$ .
$\beta$	coeficiente volumétrico de expansión térmica, $K^{-1}$
$\lambda$	longitud de onda,
$\rho$	densidad de masa, $kg/m^3$
$\pi$	constante pi, de valor 3,1415...
$\mu$	viscosidad dinámica, $Kg \cdot m/s$
$\nu$	viscosidad cinemática, $m^2/s$

### SUBÍNDICES

1, 2, .. se refiere al cuerpo que se está analizando

amb	ambiente
cal	caliente
D	diseño
ext	externo
int	interno
In	Entrada

med media  
out salida  
P prueba  
rep reposición  
sup superficial  
wb bulbo húmedo (web bulb)

## RESUMEN

### **TÍTULO:**

**EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN EN DANA TRANSEJES COLOMBIA \***

### **AUTORES:**

Rayner Molina González.

Jeisson René Pérez Gil. \*\*

### **PALABRAS CLAVES:**

Evaluación Energética, Torre de Enfriamiento, Intercambiadores de Calor, Pérdidas en tuberías, Transferencia de Calor, Balances térmicos.

### **DESCRIPCIÓN:**

El objetivo de este proyecto es evaluar el sistema de enfriamiento de la planta de producción en DANA Transejes Colombia, para determinar los problemas que causan el mal funcionamiento del mismo, obtener un diagnóstico del estado actual y tomar decisiones que conlleven a su buen funcionamiento.

La evaluación consiste en calcular el flujo de calor que está extrayendo actualmente el sistema de enfriamiento y compararlo con el que debería extraer en condiciones óptimas de operación. Para esto es necesario realizar cuadros estadísticos de: Temperaturas, presiones y flujos de agua de todo el sistema, recopilar información acerca del sistema para inspeccionar las características de diseño de cada uno de los equipos. Se utilizaron softwares tales como: SolidWords 2007 y EPANET, el primero para la realización de los planos de la red de

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Omar Gélvez.

tuberías y el segundo para simular el funcionamiento hidráulico (debido a la complejidad de la red).

Al final, se presentaron recomendaciones para dar solución total y no parcial a los problemas presentes en el sistema. Entre las recomendaciones se citan: Rediseños, cambios de equipos, análisis operacionales de las máquinas incluidas en el sistema de enfriamiento, trabajos de mantenimiento, entre otras.

## SUMMARY

### TITLE:

DANA TRANSEJES COLOMBIA'S PRODUCTION PLANT COOLING SYSTEM ENERGY USAGE AND OPERATIONAL EVALUATION<sup>1</sup>

### AUTORS:

Rayner Molina González.

Jeisson René Pérez Gil.\*\*

### KEYWORDS:

Energy Consumption and Usage Evaluation, Cooling Systems, Cooling Tower, Heat Exchanger, Pipe Flow Rates and Pressure Drops , Heat Transfer, Thermal Balances, Flowmeters.

### DESCRIPTION:

The aim of this project is to evaluate the DANA Transejes's Production Plant Cooling System, in order to determine any problems that may cause hinder its performance, to give a real diagnostic of its state and suggest improving actions to make for its functional.

The evaluation method consists of calculating the present heat flow rate extracted from the production machines through the cooling system and comparing this with the optimal heat extraction flow rate in operational conditions. To do this, is need it to measure and log in charts, histograms and tables variables such as: Temperature, pressure and water flowrate in several points through the system, to search technical information and design specifications about the equipments that are part of the system. The software applications used: SolidWords 2007, EPANET and MS Excel. The first one permits to do the 3D drawings,

---

<sup>1</sup> Graduation Project

\*\* Physical-Mechanical Sciences Faculty. M.S. Omar A. Gélvez

the second one simulate the water flow rates and pressure drops trough the net and the third one is to log in tables and chart the data obtained in the measures and calculating activities.

Finally, recommendations were presented to the maintenance staff not as a partial solution, but total. Some of the recommendations were: Redesign, equipment and accessories changes, new acquisitions, operational inspections and maintenance activities.

## INTRODUCCIÓN

El éxito de toda empresa va muy a la mano con la eficiencia energética de los equipos utilizados para obtener sus productos. Es de saber que las máquinas y los procesos industriales generan cantidades de calor que deben ser continuamente disipadas si se quiere que esas máquinas y procesos operen eficientemente. Por tal motivo, por más pequeña sea la empresa y por más sencillos sean los procesos que se llevan a cabo dentro de ella, la disipación de calor debe tomarse muy en serio si se quiere que las máquinas funcionen lo mejor posible, sin inconvenientes producidos por recalentamiento de los componentes.

DANA Transejes Colombia posee una instalación industrial donde el calor generado en el procesamiento de los productos es considerablemente alto, lo que indujo a los ingenieros de la empresa a implementar un sistema de enfriamiento apto para la necesidad de disipación de calor que se tenía en el año de 1987; pero con el transcurrir de los años la empresa fue creciendo por las exigencias del mercado nacional e internacional, aumentando de esta manera el número de máquinas, por lo que, poco a poco el sistema de enfriamiento fue quedando insuficiente para las exigencias de operación, y en la actualidad se está viendo afectado en gran parte por la deficiente extracción de calor que realiza el sistema de enfriamiento.

Por tales razones y para plantear recomendaciones de mejora del sistema de enfriamiento, se hace necesario identificar claramente las causas principales por las cuales está colapsando, y para ello es necesario realizar un análisis energético y operacional en cada uno de los equipos y secciones que

conforman el sistema, es decir, evaluar la torre de enfriamiento, los intercambiadores de calor, las bombas centrífugas y la red de tuberías donde se transporta el agua de enfriamiento que entra y sale de cada máquina.

Para alcanzar un resultado certero y conciso se plantearon los siguientes objetivos:

- ✓ Realizar una evaluación energética y operacional del sistema de enfriamiento de la planta de producción en DANA Transejes Colombia que permita obtener un diagnóstico del estado actual del mismo y sea una herramienta para la toma de decisiones acerca del futuro del sistema de enfriamiento. Para esto se deberá:
  - Determinar los requerimientos de disipación de calor en las máquinas que forman parte del proceso productivo al cual el sistema de enfriamiento brinda servicio.
  - Evaluar la capacidad actual de los intercambiadores de calor y compararla con los requerimientos de disipación de calor en las máquinas.
  - Evaluar energéticamente la torre de enfriamiento y determinar su capacidad las condiciones actuales de operación y compararla con las condiciones originales de diseño y selección.
  - Realizar un análisis técnico del comportamiento de las bombas principales del sistema.
- ✓ Realizar levantamiento de planos de las líneas de tubería de agua del sistema y documentar las especificaciones técnicas de los componentes principales del sistema de enfriamiento utilizando las herramientas de software que posee la empresa (SolidWorks 2007, Microsoft Excel).

- ✓ Interpretar los resultados obtenidos y elaborar un reporte técnico con el diagnóstico del sistema, especificando la alternativa de solución más viable, esto es:
  - El diseño y/o selección de la torre que cumpla con los requerimientos del sistema, con su tamaño, tipo de relleno, altura y equipos auxiliares.
  - Recomendaciones de instalación, operación y mantenimiento concernientes al sistema.

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos se realizaron, entre otras, las siguientes tareas:

- ✓ Recopilación de información de operación de los equipos (parámetros de operación, condiciones de diseño, planos, trabajos realizados en el sistema, etc).
- ✓ Cuadros estadísticos de las variables (temperaturas, flujos y presiones) que influyen en el funcionamiento del sistema.
- ✓ Análisis y cálculos térmicos en los intercambiadores de calor.
- ✓ Análisis operacional e inspecciones visuales en la torre de enfriamiento, intercambiadores de calor, bombas centrífugas y la red hidráulica.

## **1. ANÁLISIS DEL PROCESO (Producción/ Servicios Auxiliares)**

La empresa DANA Transejes cuenta con un sistema de enfriamiento que opera en función de una torre de enfriamiento, 28 intercambiadores de calor, 5 bombas centrífugas, una red de tuberías y dos tanques de almacenamiento de agua caliente y fría.

El sistema presenta una serie de inconvenientes, tales como:

- ✓ Temperatura elevada en el agua de enfriamiento del sistema eléctrico de las máquinas de temple.
- ✓ Temperatura del agua para las máquinas de temple en condiciones desfavorables para la calidad en la producción, esto es: Defectos en las piezas producidas y/o retardos.
- ✓ Constantes paradas de máquinas, ya sea por inconvenientes de temperatura, presión y/o flujo de agua requerido.
- ✓ Daños severos en los componentes hidráulicos (fugas de aceite, quema de bombas hidráulicas y recalentamiento de componentes)
- ✓ Alto consumo de energía eléctrica en el sistema.

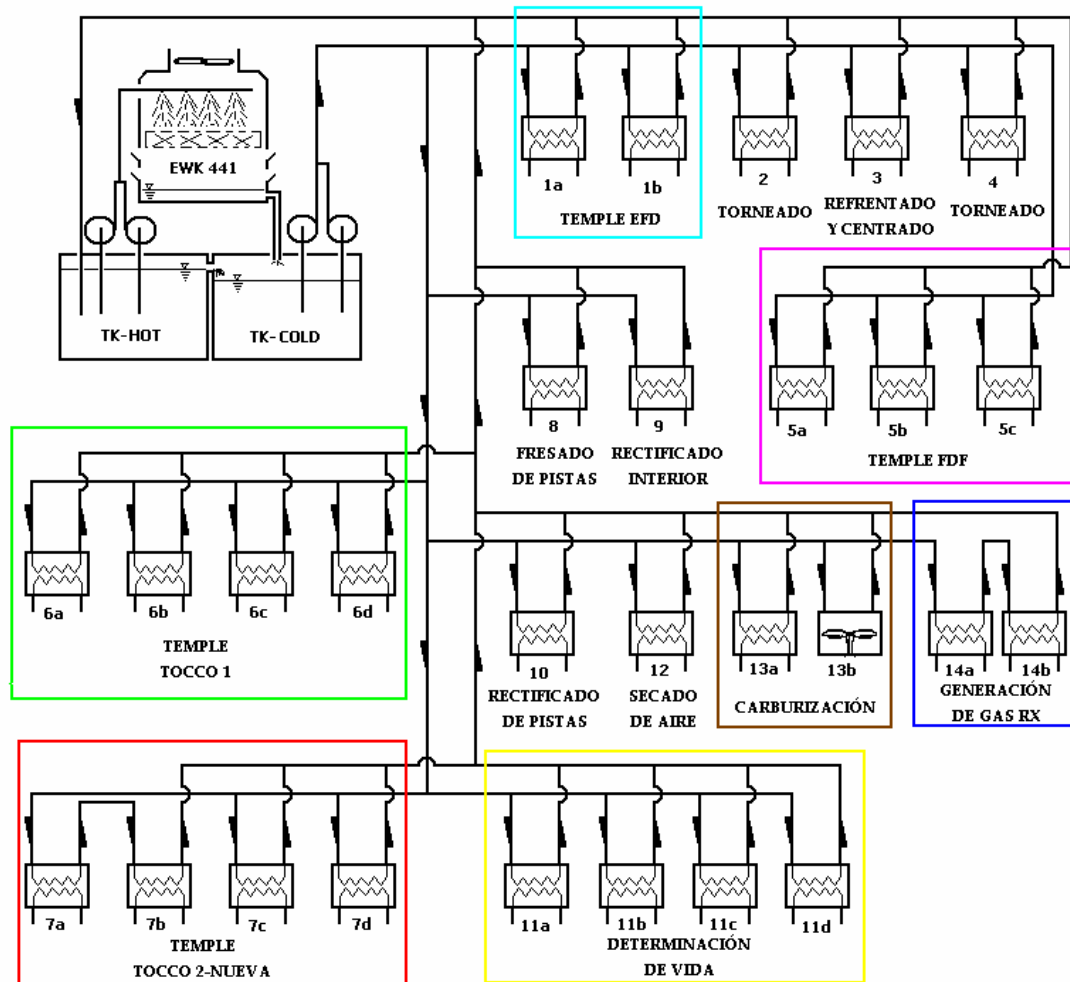
### **1.1 MÁQUINAS QUE FORMAN PARTE DEL PROCESO PRODUCTIVO**

Dentro del proceso productivo de la empresa, se encuentran diferentes tipos de máquinas, tales como: Tornos, rectificadoras, fresadoras, templadoras, centradoras, prensas, rolinadoras, hornos, trefiladoras, entre otras, en las cuales se llevan a cabo las actividades que conllevan a obtener los productos que comercializa la empresa. Es preciso aclarar, que no todas las máquinas se encuentran incluidas en el sistema de enfriamiento. Solo se encuentran dentro

de este sistema las máquinas que en operación requieren extracción continua de calor continuo para su correcto funcionamiento.

A continuación en la figura 1, se expone un diagrama simplificado de los procesos que hacen parte del sistema de enfriamiento, luego se explica con detalles de cada uno de ellos y su máquina respectiva.

Figura 1. Diagrama de procesos



**1.1.1 Temple.** El temple se realiza en las máquinas de tratamiento térmico EFD , FDF, TOCCOS 1 y TOCCO 2 (Nueva). Esta operación consiste en someter las piezas (Juntas Fijas, Tulipas e interejes) a un calentamiento crítico de 850° C aproximadamente (Temperatura por encima del proceso de austenización del material) por medio de inductores que generan un campo magnético, y luego, se enfrían a una temperatura crítica inferior por medio de un choque térmico a presión, generado por una solución denominada hidrotemple.

En las máquinas donde se realiza el proceso de temple se necesita refrigeración por dos razones: Disminuir la temperatura del sistema eléctrico del generador y del transformador de las estaciones de temple, debido a la alta generación de calor durante su funcionamiento y para entibiar el hidrotemple, luego del choque térmico en la pieza.

**1.1.2 Fresado de Pistas.** Esta operación, que incluye tanto el desbaste o premecanizado de las pistas de las Juntas Fijas, como el acabado de las mismas, se realiza en la fresadora Ex-Cell-O. El acabado consiste en la mecanización de los canales o pistas en la parte interior de la campana en donde deslizaran las esferas contenidas en la canastilla. En algunos modelos se realiza antes un desbaste debido a que la forja trae mucho material del proceso anterior y es necesario removerlo debido a que la operación posterior es un proceso mucho más refinado y delicado.

**1.1.3 Rectificado Interior.** El proceso de rectificado del diámetro esférico interior de la Junta Fija es realizado por la rectificadora SI-4a, la cual le da un acabado final a las dimensiones internas de la campana, para que la canastilla

se pueda desplazar con libertad. La herramienta utilizada en esta operación es una piedra abrasiva de Oxido de Aluminio con contorno semicircular.

**1.1.4 Rectificado de Pistas.** El rectificado de pistas, es realizado por la rectificadora Cincinnati, la cual se encarga de darle las dimensiones finales a las pistas por donde se deslizaran las esferas contenidas en la canastilla. Esta máquina trabaja con abrasivos SG-Gel, tipo macho o tipo hembra.

En las 3 máquinas anteriores, cuando la pieza se mecaniza sufre recalentamiento, lo que hace necesario emplear varias soluciones para enfriarla (solución aceitosa denominada *maquín* para la fresadora Ex-Cell-O y solución acuosa denominada *fluising* para las rectificadoras). Por tal razón se hace necesario el sistema de enfriamiento para disminuir la temperatura a estas soluciones luego de cada proceso.

**1.1.5 Refrentado y Centrado.** Las operaciones de refrentado y centrado del intereje se realizan paralelamente en la Centradora Endomatic y en la Centradora TCT. Ambas son máquinas electromecánicas de idénticas características. Durante el refrentado, se desbasta el material de las puntas de la varilla hasta alcanzar las medidas adecuadas. Posteriormente durante el centrado, se realiza un orificio en la mitad de cada extremo de las varillas, para luego permitir el anclaje de las mismas entre los puntos de las máquinas siguientes.

**1.1.6 Torneado.** La operación de torneado de los interejes, se realiza en el torno Detroit, de tecnología netamente electrohidráulica. Esto hace las operaciones de programación de los modelos un poco compleja. Este torno trabaja mediante el copiado de partes con base en modelos guías que se

ubican en la parte superior del torno, haciendo que el sistema copiador guíe el portaherramientas mientras este realiza el mecanizado de la parte con el contorno adecuado. El torneado consiste en dar al cuerpo de la varilla los diferentes diámetros y formas requeridas en el intereje de acuerdo a las especificaciones del plano.

**1.1.7 Determinación de vida de los ejes homocinéticos.** La determinación del torque, desplazamiento y revoluciones que soportan los ejes homocinéticos cuando se encuentran ensamblados en los automóviles, se determina en la Máquina de Vida. Esta operación consiste en realizar una serie de ciclos en la máquina, aplicando diferente número de revoluciones, torque y variación angular la cual simula un vehiculo en movimiento con diferentes cargas, aceleraciones e inclinación del terreno.

Las máquinas de los 3 últimos procesos funcionan con grandes flujos de aceite y presiones elevadas en sus sistemas hidráulicos, parámetros de operación que causa la generación de gran cantidad de calor, por lo cual se requiere del sistema de enfriamiento para disipar todo el calor liberado y evitar recalentamiento y daños en el sistema. Es sabido que para este tipo de máquinas lo óptimo es colocar tanques de almacenamiento con un volumen del 30% del aceite que se maneja en el sistema para disipar el calor, pero por razones de espacio los fabricantes optan por colocar tanques pequeños y disipar gran parte del calor por medio de un sistema de enfriamiento.

**1.1.8 Carburización.** Algunas piezas están elaboradas con aceros que poseen un bajo índice de carbono, lo que dificulta realizarles tratamiento térmico de temple directo en alguna máquina de temple. La operación de carburización se realiza en el Horno de Cementación y consiste en introducir la pieza en

una cámara que posee un ambiente con gas endotérmico (Gas RX), agregar gas metano ( $\text{CH}_4$ ), oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y elevar la temperatura hasta  $1700^\circ\text{F}$  aproximadamente, lo que induce que el carbono desprendido de la reacción entre estos dos componentes y el gas se añada a la superficie de la pieza, para luego sumergirlo en un baño de aceite de temple y endurecerla.

En el horno de cementación se requiere agua de enfriamiento por dos razones: a) Disminuir la temperatura del aceite de temple para mantenerlo en condiciones de temperatura adecuada para el proceso y b) Mantener una temperatura recomendada al agitador de la cámara de cementación. Este es el encargado de mezclar de manera homogénea los gases de dicha cámara.

**1.1.9 Generación del Gas Endotérmico.** En el proceso de carburización, como se mencionó anteriormente, se necesita un ambiente propicio, el cual se obtiene agregando un porcentaje de gas endotérmico a la cámara. Este gas se obtiene en el Generador de Gas RX o Endotérmico.

**1.1.10 Secado del aire comprimido.** Este proceso se realiza en el Secador de aire del compresor, y el proceso consiste en retirar el agua en exceso que contiene el aire que sale del compresor hacia las máquinas de producción de toda la planta.

## **1.2 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**

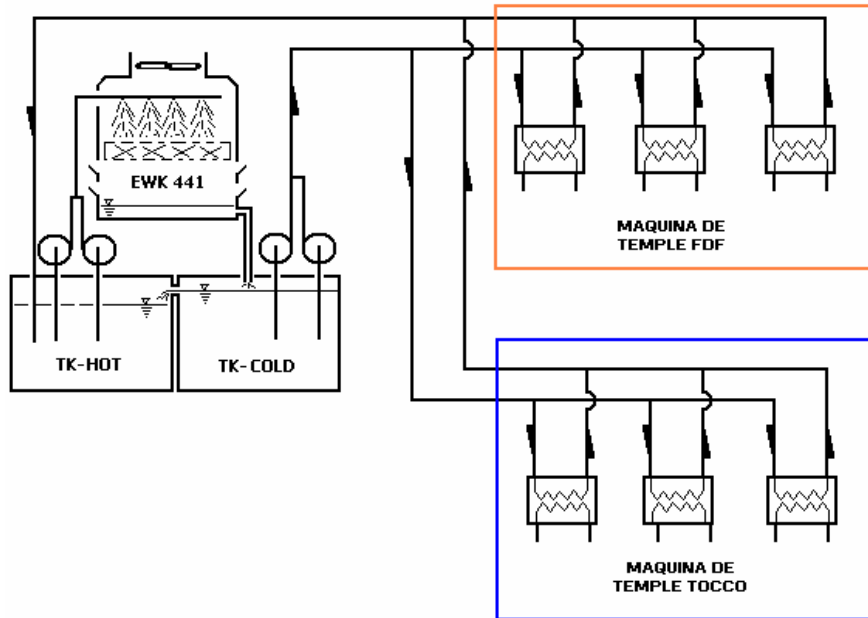
Inicialmente el sistema de enfriamiento fue diseñado para 2 máquinas de temple, compuesta cada una por un generador, un transformador y dos inductores; hoy en día la empresa cuenta con cuatro máquinas de temple constan de los mismos componentes, dos rectificadoras y ocho máquinas

más, donde se extrae calor de diferentes sistemas, ya sean de tipo hidráulicos o directamente en el proceso (refrigeración de la pieza), lo que produjo un incremento de carga al sistema de enfriamiento provocando un incorrecto funcionamiento del mismo.

### 1.2.1 Sistema Original

A continuación se hace énfasis a las condiciones originales de cada uno de los equipos principales que conforman el sistema de enfriamiento (torre de enfriamiento, bombas centrífugas, intercambiadores de calor y la red de tuberías). Información de mucha utilidad para realizar la evaluación. La figura 2, muestra de manera simplificada el sistema original de enfriamiento.

Figura 2. Diagrama de flujo del sistema original



## ➤ Torre de Enfriamiento

Las torres de enfriamiento convencionalmente son utilizadas para liberar a la atmósfera el calor proveniente de los procesos exotérmicos industriales, mediante la evaporación controlada, reduciendo así la cantidad de agua consumida. Este proceso de extracción de calor se logra cuando el agua a enfriar (que por medio de las toberas de riego se dispersa en un conjunto de gotas) se pone en contacto con el aire, a todas estas gotas se les evapora la película exterior, requiriendo para este proceso de absorber calor, el cual se toma de las propias gotas, enfriándola consecuentemente. Es decir, el enfriamiento se realiza tanto por calor sensible (cambio de temperatura) como por calor latente (cambio de estado físico).

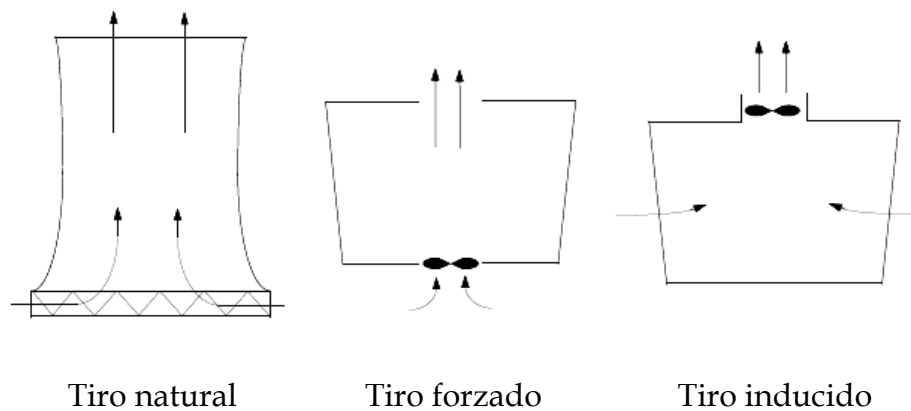
El objetivo principal que se persigue en la torre es que el agua a enfriar esté el mayor tiempo posible en contacto con el aire, lo cuál se logra con la altura de la misma y además interponiendo obstáculos (el relleno), que la van deteniendo y al mismo tiempo la van fragmentando facilitando más el proceso evaporativo.

La mayor parte de la información disponible para las torres de enfriamiento es de selección, no de diseño y el cliente no puede determinar "a priori" si una torre está bien o mal diseñada. Si a esto se le agrega que en mayor o menor grado las torres siempre enfrían, entendemos el porque la dificultad para evaluar éstos equipos.

No hay una clasificación universal para las torres de enfriamiento, pero la forma más simple y usual de clasificarlas es según la forma en que se mueve

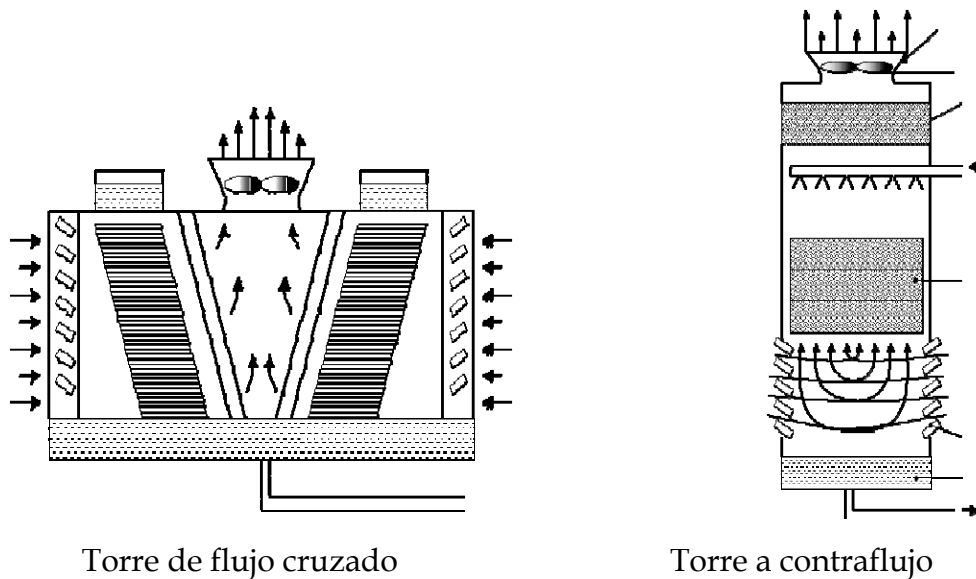
el aire a través de éstas. Según este criterio, existen torres de circulación natural y torres de tiro mecánico. En las torres de circulación natural, el movimiento del aire sólo depende de las condiciones climáticas y ambientales. En estas torres la circulación del aire es inducida por una gran chimenea situada sobre el relleno, la diferencia de densidades entre el aire húmedo caliente y el aire atmosférico es el principal motivo por el cual se crea el tiro de aire a través de la torre. Las torres de tiro mecánico utilizan ventiladores para mover el aire a través del relleno, este tipo de torres proporcionan un control total sobre el flujo de aire suministrado. Se trata de torres compactas, con una sección transversal y una altura de bombeo pequeñas en comparación con las torres de tiro natural. En estas torres se puede controlar de forma precisa la temperatura del agua de salida, y se pueden lograr valores de acercamiento muy pequeños (hasta de 1 o 2 °C, aunque en la práctica acostumbra a ser de 3 o 4 °C). Si el ventilador se encuentra situado en la entrada de aire, el tiro es forzado, cuando el ventilador se ubica en la zona de descarga del aire, se habla de tiro inducido, ver figura 3.

Figura 3. Clasificación de las torres de enfriamiento según el tipo de operación



Dependiendo de la dirección del flujo de aire también se clasifican en contraflujo y flujo cruzado. Si el aire se mueve de forma horizontal y el agua cae verticalmente es de flujo cruzado, y si el aire se mueve verticalmente a través del relleno, de manera que los flujos de agua y de aire tienen la misma dirección pero sentido opuesto es de contraflujo. En la figura 4 podemos observar esta clasificación.

Figura 4. Clasificación de las torres de enfriamiento según el flujo de aire



❖ **Características de diseño de la torre de enfriamiento**

- ✓ Marca: Sulzer
- ✓ Tipo: EWK 441/0.9/5.5
- ✓ Material: Fibra de Vidrio
- ✓ Peso máximo en servicio: 2900 kg.
- ✓ Peso neto: 740 kg

❖ **Datos operacionales de diseño**

- ✓ Flujo de agua a enfriar: 65 m<sup>3</sup>/h (286 gpm)
- ✓ T<sub>1</sub>: 33°C

- ✓ T<sub>2</sub>: 28°C
- ✓ Rango: 5°C
- ✓ T<sub>wb</sub>: 25°C
- ✓ Aprox.: 3°C
- ✓ Potencia Efectiva: 325.000 Kcal/h (107.5 T/Frío)
- ✓ Pérdida por evaporación: 0.8 m<sup>3</sup>/h (3.5 gpm)
- ✓ Ventilador axial con motor eléctrico de 5.5 kW, 440 V, 60 Hz, 3 fases.
- ✓ Presión agua para toberas 0.45 Bar

#### ❖ Dimensiones de la estructura

Las figura 5 y 6, muestra un esquema con las dimensiones de la torre de la planta y la torre de la planta de producción.

Figura 5. Dimensiones torre de enfriamiento

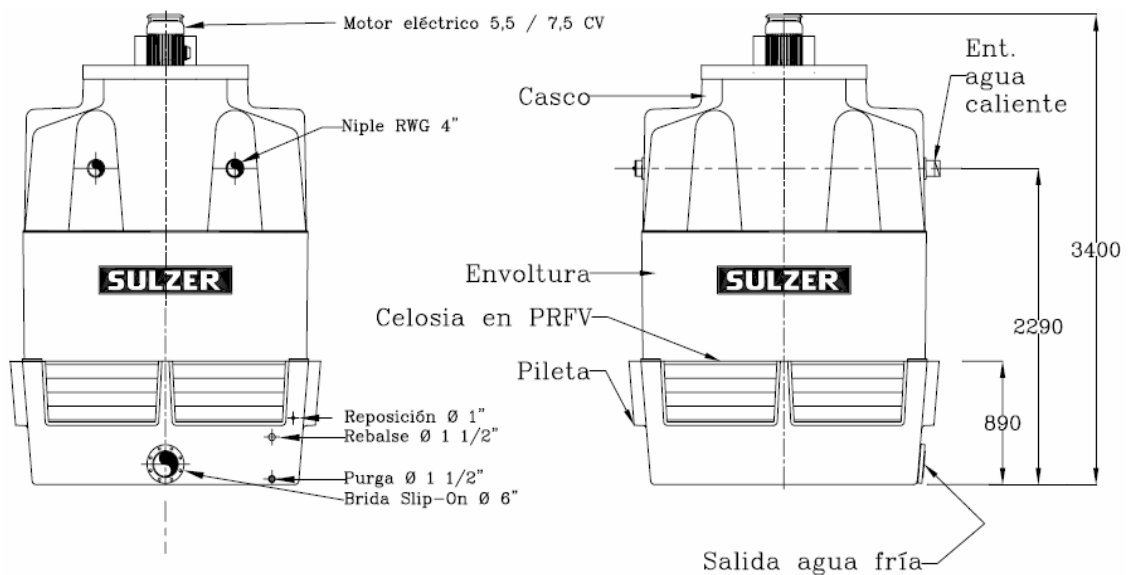


Figura 6. Foto de la torre de enfriamiento de la planta



❖ **Otros datos importantes**

Dimensiones tanque de agua fría: 3x3x2m profundidad, largo y ancho.

Dimensiones tanque de agua caliente: 2x3x2m profundidad, largo y ancho

Diámetro tubería de entrada de agua a la torre: 4 pulg.

Diámetro tubería de salida de la torre: 6 pulg.

Diámetro tubería de desagüe tanque de la torre: 2 pulg.

### ➤ **Bombas centrífugas**

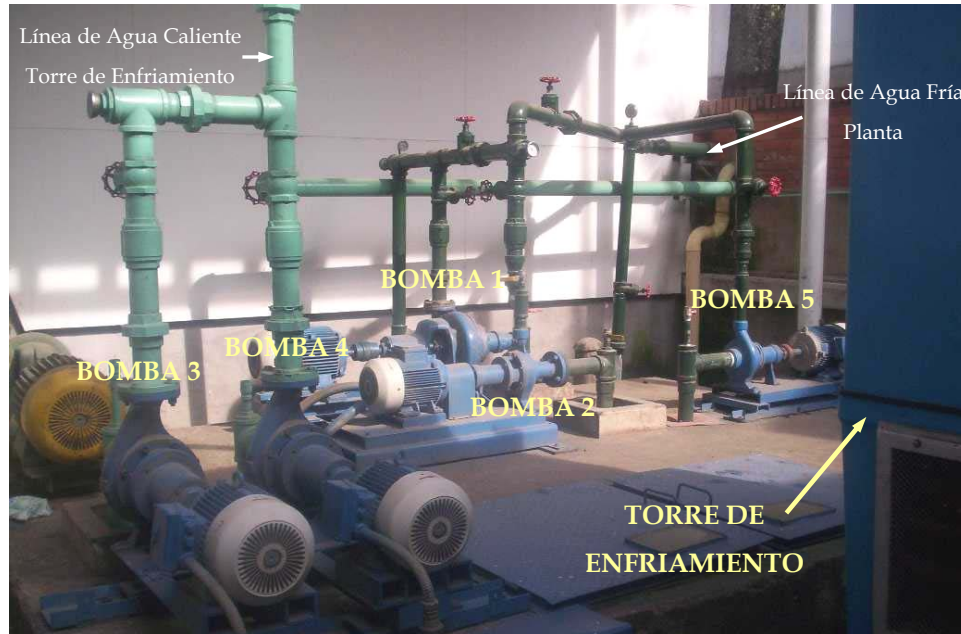
Las bombas centrífugas son el tipo de bombas que se utilizan con mayor frecuencia en la industria para el transporte de líquidos, como son materias primas, subproductos, productos intermedios, servicios auxiliares, productos terminados, etc. Se pueden utilizar para un intervalo muy amplio de gastos desde 5 l/min hasta 500,000 l/min; con cabezas o presiones de descarga de unos cuantos milímetros de mercurio hasta de cientos de atmósferas. Además de lo anterior, presentan las ventajas de tener bajo costo de operación y de mantenimiento, ocupan poco espacio y generan bajos niveles de ruido.

Las bombas centrífugas consisten en un impulsor y una carcasa, el impulsor consta de una serie de aletas en forma radial, de diversas formas y curvaturas, el cual gira dentro de la carcasa. Cuando el impulsor gira, provee energía al fluido por medio de las aletas, provocando que la presión y la velocidad se incrementen a medida que el fluido avanza del centro hacia la periferia. El fluido sale del impulsor hacia el perímetro de la carcasa, la cual está diseñada para que la velocidad del mismo vaya disminuyendo (aumentando el área de flujo) a medida que se aproxima a la descarga de la bomba.

El sistema de enfriamiento de la planta cuenta con cinco bombas centrífugas, distribuidas de la siguiente manera: Dos bombas en la línea de entrada de agua caliente a la torre de enfriamiento, las cuales tienen las mismas características, y tres bombas de diferentes características en la línea de agua fría que entra a la planta de producción, de las cuales dos están en constante funcionamiento y una en reserva para casos de emergencia, ver figura 7.

Las especificaciones técnicas de las bombas y los motores eléctricos se describen en el anexo E.

Figura 7. Bombas centrífugas del sistema de enfriamiento



### ➤ Intercambiadores de calor

El papel de los intercambiadores de calor ha adquirido una gran importancia ante la necesidad de ahorrar energía y disponer de equipos óptimos no sólo en función de su análisis térmico y del rendimiento económico de la instalación, sino también en función de otros factores como el aprovechamiento energético del sistema y la disponibilidad y cantidad de energía y de materias primas necesarias para cumplir una determinada función.

Los intercambiadores de calor son tan importantes y tan ampliamente utilizados en la industria, que su diseño ha experimentado un gran desarrollo, existiendo en la actualidad normas ideadas y aceptadas por

TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association) que especifican con detalle los materiales, métodos de construcción, técnicas de diseño y sus dimensiones. Existen numerosos tipos de intercambiadores de calor, ya sean dependiendo su aplicación o dependiendo de la distribución de flujo dentro de este. El intercambiador de calor más sencillo se compone de un tubo dentro de otro tubo, Figura 8, este montaje de corrientes paralelas funciona, tanto en contracorriente como en equicorriente, circulando el fluido caliente o el frío a través del espacio anular, mientras que el otro fluido circula por la tubería interior.

En esta sección solo se hará énfasis en los tipos de intercambiadores de calor que se encuentran en el sistema de enfriamiento de la planta, lo cuales son de casco y tubos y de placas, figura 9.

Figura 8. Intercambiador simple de tubos concéntricos

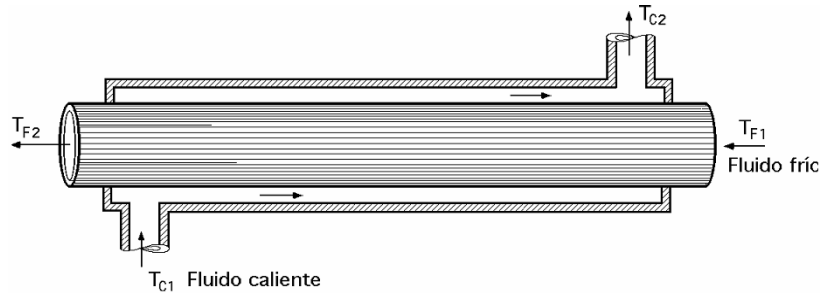


Figura 9. Tipos de intercambiadores de calor presente en la planta



Placas



Casco y tubos

Los intercambiadores de calor de casco y tubos están compuestos en esencia por tubos de sección circular montados dentro de una carcasa cilíndrica con sus ejes paralelos al eje de la carcasa. Los intercambiadores de calor líquido-líquido pertenecen en general a este grupo y también en algunos casos los intercambiadores gas-gas. Son muy adecuados en las aplicaciones en las cuales la relación entre los coeficientes de transferencia de calor de las dos superficies o lados opuestos es generalmente del orden de 3 a 4 y los valores absolutos son en general menores que los correspondientes a los intercambiadores de calor líquido-líquido en un factor de 10 a 100, por lo tanto se requiere un volumen mucho mayor para transferir la misma cantidad de calor. Existen muchas variedades de este tipo de intercambiador; las diferencias dependen de la distribución de configuración de flujo y de los aspectos específicos de construcción.

En cambio, los intercambiadores de calor de placas son el tipo de intercambiador a elegir siempre que la diferencia de temperaturas entre ambas corrientes fluidas sea baja, en cuyo caso los intercambiadores de casco y tubos son poco eficientes. Estos logran una alta eficiencia gracias a la gran superficie de intercambio que existe entre las dos corrientes fluidas, pero en cambio presentan frecuentes problemas de ensuciamiento y una pérdida de presión relativamente alta. Debe tenerse en cuenta que los intercambiadores de placas logran una gran eficiencia porque las corrientes fluidas circulan por canales muy estrechos en los que es posible lograr una gran superficie de contacto entre ambos fluidos.

En total la empresa cuenta con 18 intercambiadores de casco y tubos, 7 intercambiadores de placas y 3 serpentines. Ver especificaciones técnicas en el anexo E.

## ➤ Red de Tuberías

Cuando la red de tuberías se instaló por primera vez, estaba diseñada para las dos máquinas de temple existentes y eran subterráneas, lo que permitía que la temperatura del agua bajara 1°C durante el recorrido<sup>2</sup>, en la actualidad existen muchas ramificaciones no planeadas donde están conectadas las máquinas agregadas al sistema y las tuberías son aéreas sin aislamiento lo que implica calentamiento del agua durante el recorrido.

### ❖ Datos de las Tuberías

- ✓ Schedule 40
- ✓ Rango de diámetro: ½ a 4 pulg.
- ✓ Material: Acero galvanizado
- ✓ Recubrimientos: Pintura
- ✓ Accesorios instalados: Filtros, codos, T's, Reducciones, ampliaciones, universales y válvulas en general.

En el levantamiento del plano del sistema se recopiló toda la información acerca de los diámetros y longitudes de cada tramo de la tubería. En la tabla 1, se denotan los diámetros de las partes principales de toda la red de tuberías.

---

<sup>2</sup> Dato suministrado por el departamento de mantenimiento

Tabla 1. Diámetros de las tuberías originales

SECCIÓN	Diametro Nominal Tubería
	Pulg
Máq. FDF (Agua temple)	2
Máq. FDF (Sistema eléctrico)	1 1/2
Máq. Tocco 1 (Agua temple)	1 1/2
Máq. Tocco 1 (Sistema eléctrico)	1 1/2
Tubería principal (Entrada)	4
Tubería principal (Salida)	4

## 2. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

Para determinar las necesidades es preciso, en primer lugar, conocer los problemas presentados en el sistema de enfriamiento, ya sea de tipo operacional de los equipos, procesos y productos, mencionados en el cáp. 1.

Conocer el sistema (Componentes, líneas de tuberías, cantidad y especificaciones de los equipos, entre otras). Determinar si los diámetros de las tuberías de la red son adecuados para el flujo requerido y establecer la metodología adecuada para encontrar la solución.

### 2.1 METODOLOGÍA

Es el procedimiento que nos permite encontrar las respuestas a qué, porqué, cómo, dónde, para qué y cuándo es necesario intervenir el sistema de enfriamiento de la planta de producción. Se resume a continuación

- a. Obtención de información general del sistema
  - ✓ Condiciones de operación
  - ✓ Datos de la torre de enfriamiento
  - ✓ Servicio de agua de enfriamiento
  - ✓ Datos estadísticos de temperatura de bulbo húmedo del aire
  - ✓ Costo del agua utilizada y energía eléctrica
  - ✓ Datos en campo
  
- b. Recopilación de información detallada de diseño y operación
  - ✓ Datos de la torre de enfriamiento (suministradas por el proveedor)

- ✓ Curvas operacionales de la torre, bombas y ventilador (también suministradas por el proveedor)
  - ✓ Diagrama del proceso de todo el sistema
  - ✓ Especificaciones técnicas de los intercambiadores de calor
- c. Análisis y revisión de la información recopilada
- d. Elaboración de diagramas, bocetos y levantamiento de planos de instrumentación y tuberías
- e. Inspección visual del sistema
- ✓ Condición actual de la estructura interna y externa de la torre
  - ✓ Condiciones de los equipos mecánicos (Motores de las bombas y motor del ventilador)
- f. Determinación de las variables que se requieren medir y la instrumentación requerida
- g. Mediciones, cálculos y resultados
- h. Diagnóstico y recomendaciones

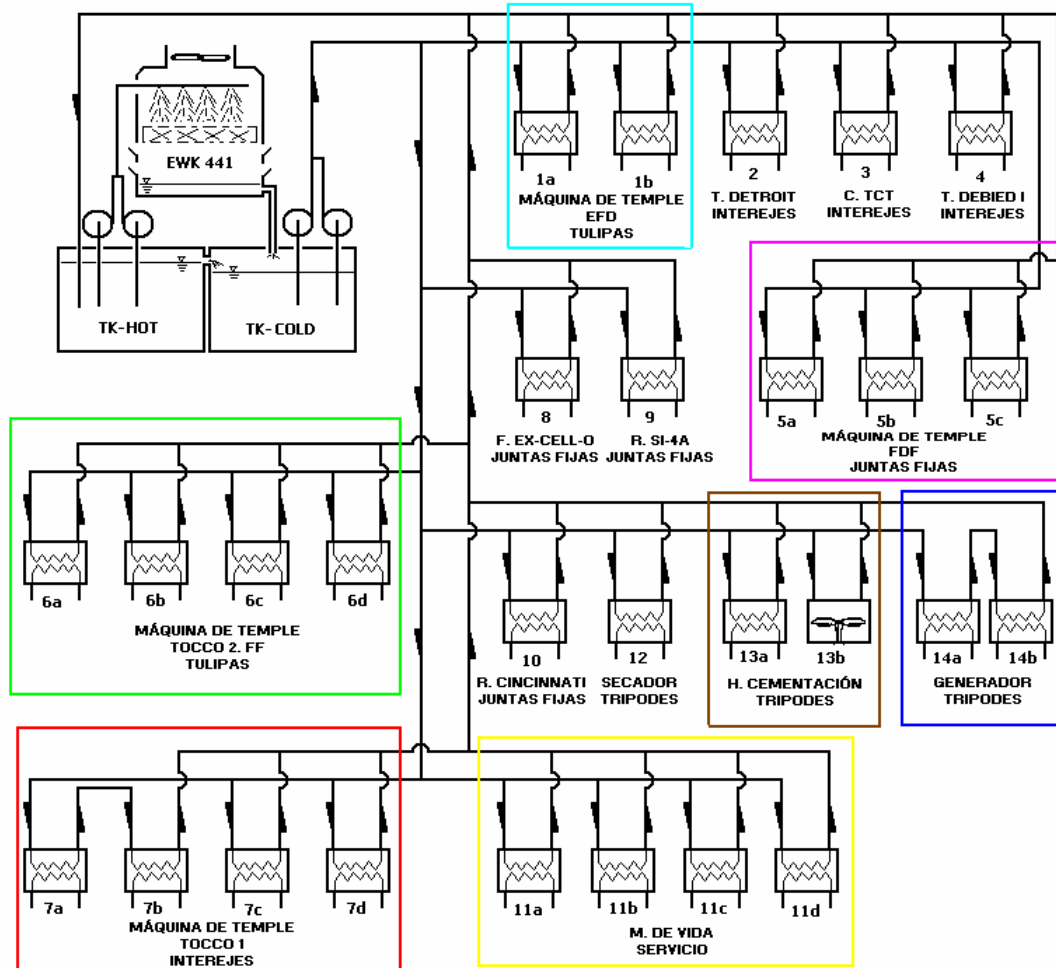
## **2.2 SISTEMA ACTUAL**

Actualmente el sistema está conformado con la torre de enfriamiento desde hace 20 años, 4 máquinas de temple, 10 máquinas de diferentes operaciones y 28 intercambiadores de calor. Ver figura 10

En el momento de presentarse los problemas expuestos anteriormente, optan por detener el proceso un tiempo determinado para refrigerar la máquina, viéndose afectada la producción. Tal caso se presenta en las máquinas de temple; y si el problema es presentado en la fresadora y/o rectificadoras,

recurren a instalar un chiller provisional, perdiendo tiempo en el cambio y aumento en el consumo eléctrico de la planta.

Figura 10. Diagrama de flujo del sistema actual



### 2.3 LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

El levantamiento de planos (anexo F) del sistema de tuberías se realizó con el propósito de tener una visión completa, general y en 3D, para de esa manera determinar los sitios apropiados para la toma de temperaturas, presiones y flujos de agua. Además, fue de gran ayuda para la realización de la

simulación hidráulica realizada a toda la red. Dentro de los planos se resaltan las siguientes características: Geometría (diámetros y longitud) de la tubería, accesorios (válvulas, reducciones, ampliaciones, codos y T's) de la zona de la torre de enfriamiento, intercambiadores de calor en cada máquina, ubicación de las bombas, torre de enfriamiento y tanques del sistema. Como parte complementaria de los planos se realizó el inventario de los equipos en el sistema (Ver anexo E), lo que permitió investigar más sobre sus especificaciones y características.

## **2.4 CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL FLUJO DE AGUA**

según el CTI, hay que tener en cuenta varios criterios para la realización de la mejor medición de flujo y además poder tener un ahorro considerable de energía en el momento de operar los equipos que intervienen en un sistema de enfriamiento. Los criterios se mencionan a continuación:

- Medición de flujo y ahorro de energía (CTI paper tp81-10 category: tower testing)

La medición de flujo es un aspecto importante en todas las industrias y la aplicación de esto en torres de enfriamiento no es la excepción. Es verdad que una torre de enfriamiento puede operar sin medición de flujo, pero -- ¿Qué tan bien? Para conocer la eficiencia de la torre de enfriamiento, la tasa de flujo debe ser determinada y la exactitud de la medición puede tener un dramático efecto en la respuesta que se busca.

La necesidad e importancia de la medición de flujo en la torre de enfriamiento es también una función de qué y por qué se necesita ...tales como:

- a. Determinación de la eficiencia y pruebas iniciales de aceptación.

- b. Requerimientos de la operación diaria para el propósito de controlar el proceso y su eficiencia.

En una planta de producción con gran cantidad de equipos que se deben enfriar, los dispositivos de medición de flujo cumplen un papel muy importante en la identificación de qué tan bien realizan su trabajo los equipos del proceso. Por esta razón, la selección de los dispositivos apropiados de medición merece especial consideración. Tan solo porque parezca de tamaño muy inferior al de la torre de enfriamiento no es razón para quitarle importancia para el resultado final requerido.

Dispositivos para medición de flujo existen en gran cantidad, de diferentes tipos y con una exactitud de medición bastante aceptable. Más allá de eso, para la selección de un equipo de medición de flujo adecuado se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Costo del equipo
- b. Precisión
- c. Tiempo de entrega
- d. Tamaño
- e. Ubicación, método y costos de instalación
- f. Costos de operación para la medición o la diferencia en ahorro de energía entre un dispositivo y otro
- g. Exactitud a largo plazo

➤ **Medición de flujo de agua en pruebas de campo de torres de enfriamiento (CTI paper tp63-04)**

- **Métodos de medición.** El flujo de agua circulante puede ser medido ya sea directamente por medidores de flujo, o indirectamente por medio de

las curvas de las bombas y balances generales de calor en la planta, entre otras. Sin embargo, para una indicación exacta de flujo de agua, el método indirecto posee demasiadas desventajas, tales como: Posible aire en las bombas o tuberías, fugas en la red, etc. Por esto, un medidor de flujo prueba ser el único dispositivo lo suficientemente práctico y exacto para flujo de agua circulando en torres de enfriamiento.

- **Criterio para el medidor de flujo de agua circulante.** cualquier medidor de flujo usado para pruebas en torres de enfriamiento debe ser capaz de medir dentro de un error de máximo 2%. Si el instrumento no esta permanentemente instalado, deberá ser portátil, durable (Capaz de soportar la manipulación en campo).
- **Medidores de flujo y su aplicabilidad.** Básicamente, los medidores de flujo se encuentran en dos clasificaciones – medidores de cantidad y medidores de rata. Los medidores de cantidad miden el volumen o masa por unidad de tiempo de la corriente de agua circulante directamente. Sin embargo, debido a la magnitud del flujo de agua circulante en torres de enfriamiento, los medidores de cantidad no son prácticos puesto que seria requerido un equipo grande para lograr el grado de exactitud necesario, incrementando también los costos y la cantidad de instrumentos. Medidores de cantidad grandes son imprácticos para uso portátil.

Medidores de rata indican el flujo por reacción a un cambio en alguna propiedad del fluido. La propiedad puede ser la cabeza (en la cual el elemento primario del medidor mide una presión característica en la corriente de fluido), velocidad del sonido (cuando el medio de propagación es el agua que circula en la tubería a medir), etc.

## **2.5 FACTORES A CALCULAR**

Para evaluar energética y operacionalmente es primordial calcular los siguientes factores:

- ✓ Consumo de agua de todo el sistema y costo
- ✓ Consumo eléctrico de las bombas centrífugas, ventilador de la torre y costo
- ✓ Calor disipado por la torre de enfriamiento
- ✓ Calor disipado en cada máquina e intercambiador de calor
- ✓ Calor que el sistema requiere que le sea extraído

## **2.6 VARIABLES A MEDIR**

Las variables que se deben medir son aquellas que influyen directamente en la determinación de los términos anteriores, tales como: Flujos de agua, temperaturas, presiones, voltajes y corrientes y dimensiones físicas de tuberías (alturas, diámetros, espesores y longitud).

### **2.6.1 Medición de flujo de fluidos**

- Flujo en la torre de enfriamiento
  - ✓ De entrada
  - ✓ De reposición
- Flujo en los intercambiadores de calor
- Distribucion del agua en la red
  - ✓ Flujo por tramos principales
  - ✓ Flujo por máquina

## **2.6.2 Medición de temperaturas**

- ✓ Temperatura Ambiente, Tamb
- ✓ Temperatura de Bulbo Húmedo, Twb
- ✓ Temperatura de entrada y salida del agua de la torre de enfriamiento
- ✓ Temperatura de entrada y salida del agua en cada intercambiador

## **2.6.3 Mediciones de presión**

- ✓ Presión de entrada del agua a la torre de enfriamiento
- ✓ Presión del agua a la entrada de la planta de producción
- ✓ Presión del agua a la entrada y salida en cada uno de los intercambiadores

## **2.7 RECURSOS**

- Grupo humano de trabajo. Conformado por el personal encargado de la evaluación y personal técnico de las siguientes áreas: Mantenimiento, operación, calidad y procesos.
- Instrumentación
  - ✓ Medidor de flujo, este puede ser intrusivo o no intrusivo. Útil para medir el flujo en toda la red de tuberías, bombas centrífugas y torre de enfriamiento
  - ✓ Termómetros, ya sean de cristal o pirómetros. Utilizados para medir las temperaturas del agua de entrada y salida del agua de torre de enfriamiento y de cada uno de los intercambiadores de calor

- ✓ Psicrómetro. Necesario para medir la temperatura de bulbo húmedo de la zona donde está ubicada la torre de enfriamiento
  - ✓ Equipo de medición de flujo. Con este es posible medir el flujo de agua que circula por la torre y cada una de las máquinas
  - ✓ Manómetros. Útiles para medir la presión del agua en la entrada de la torre de enfriamiento, entrada y salida del agua en cada intercambiador de calor.
  - ✓ Multímetro. Por medio del voltaje y corriente, conocer la potencia consumida por el ventilador de la torre y cada una de las bombas.
  - ✓ Tacómetro. Útil para medir la velocidad de rotación del ventilador y las bombas centrifugas.
  - ✓ Anemómetro. Necesario para medir el flujo de aire impulsado por el ventilador en la torre.
- Software, por medio de estos realizar los planos y simulaciones hidráulicas del sistema.

### **3. MEDICIONES, CÁLCULOS Y RESULTADOS**

Este capítulo hace referencia a cada una de las mediciones que se realizaron con sus respectivas consideraciones, requerimientos, instrumentos necesarios y las ecuaciones utilizadas en los cálculos efectuados para obtener los resultados.

Se realizaron mediciones y cálculos sobre: Temperaturas, flujos de agua, presiones y flujos de calor, que seguidamente se exponen.

#### **3.1 ESTADÍSTICO DE TEMPERATURAS**

El estadístico de temperatura juega un papel muy importante en la evaluación del sistema de enfriamiento, por tal motivo debe realizarse de manera coordinada y detallada para obtener datos precisos, que nos lleven a resultados y recomendaciones con alto grado de confiabilidad.

El estadístico de temperaturas, se encuentra dividido en dos zonas:

Zona torre de enfriamiento

Zona máquinas del sistema de enfriamiento.

Seguidamente se hace referencia a cada una de ellas.

##### **3.1.1 Zona Torre de enfriamiento**

###### **➤ Ubicación geográfica y condiciones ambientales**

- Latitud: 7° 04' 08" Norte

- Longitud: 73 ° 09' 47" Oeste
- Elevación sobre el nivel del mar: 707 m
- Gravedad local: 977,6 cm/s<sup>2</sup>
- Presión atmosférica: 93 kPa
- Temperatura Ambiente: 32°C

➤ **Variables a medir**

Se realizó toma de datos de las siguientes variables:

- Temperatura ambiente,  $T_{amb}$  [°C]
- Humedad relativa, RH [%]
- Temperatura de Bulbo húmedo,  $T_{wb}$  [°C]
- Temperatura agua tanque de agua caliente,  $T_1$  [°C]
- Temperatura de agua descarga de la torre,  $T_2$  [°C]
- Temperatura agua tanque de agua fría (retorno a planta),  $T_3$  [°C]
- Temperatura agua de reposición,  $T_{rep}$  [°C]

➤ **Consideraciones de las medidas**

Se tuvieron en cuenta varias consideraciones para las mediciones de temperatura de bulbo húmedo del aire de entrada:

- Efectuar la prueba de comportamiento en temporada de verano y alrededor del medio día, debido a que en esta época y a esta hora se tienen referidas las temperaturas de bulbo húmedo de diseño.
- Las actividades de verificación de las mediciones deberán comenzar a las 9:00 a.m. hasta las 3:00 p.m. como límite, debido a que puede

presentarse una variación en las condiciones climatológicas que afecten la toma de lecturas.

➤ **Equipos utilizados**

- Psicrómetro de aspiración mecánica propiedad de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.
- Sensor de humedad relativa propiedad del Laboratorio de Calidad DANA Transejes Colombia.
- Termómetros de cristal propiedad del Laboratorio de Calidad DANA Transejes Colombia.

➤ **Requerimientos de medición**

Para realizar cada una de las medidas y evitar errores, se tuvieron en cuenta los siguientes requerimientos:

- La temperatura del elemento sensitivo deberá estar cubierta con una mecha y deberá estar continuamente alimentado el depósito de agua destilada (en el caso del psicrómetro de aspiración mecánica).
- La mecha debe cubrir el sensor en al menos 2 cm.
- La temperatura del agua utilizada para humedecer el elemento sensitivo deberá ser similar a la temperatura de bulbo húmedo que se debe medir.
- La temperatura del elemento sensitivo deberá protegerse de la acción directa del sol o de otras fuentes que irradian calor.
- Los psicrómetros deberán colocarse a 4 pies (1.2 m) de distancia a cada lado de la celda.

- El promedio de 3 lecturas sucesivas tomándose en un intervalo de 10 segundos se considera la  $T_{wb}$  para cada lectura; el promedio aritmético de las  $T_{wb}$  se considera la  $T_{wb}$  de prueba.

➤ **Mediciones**

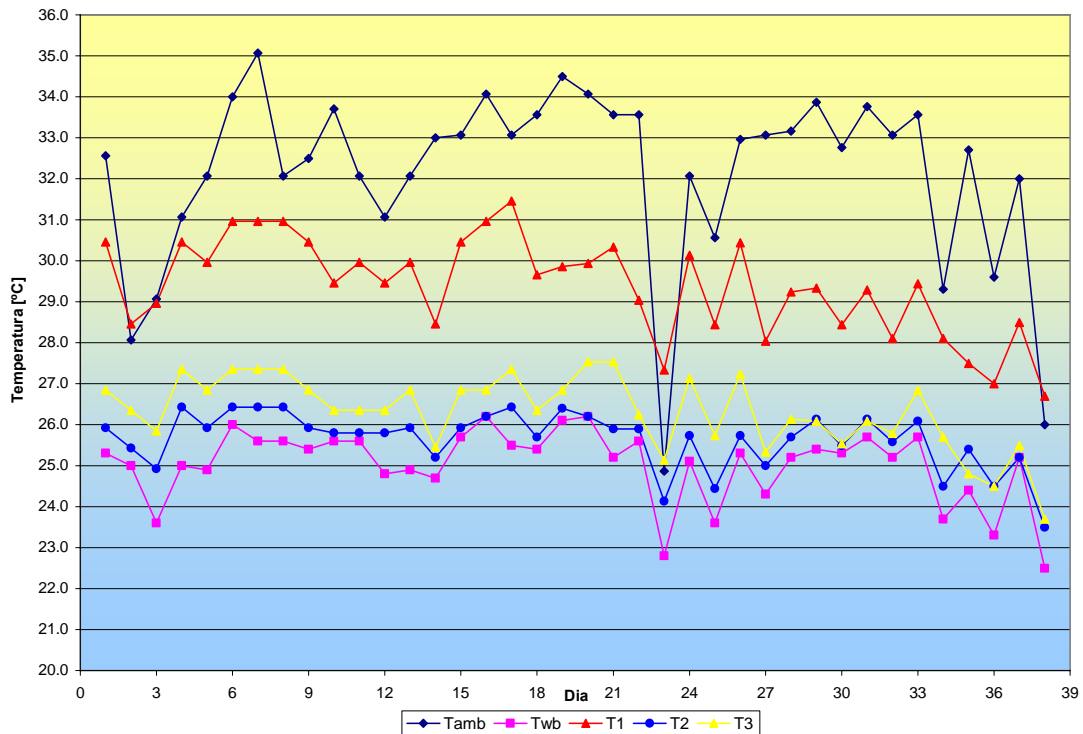
Partiendo de que no se poseen datos estadísticos de temperatura de bulbo húmedo se inició la toma de datos en días aleatorios entre el 11 de Diciembre de 2006 y el 9 de Marzo de 2007. (Véase la figura 11 donde en el eje x, los días están en orden cronológico)

Tabla 2. Temperaturas zona torre

Fecha	Hora	$T_{Amb}$ [°C]	R.H. %	$T_{wb}$ [°C]	$T_1$ [°C]	$T_2$ [°C]	Aprox. $T_2 - T_{wb}$ [°C]	Rango $T_1 - T_2$	$T_{amb} - T_{wb}$
12/11/06	12:10	32.6	56.0	25.3	30.5	25.9	0.6	4.5	7.3
12/12/06	13:48	28.1	78.0	25.0	28.5	25.4	0.4	3.0	3.1
12/13/06	11:05	29.1	64.0	23.6	29.0	24.9	1.3	4.0	5.5
12/14/06	14:34	31.1	61.0	25.0	30.5	26.4	1.4	4.0	6.1
12/15/06	13:05	32.1	56.0	24.9	30.0	25.9	1.0	4.0	7.2
12/18/06	13:20	34.0	54.0	26.0	31.0	26.4	0.4	4.5	8.0
12/19/06	13:24	35.1	47.0	25.6	31.0	26.4	0.8	4.5	9.5
12/20/06	12:06	32.1	60.0	25.6	31.0	26.4	0.8	4.5	6.5
12/21/06	12:10	32.5	57.0	25.4	30.5	25.9	0.5	4.5	7.1
12/22/06	12:07	33.7	53.0	25.4	29.5	25.8	0.4	3.7	8.3
12/26/06	13:30	32.1	60.0	25.4	30.0	25.8	0.4	4.2	6.7
12/27/06	14:00	31.1	60.0	25.1	29.5	25.8	0.7	3.7	6.0
12/28/06	14:00	32.1	56.0	24.9	30.0	25.9	1.0	4.0	7.2
01/09/07	13:25	33.0	51.0	24.7	28.5	25.2	0.5	3.3	8.3
01/15/07	13:25	33.1	56.0	25.7	30.5	25.9	0.2	4.5	7.4
01/16/07	13:50	34.1	54.0	25.7	31.0	25.9	0.2	5.0	8.4
01/17/07	13:45	33.1	55.0	25.5	31.5	26.4	0.9	5.0	7.6
01/19/07	13:40	33.6	52.0	25.4	29.7	25.7	0.3	4.0	8.2
01/22/07	13:18	34.5	52.0	26.1	29.9	26.4	0.3	3.5	8.4
01/23/07	13:50	34.1	54.0	26.2	29.9	26.5	0.3	3.4	7.9
01/24/07	14:00	33.6	51.0	25.2	30.3	25.7	0.5	4.6	8.4
01/25/07	13:30	33.6	53.0	25.6	29.0	25.9	0.3	3.1	8.0
01/26/07	12:15	24.9	85.0	22.8	27.3	24.1	1.3	3.2	2.1
30/01/07	12:20	32.1	57.0	25.1	30.1	25.7	0.6	4.4	7.0
31/01/07	11:50	30.6	56.5	23.6	28.4	24.4	0.8	4.0	7.0
01/02/07	13:35	33.0	54.0	25.3	30.4	25.7	0.4	4.7	7.7
02/02/07	12:00	33.1	49.0	24.3	28.0	25.0	0.7	3.0	8.8
03/02/07	13:00	33.2	52.5	25.2	29.2	25.7	0.5	3.5	8.0

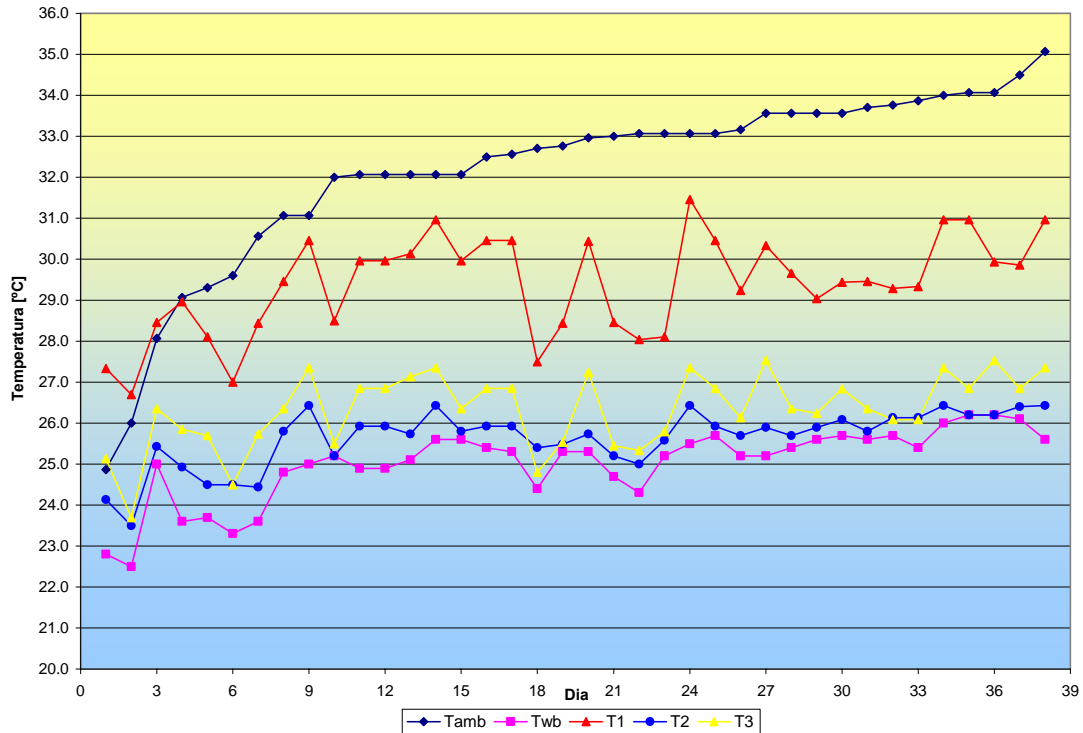
06/02/07	13:30	33.9	51.0	25.4	29.3	26.1	0.7	3.2	8.5
07/02/07	13:27	32.8	55.0	25.3	28.4	25.5	0.2	3.0	7.5
08/02/07	13:43	33.8	53.0	25.7	29.3	26.1	0.4	3.2	8.1
09/02/07	13:50	33.1	53.0	25.2	28.1	25.6	0.4	2.5	7.9
12/02/07	13:34	33.6	53.8	25.7	29.4	26.1	0.4	3.4	7.9
02/15/07	13:20	29.3	63.5	23.7	28.1	24.5	0.8	3.6	5.6
02/21/07	13:40	32.7	51.0	24.4	27.5	24.5	0.1	3.0	8.3
07/03/07	11:38	29.6	60.0	23.3	27.0	24.5	1.2	2.5	6.3
07/03/07	13:40	32.0	58.0	24.8	28.5	25.2	0.4	3.3	7.2
09/03/07	11:15	26.7	76.5	23.4	26.5	23.9	0.5	2.6	3.3
09/03/07	11:30	26.0	77.0	22.8	26.6	23.7	0.9	2.9	3.2
09/03/07	11:45	26.0	75.0	22.5	26.7	23.5	1.0	3.2	3.5

Figura 11. Gráfico de Temperaturas zona torre



Las mediciones se realizaron entre las 11 a.m. y 2 p.m., horas recomendadas debido a que las temperaturas en el sistema son más altas. Como se puede observar en la tabla 2, las temperaturas del ambiente en esta época del año fueron elevadas con relación al resto de año lo que favorece el análisis de comportamiento de la torre.

Figura 12. Temperaturas ordenadas de acuerdo con  $T_{amb}$



En la figura 12 los días se encuentran organizados de acuerdo con la temperatura ambiente, siendo los primeros días, algo lluviosos, fríos y con un porcentaje de humedad relativa alto.

➤ **Temperatura de Bulbo húmedo**

Para obtener el valor correspondiente de la temperatura de bulbo húmedo, según el CTI se calcula el 95.0% de las temperaturas medidas durante las 24 h del día en un periodo de 2 meses en época de verano (la más calurosa del año).

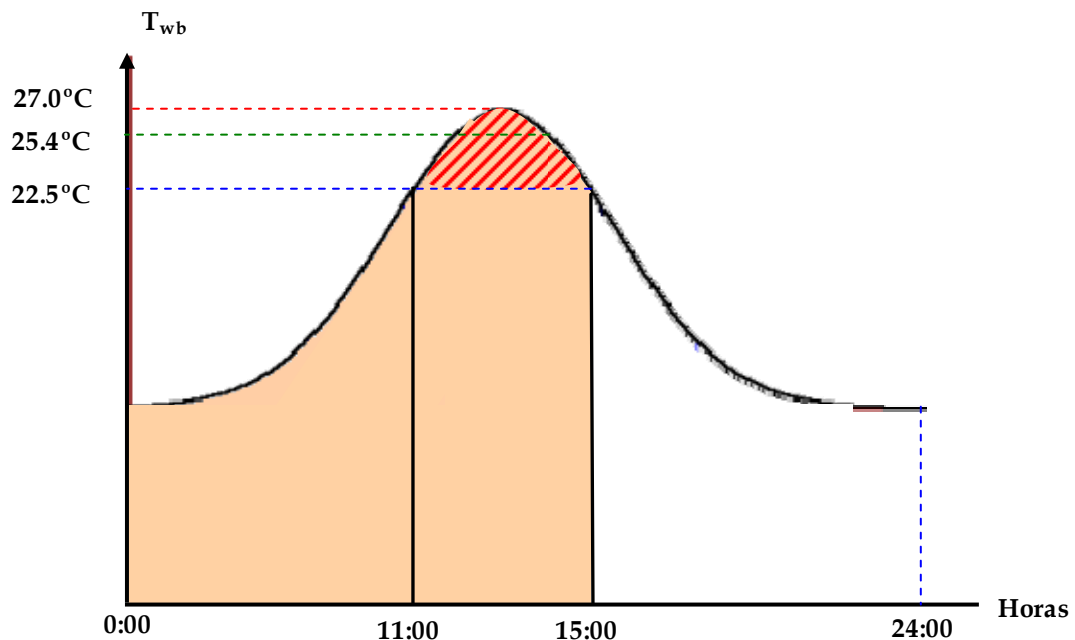
Para determinar la  $T_{wb}$  se realizaron los siguientes calculos:

- ✓ El 95% del día equivale a 22.8 horas.

✓ Como las mediciones se realizaron en las 3 horas más críticas (11:00 a.m. a 02:00 p.m), es decir por encima de las 21 horas del día, se calcula que se tomó 1.8 horas correspondientes a la parte superior del porcentaje recomendado por el CTI. Ver figura 13

✓ El valor de 1.8 horas equivale al 60.0% de las 3 horas medidas, por lo tanto organizando los datos en orden descendente de  $T_{wb}$  medidos, el valor correspondiente al 60.0% es 25.4°C. El cual es el valor de prueba tomado como temperatura de bulbo húmedo para la zona torre de enfriamiento.

Figura 13. Gráfico representativo de los cálculos de la  $T_{wb}$

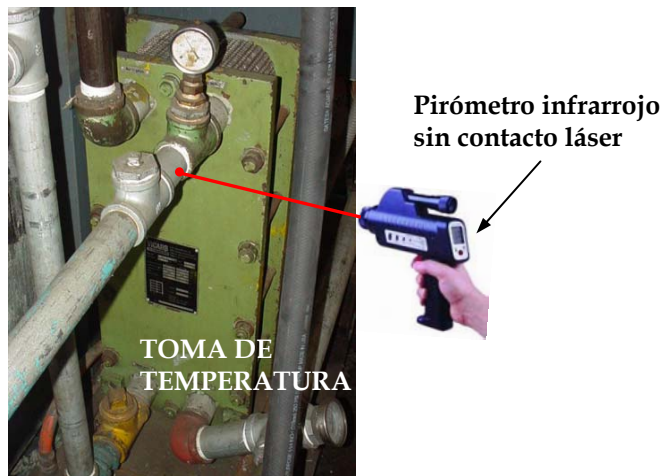


### 3.1.2 Zona Máquinas del Sistema de Enfriamiento

Durante el mismo periodo de tiempo y a la mismas horas que se realizó el estadístico de temperaturas de la zona de la torre de enfriamiento, se llevó a cabo el estadístico de temperaturas para cada intercambiador de calor ubicados en las máquinas.

Este registro de temperaturas se tomó en la parte superficial de las tuberías de entrada y salida del agua de enfriamiento de los intercambiadores, y en las tuberías que contienen los líquidos de intercambio de calor: Agua desmineralizada (utilizada para refrigerar los componentes eléctricos en las máquinas de temple), aceite y refrigerante, como se indica en la figura 14.

Figura 14. Toma de temperatura en tubería



Para cada intercambiador de calor se tuvo la precaución de medir a una distancia de 10 cm aproximadamente con la base del intercambiador y condiciones externas iguales (sin pintura), para no alterar la medición debido a la variación del espesor de la tubería y temperatura en la zona.

Para dicha medición se utilizó un pirómetro infrarrojo sin contacto, láser marca Raytek PM plus, ver figura 14.

La toma de temperaturas se realizó en las siguientes máquinas:

1. Máquina de temple FDF  
Dos intercambiadores de calor tipo placas
2. Máquina rectificadora SI 4A

- Un intercambiador de calor tipo serpentín
- 3. Máquina rectificadora Cincinnati
  - Un intercambiador de calor tipo casco y tubos
- 4. Máquina fresadora Ex-Cell-O
  - Un intercambiador de calor tipo casco y tubos
- 5. Máquina de temple Tocco 1
  - Dos intercambiadores de calor tipo placas y dos tipo casco y tubos
- 6. Máquina de simulación de vida de los ejes homocinéticos
  - Cuatro intercambiadores tipo casco y tubos
- 7. Torno copiado Detroit
  - Un intercambiador de calor tipo casco y tubos
- 8. Centradora TCT
  - Un intercambiador de calor tipo casco y tubos
- 9. Torno copiado Dubied
  - Un intercambiador de calor tipo casco y tubos
- 10. Máquina de temple EFD
  - Dos intercambiadores de calor tipo placas
- 11. Horno de Cementación
  - Un intercambiador tipo casco y tubos y uno tipo serpentín
- 12. Generador de Gas RX
  - Dos intercambiadores de calor tipo casco y tubos
- 13. Secador de aire del Compresor
  - Un intercambiador de calor tipo serpentín

Nota: Esta numeración es útil para la figura 17.

En la tabla 3, se presenta el formato de medición de temperaturas realizado para la máquina de temple FDF, y más detallado en la figura 16. En esta

última se muestra la curva de comportamiento de las temperaturas de entrada y salida del agua de enfriamiento para la misma máquina durante el periodo de estudio. Después de realizar el formato para cada una de las máquinas y organizar los datos se resumió todo el estadístico, mostrado en la figura 17. En los anexos H e I, se visualizan los datos del resto de máquinas.

Durante la medición se llevó un registro de acontecimientos particulares tales como: Máquinas apagadas durante la medición, máquinas paradas pero encendidas y días lluviosos, que luego se tuvieron en cuenta para determinar el verdadero promedio de las temperaturas del agua de enfriamiento.

Puesto que la temperatura en cada una de las tuberías se midió de manera superficial (diámetro exterior) por no haber termómetros fijos en las tuberías, fue necesario realizar un cálculo para descartar errores introducidos en las mediciones; estos cálculos se basaron en la teoría y ecuaciones planteadas en el libro de Transferencia de Calor Aplicada, Incropera, Cuarta edición, acerca del tema “transferencia de calor por convección natural sobre una superficie cilíndrica”. (Ver figura 15)

A continuación se presenta la memoria de los cálculos del caso particular del intercambiador de calor para el agua de enfriamiento del generador de la máquina de temple FDF, donde se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

$T_{amb}$ promedio: 32.00°C	$T_{sup}$ : 29.33°C	
$T_{med}$ promedio: 30.67°C	$D_{nom}$ : 2 pulg	$g = 9.77 \text{ m/s}^2$

***Suposiciones:***

Aire en reposo (Velocidad del aire baja)

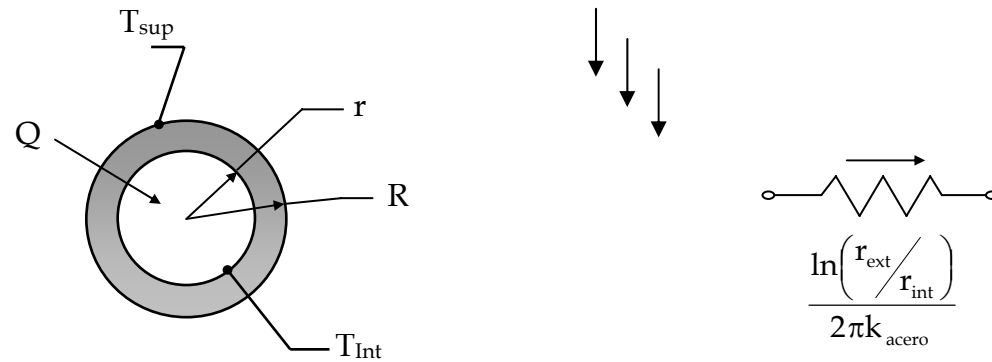
El área superficial es pequeña comparada con los alrededores

Propiedades del aire a  $T_{\text{med promedio}} = 30.67^\circ\text{C}$

Tomadas del libro Transferencia de calor Incropera, Cuarta Edición, tabla A.4 (Anexo J)

$\rho = 1.148 \text{ kg/m}^3$	$C_p = 1.0072 \text{ kJ/kgK}$	$k = 26.58 \times 10^{-3} \text{ W/mK}$
$\mu = 186.40 \times 10^{-7} \text{ Ns/m}^2$	$\nu = 16.273 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$\alpha = 23.064 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
$Pr = 0.7064$	$\beta = 0.0032 \text{ K}^{-1}$	

Figura 15. Flujo de calor en la tubería



Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

$$Nu_D = \left\{ 0.60 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

donde

$$Ra_D = \frac{g\beta(T_s - T_{\text{amb}})D^3}{\nu\alpha}$$

$$h = \frac{k}{D} Nu_D$$

$$q' = h\pi D(T_s - T_{\text{amb}})$$

Donde  $D$  es el diámetro exterior de la tubería que equivale a  $0.0603 \text{ m}$

Reemplazando los valores obtenemos el siguiente resultado:

$$N_{uD} = 6.493$$

$$R_{aD} = 50154.92$$

$$\hat{h} = 2.862 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$q' = 1.44787 \text{ W/m}$$

Ahora, para calcular la temperatura interna de la tubería, se consideró que no hay pérdidas por radiación.

$$q' = \frac{T_s - T_{\text{int}}}{\frac{\ln\left(\frac{r_{\text{ext}}}{r_{\text{int}}}\right)}{2\pi k_{\text{acero}}}} \text{ [W/m]}$$

Despejando

$$T_{\text{int}} = T_s - q' \left( \frac{\ln\left(\frac{r_{\text{ext}}}{r_{\text{int}}}\right)}{2\pi k_{\text{acero}}} \right) \text{ en C}$$

*Donde*

$$r_1 = \text{radio interno} = 0.02625 \text{ m}$$

$$r_2 = \text{radio externo} = 0.03015 \text{ m}$$

$$k_{\text{acero}} = 75 \text{ W/mK}$$

Tabla 3. Estadístico de Temperaturas de la Máquina de Temple FDF

FECHA	HORA	INTERCAMBIADORES DE CALOR																				REGISTROS GENERALES											
		5a								5b								5c								T <sub>AGUA SE</sub>		T <sub>AGUA MAQ</sub>			T <sub>REFR MAQ</sub>		
		AGUA DE ENFRIAMIENTO				AGUA GENERADOR				AGUA DE ENFRIAMIENTO				REFRIGERANTE				AGUA DE ENFRIAMIENTO				REFRIGERANTE				T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>TK</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>TK</sub>
		P <sub>in</sub>	T <sub>in</sub>	P <sub>out</sub>	T <sub>out</sub>	P <sub>in</sub>	T <sub>in</sub>	P <sub>out</sub>	T <sub>out</sub>	P <sub>in</sub>	T <sub>in</sub>	P <sub>out</sub>	T <sub>out</sub>	P <sub>in</sub>	T <sub>in</sub>	P <sub>out</sub>	T <sub>out</sub>	P <sub>in</sub>	T <sub>in</sub>	P <sub>out</sub>	T <sub>out</sub>	P <sub>in</sub>	T <sub>in</sub>	P <sub>out</sub>	T <sub>out</sub>	P <sub>in</sub>	T <sub>in</sub>	P <sub>out</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>TK</sub>	
21/12/2006	12:00	43.51	28	-	29	114	30	105	29	34.8	29	-	30	110	32	96	31	34.8	29	-	31	124.7	32	78.3	32	29	30	29	30	29	31	32	32
22/12/2006	13:00	43.51	26	-	27	114	29	105	29	34.8	29	-	29	110	31	96	30	34.8	29	-	29	125	31	78.3	30	29	29	29	29	30	31	31	
26/12/2006	14:15	43.51	26	-	27	114	29	105	28	34.8	27	-	28	110	30	96	29	34.8	28	-	29	125	31	78.3	30	27	28	28	29	29	30	31	31
27/12/2006	14:00	43.51	26	-	26	114	29	105	29	34.8	28	-	29	110	30	96	30	34.8	28	-	29	125	31	78.3	30	28	29	29	29	30	30	30	
28/12/2006	15:00	43.51	30	-	31	115	33	105	32	34.8	30	-	31	110	33	96	32	34.8	30	-	31	125	32	78.3	32	30	31	32	33	33	32	33	33
01/02/2007	14:05	43.51	31	-	33	115	35	105	34	34.8	32	-	33	110	36	96	35	34.8	32	-	33	125	36	78.3	35	31	33	36	34	35	36	35	35
02/02/2007	12:30	43.51	31	-	31	115	32	105	31	34.8	31	-	32	110	33	96	32	34.8	31	-	33	125	33	78.3	32	31	32	34	31	32	33	32	33
03/02/2007	12:15	43.51	28	-	29	115	32	105	31	34.8	28	-	29	110	34	96	33	34.8	28	-	32	125	34	78.3	33	28	29	34	31	32	35	33	34
05/02/2007	14:45	43.51	30	-	31	115	32	105	31	34.8	30	-	31	110	32	96	32	34.8	30	-	32	125	32	78.3	32	29	31	31	32	32	32	32	32
06/02/2007	13:30	43.51	32	-	33	115	35	105	34	34.8	32	-	33	110	34	96	33	34.8	32	-	33	125	34	78.3	34	32	33	33	34	33	34	33	34
07/02/2007	13:35	43.51	32	-	33	115	34	105	31	34.8	31	-	32	110	36	96	34.5	34.8	31	-	33	125	35	78.3	34	31	32.5	33	34	34	34	36	35.5
08/02/2007	13:45	43.51	29.5	-	31	115	33	105	32	34.8	30	-	33	110	33	96	33	34.8	30	-	33	125	31	78.3	33	29.5	31	33	33	33	33	33	33
09/02/2007	13:50	43.51	29	-	30	115	32	105	31	34.8	29	-	32	110	33	96	31	34.8	29	-	30	125	29	78.3	32	29	30	32	31	32	33	32	33
12/02/2007	14:45	43.51	30	-	31	115	32	105	31	34.8	30	-	31	110	33	96	32	34.8	30	-	32	125	33	78.3	32	30	31	31	32	32	32	33	33
14/02/2007	13:30	43.51	32	-	32.5	115	34	105	33	34.8	31	-	32	110	36	96	35	34.8	31	-	34	125	36	78.3	35.5	31	33	33	34	34	35.5	36	36
19/02/2007	13:20	43.51	26.5	-	27	115	29	105	28	34.8	26	-	27	110	32	96	30.5	34.8	26	-	30	125	32	78.3	31.5	27	28	28	29	29	31	32	32
21/02/2007	13:30	43.51	29	-	30	115	33	105	32	34.8	29	-	29	110	33	96	32	34.8	29	-	32	125	33	78.3	33	29	30	32	33	33	32	33	33
22/02/2007	13:40	43.51	29	-	31	115	33	105	32	34.8	29	-	30	110	34	96	33	34.5	29	-	33	125	34	78.3	34	29	30	32	33	33	34	35	34
27/02/2007	14:10	43.51	29	-	30	115	33	105	32	34.8	29	-	30	110	33	96	32	34.5	29	-	33	125	33	78.3	33	29	30	32	33	33	32	33	33
28/02/2007	13:17	43.51	30	-	32	115	34	105	32	34.8	30	-	31	110	34	96	33	34.5	30	-	33	125	34	78.3	33	30	31	32	34	33	33	34	34
06/03/2007	13:25	43.51	31	-	33	115	36	105	34	34.8	32	-	33	110	36	96	34	34.5	32	-	34	125	36	78.3	36	32	33.5	34	36	35	35	36	36
07/03/2007	13:21	43.51	27.5	-	28.5	115	30	105	29	34.8	27.5	-	29	110	31	96	30	34.8	27.5	-	28.5	125	31	78.3	30	27.5	29	29	30	30	30	31	31
08/03/2007	13:20	43.51	32	-	32.5	115	34	105	33	34.8	31	-	32	110	36	96	35	34.8	31	-	34	125	36	78.3	35.5	31	33	33	34	34	35.5	36	36

<b>PROMEDIO</b>	43.51	29.33	-	30.37	114.83	32.30	105.00	31.22	34.80	29.59	-	30.70	110.00	33.26	96.00	32.26	34.75	29.63	-	31.80	124.99	33.00	78.30	32.72	29.52	30.74	31.70	32.09	32.09	32.74	33.13	33.24
<b>DELTA T</b>	1.04				1.09				1.11				1.00				2.17				0.28				1.22		0.39			0.39		

<b>Twb = 25,4</b>	43.51	30.75		32	114.75	33.5	105	32	34.8	31		32	110	34.5	96	33.38	34.8	31		32.5	124.93	34.25	78.3	33.75	30.75	32.13	32.75	33	32.75	33.75	34	34.13
	1.25				1.50				1.00				1.13				1.50				0.50				1.38		0.25			0.25		

Presiones en Psi y Temperaturas en °C

Figura 16. Curva de comportamiento de la temperatura de entrada y salida del agua de enfriamiento en la máquina de temple FDF

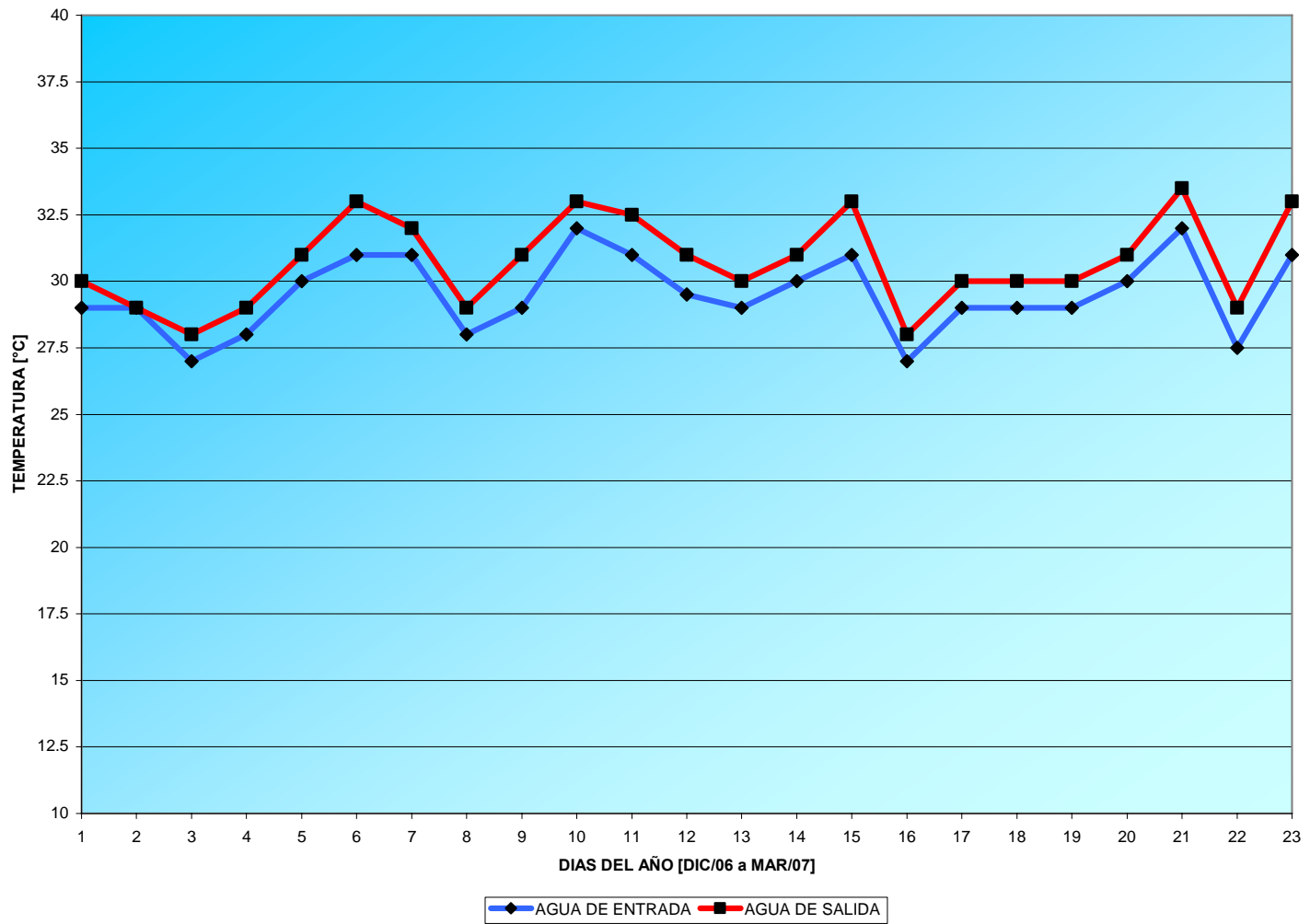
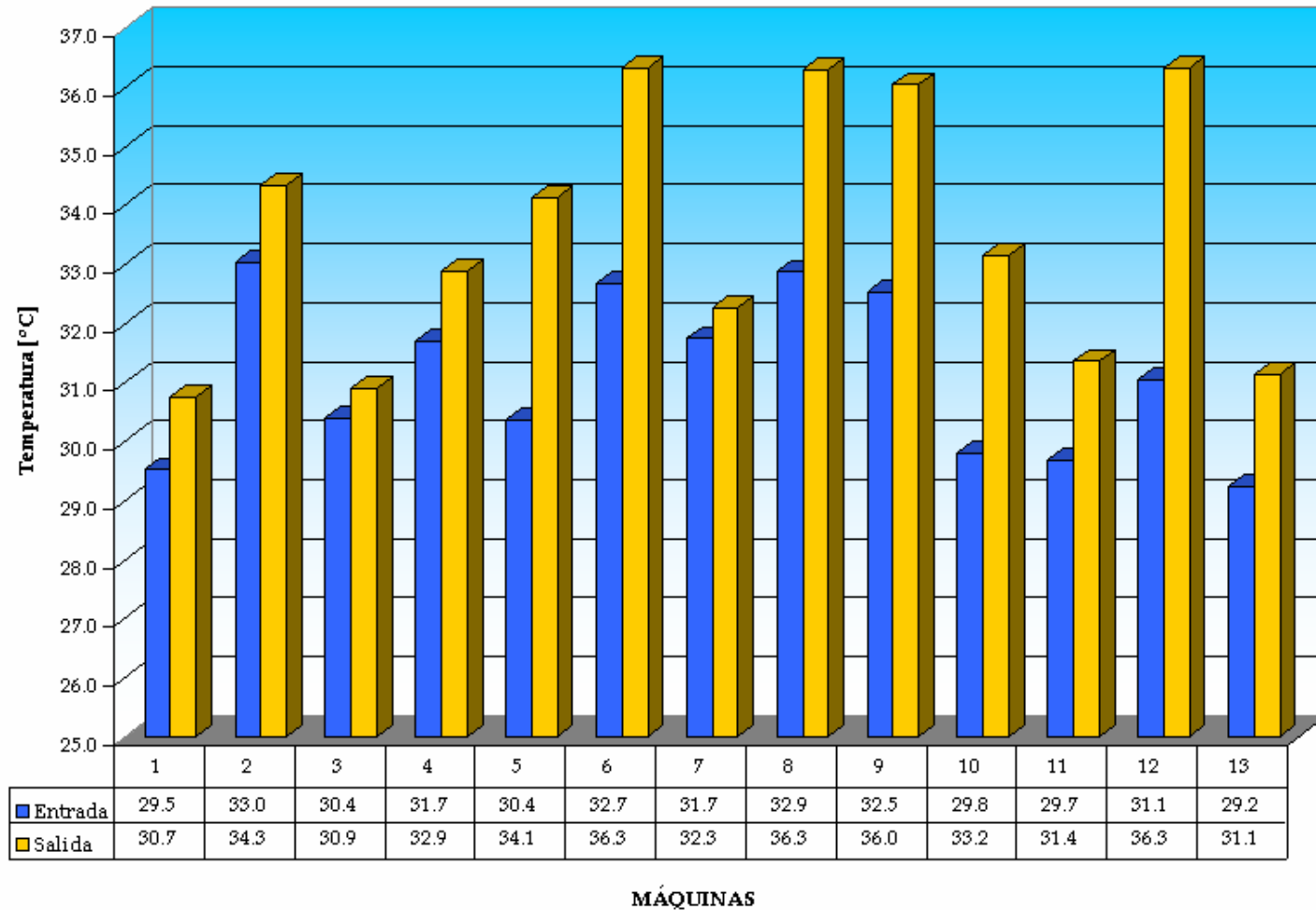


Figura 17. Estadístico de Temperaturas de entrada y salida del agua de enfriamiento



*Reemplazando:*

$$T_{\text{int}} = 29.262^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{Error}} = T_{\text{Medida}} - T_{\text{Calculada}} = 29.33^{\circ}\text{C} - 29.26^{\circ}\text{C} = 0.067^{\circ}\text{C}$$

Como se puede observar, la diferencia de temperatura es menor a  $1^{\circ}\text{C}$ , por tanto el error introducido es insignificante y no altera los resultados. Este resultado se comprobó en la máquina de temple FDF, única máquina con dos termómetros instalados; se compararon los dos: El medido con la pistola y el leído en el termómetro y el resultado no variaba.

En la información recopilada en las áreas de mantenimiento, calidad y procesos, se encontraron ciertos parámetros y valores de temperaturas de enfriamiento recomendadas para los procesos de algunas máquinas que conforman el sistema, mostrados en la tabla 4, lo que permite tener un patrón de comparación para realizar la evaluación. Entre los fabricantes que recomiendan se puede mencionar los siguientes: *Lobro, FDF, Hydraulic Power Units y Dubied*.

## **3.2 DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO DE AGUA**

**3.2.1 Regímenes de flujo de fluidos en tuberías<sup>3</sup>.** Existen dos tipos de flujo diferentes denominados: Laminar y turbulento.

---

<sup>3</sup> Tomado de CRANE, División de ingeniería, Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, McGraw-Hill, 1987, Cap 1, pág. 1-4.

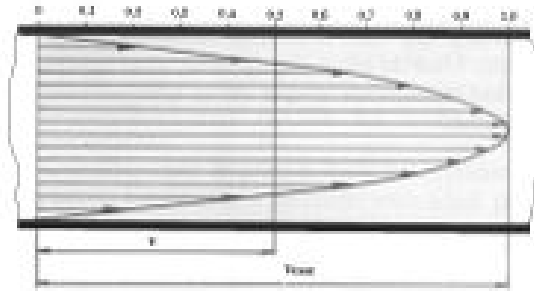
Tabla 4. Temperaturas recomendadas por los fabricantes

Máquinas que conforman el sistema de enfriamiento	$T_{In}$ Recomendada	$\Delta T$ Esperado
	°C	°C
EFD (Agua temple)	25	4
EFD (Sistema eléctrico)	30±2	3
FDF (Agua temple)	25	4
FDF (Sistema eléctrico)	30±2	3
Tocco 1 (Agua temple)	25	4
Tocco 1 (Sistema eléctrico)	30±2	3
Torno Detroit	30±2	5
Torno Dubied	30±2	5
Centradora TCT	30±2	5
Horno de cementación	30±2	4
Generador de gas RX	30±2	7
Secador del compresor	30±2	4
Rectificadora Ex-cell-O	28±2	3
Rectificadora Cincinnati	28±2	3
Rectificadora SI-4A	28±2	3

➤ **Flujo Laminar.** Este régimen se caracteriza por ser perfectamente ordenado, estratificado, de manera que el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse si la corriente tiene lugar entre dos planos paralelos, o en capas cilíndricas coaxiales como.

El perfil de velocidades tiene forma de una parábola, donde la velocidad máxima se encuentra en el eje de la tubería y disminuye rápidamente hasta anularse en la pared de la tubería, como se puede ver en la figura 18.

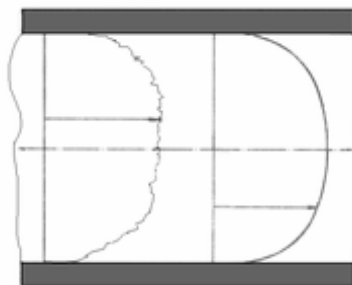
Figura 18. Distribución de velocidades dado en el flujo laminar



Se da en fluidos con velocidades bajas o viscosidades altas, cuando se cumple que el número de Reynolds es inferior a 2100.

➤ **Flujo turbulento.** En el régimen turbulento hay un movimiento irregular e indeterminado de las partículas del fluido en direcciones transversales a la dirección principal del flujo; la distribución de velocidades en el régimen turbulento es más uniforme a través del diámetro de la tubería que en régimen laminar. A pesar de que existe un movimiento turbulento a través de la mayor parte del diámetro de la tubería, siempre hay una pequeña capa de fluido en la pared de la tubería, conocida como la “capa periférica” o “subcapa laminar”, que se mueve en régimen laminar, como indica la figura 19. Número de Reynolds para este régimen 4000.

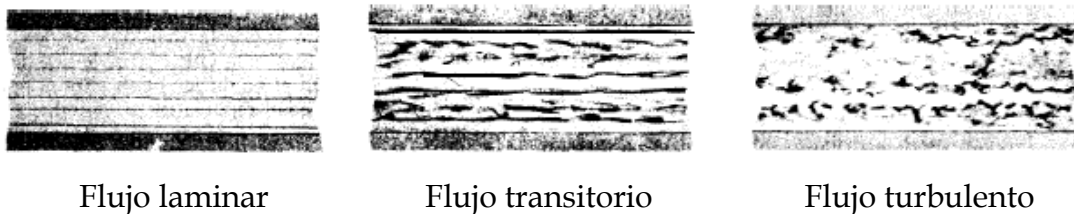
Figura 19. Distribución de velocidades dado en el flujo turbulento



Cuando un fluido se encuentra en medio de los dos,  $2000 < \text{Reynolds} < 4000$ , se conoce como **flujo transicional** y su comportamiento no puede ser modelado.

Seguidamente se muestra en la figura 20, unas fotografías tomadas de los tres estados, de un líquido aplicándole pequeñas cantidades de fluido coloreado.

Figura 20. Fotografías de los tipos de flujos



**3.2.2 Detalles de la medición de flujo.** Al igual que la temperatura, el flujo de agua en el sistema de enfriamiento es un factor determinante del funcionamiento, de éste depende la cantidad de calor que se requiere extraer, así como también de la diferencia de temperatura del agua de enfriamiento que se obtiene en los intercambiadores de calor.

La medición de flujo en el sistema se realizó en un 90% utilizando un medidor de flujo líquido ultrasónico, modelo *PT878 Panametrics*, que posee dos transductores de última tecnología especializados para agua, ver informe de la medición en el anexo K. Debido a que hay problemas de flujo en ciertos tramos de la red de tuberías (aire acumulado dentro de la tubería, velocidad de flujo muy baja, taponamientos y daños en válvulas, entre otras), no fue posible medir el otro 10 % del flujo con el medidor en ciertos tramos de la red, por tal motivo se optó por simular toda la red hidráulica en el software

EPANET<sup>4</sup> versión 2.0, el cual permitió dar un estimado aproximado de la distribución de flujo de la red en los sitios que presentan problemas. Esta aproximación solo se utilizó para los siguientes casos: Rectificadora SI-4a, Fresadora Ex-Cell-O, Horno de Cementación, Secador de aire del Compresor y Generador de gas RX. Es preciso mencionar que el flujo total de entrada para estas 5 máquinas se midió con el medidor.

Para la simulación fue necesario introducir los siguientes datos del sistema:

- ✓ Diámetros, longitud y coeficientes de rugosidad de las tuberías.
- ✓ Nodos (altura piezométrica)
- ✓ Válvulas (tamaño y tipo)
- ✓ Tanques (altura)
- ✓ Depósitos (dimensiones)
- ✓ Curvas de las bombas centrífugas (creadas a partir de las mediciones en los puntos de operación)
- ✓ Coeficientes de pérdidas de los intercambiadores de calor
- ✓ Coeficientes de pérdidas de los accesorios (válvulas, codos, reducciones, ampliaciones, etc.).

El software dispone de tres fórmulas para el cálculo de las pérdidas de carga:

- ✓ Fórmula de Hazen Williams
- ✓ Fórmula de Darcy-Weisbach
- ✓ Fórmula de Chezy-Manning

---

<sup>4</sup> El software es un desarrollo libre y con código abierto de la EPA (Environmental Protection Agency) <http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/epanet.html> y es el software de simulación de redes hidráulicas más utilizado en todo el mundo.

En la simulación se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, es la fórmula más utilizada para los cálculos hidráulicos en los Estados Unidos por ser la más exacta en sus resultados, La fórmula de Darcy-Weisbach, desde el punto de vista académico, es la más correcta, y es aplicable a todo tipo de líquidos y regímenes. Por último, la fórmula de Chezy-Manning es utilizada usualmente para canales y tuberías de gran diámetro, donde la turbulencia está muy desarrollada.

Fórmula de Hazen Williams

$$H_L = \frac{10.674LQ^{1.852}}{C^{1.852}d^{4.871}}$$

Donde:

$H_L$  pérdida de carga, en mca

$Q$  flujo, en  $m^3/s$

$L$  longitud de la tubería, en m

$d$  diámetro de la tubería, en m

$C$  coeficiente de rugosidad (factor de Hazen-Williams)

En la figura 21, se muestra una impresión de pantalla que se realizó durante el proceso de *run* del software. Para ver el resultado completo de la simulación, dirigirse al Anexo L.

Debido a que en el software se omiten ciertas anomalías del sistema, entre las que se destacan: Válvulas averiadas y/o estado de abertura menor al 100%, alto grado de corrosión en las tuberías debido a la vejez, lodos y sedimentos acumulados, daños internos en los intercambiadores de calor (falta de tubos, taponamientos, empaquetadura dañada, etc.), acumulación de aire en la

tubería, etc., razones que distan los resultados de la realidad, se realizó un cuadro comparativo entre los puntos medidos con el *medidor flujo ultrasónico* (real) y los datos calculados en los mismos puntos con el software (teórico), ver tablas 5,6 y 7, para luego realizar comparaciones que conlleven a obtener información de los puntos que no fue posible medir con el medidor.

En las tablas anteriormente mencionadas, se nota claramente la distribución de flujo errada que se da en la red actualmente; comenzando por las bombas, se observa que estando éstas en buen estado (sin desgaste o nuevas) deberían suministrar 368 gpm aprox. y solo están alcanzando 224 gpm; las causas por las cuales se presenta este inconveniente se estudian en el inciso 4.4.

Figura 21. Vistas del software EPANET durante la simulación

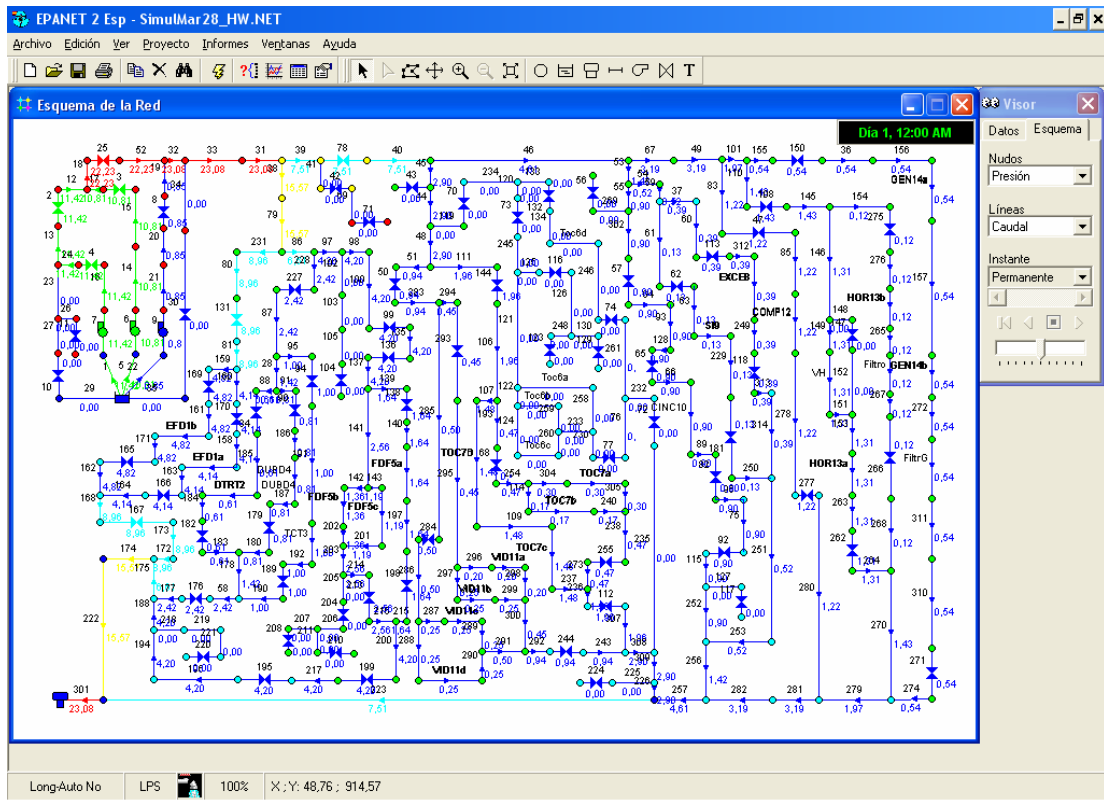


Tabla 5. Cuadro comparativo entre *medidor de flujo Ultrasónico* y EPANET<sup>5</sup>

Máquinas que conforman el sistema de enfriamiento	Caudal Medido Actual	Porcentaje del Caudal con respecto al total	Caudal obtenido con EPANET	Porcentaje Caudal Simulación	Distribución de flujo actual de acuerdo a la simulación en EPANET
	gpm		gpm		gpm
EFD	28.00	12.5%	141.07	38.4%	85.93
FDF	100.00	44.6%	66.57	18.1%	40.55
Tocco 1	48.00	21.4%	30.12	8.2%	18.34
Torno Detroit	9.00	4.0%	9.51	2.6%	5.79
Torno Dubied	0.50	0.2%	12.68	3.4%	7.72
Centradora TCT	0.50	0.2%	15.85	4.3%	9.66
Horno de cementación	7.40	3.3%	22.19	6.0%	13.52
Generador de gas RX	2.60	1.2%	7.93	2.2%	4.83
Secador del compresor	6.00	2.7%	19.02	5.2%	11.59
Fres. Ex-cell-O	4.50	2.0%	12.68	3.4%	7.72
Rect. Cincinnati	9.00	4.0%	14.27	3.9%	8.69
Rect. SI-4A	0.50	0.2%	1.59	0.4%	0.97
Máquina de vida	8.00	3.6%	14.27	3.9%	8.69
<b>Total</b>	<b>224.00</b>	<b>100.0%</b>	<b>367.73</b>	<b>100.0%</b>	<b>224.00</b>

Tabla 6. Flujo actual de las bombas del sistema y las combinaciones

Equipo	Caudal Medido gpm	RPM
Bomba 1	202.00	1745
Bomba 2	200.00	3520
Bomba 3	142.00	1740
Bomba 4	130.00	1740
Bomba 5	205.00	3525

Combinaciones	Caudal Medido gpm
Bombas 1 y 2	224.00
Bombas 1 y 5	202.00
Bombas 2 y 5	200.00
Bombas 1, 2 y 5	255.00
Bombas 3 y 4	264.00

<sup>5</sup> Los valores que aparecen en color rojo se obtuvieron realizando comparaciones con los resultados en EPANET, recordando que estos no fue posible medirlos con el medidor.

Tabla 7. Flujo por tramos

Tramo	Caudal Medido Actual	Caudal obtenido con EPANET	Porcentaje del Caudal con respecto al total actual	Porcentaje Caudal Simulación	Distribución de flujo actual de acuerdo a la simulación en EPANET
	gpm	gpm			gpm
1	224.00	367.73	100.0%	100.0%	224.00
2	138.00	245.68	61.6%	66.8%	149.66
3	110.00	104.61	49.1%	28.4%	63.72
4	86.00	122.05	38.4%	33.2%	74.34
5	56.00	44.38	25.0%	12.1%	27.03
6	30.00	77.67	13.4%	21.1%	47.31
7	14.00	28.53	6.3%	7.8%	17.38
8	5.00	14.27	2.2%	3.9%	8.69
9	16.00	49.14	7.1%	13.4%	29.93
10	10.00	30.12	4.5%	8.2%	18.34

Nota: Los tramos se muestran en el anexo M.

Analizando la distribución de flujo real en toda la red con respecto al resultado encontrado en la simulación, la diferencia se debe a los múltiples problemas presentes en los intercambiadores de calor y al estado de abertura de las válvulas (en algunos casos éstas se encontraron con aberturas de 25 a 40°, donde debería ser 90°), posibles taponamientos en las tuberías y filtros; además de estos se presentan otros factores que se analizan en el transcurso del proyecto. En la simulación las válvulas se asumen totalmente abiertas y los intercambiadores con resistencias menores, es decir en buenas condiciones de operación.

En la última columna de las tablas 5 y 7, se realiza el cálculo del flujo que debería tener cada máquina y cada tramo, si se trabaja con el caudal que actualmente impulsan las bombas, pero los intercambiadores de calor y

válvulas en buen estado de operación. Este cálculo se realizó con al finalidad de resaltar los problemas internos de la red.

Además de los flujos actuales, en la tabla 8 se da a conocer el valor del flujo promedio que requiere cada máquina para su funcionamiento.

Tabla 8. Flujos actuales y recomendados en cada máquina

Máquinas que conforman el sistema de enfriamiento	Caudal Medido	Caudal Recomendado
	gpm	gpm
EFD (Agua temple)	10.00	175.00
EFD (Sistema eléctrico)	18.00	25.00
FDF (Agua temple)	70.00	175.00
FDF (Sistema eléctrico)	30.00	25.00
Tocco 1 (Agua temple)	24.00	75.00
Tocco 1 (Sistema eléctrico)	24.00	25.00
Torno Detroit	9.00	15.00
Torno Dubied	0.50	10.00
Centradora TCT	0.50	15.00
Horno de cementación	7.40	10.00
Generador de gas RX	2.60	10.00
Secador del compresor	6.00	12.00
Rectificadora Ex-cell-O	4.50	15.00
Rectificadora Cincinnati	9.00	15.00
Rectificadora SI-4A	0.50	15.00
Máquina de vida	8.00	40.00
<b>Total</b>	<b>224.00</b>	<b>657.00</b>

Cabe mencionar que el flujo requerido para el sistema, cuando se le apliquen las nuevas reformas es de  $181.7 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $800 \text{ gpm aprox.}$ ), puesto que en días previos antes de terminar el estudio se conocieron datos dos nuevas máquinas que se van incluir: *Una nueva de temple (Tocco 2) y otra para simular*

*torques aplicados en los ejes homocinéticos*, las cuales requieren un flujo de 31.8 m<sup>3</sup>/h (140 gpm) entre las dos<sup>6</sup>. El caudal recomendado para cada tramo queda dependiendo de la elección de cambios a realizar en el sistema. Más adelante se muestra una tabla con ciertos valores calculados con una de las recomendaciones planteadas.

### **3.3 PRESIONES EN LA RED HIDRÁULICA**

La presión del sistema de enfriamiento está determinada por las bombas centrífugas y las pérdidas presentes en toda la red. Es sabido que la presión influye directamente en el proceso de enfriamiento que se realiza en los intercambiadores de calor de cada máquina, por tal motivo, fue pertinente efectuar un seguimiento para realizar el análisis completo de todo el sistema.

El análisis de presión del sistema se realizó simultáneo con la toma de temperaturas y por pericia se incluyó en el formato donde se consignaban los datos de temperatura. En la tabla 9, se muestra los datos tomados en los manómetros existentes, comparados con los calculos en la simulación con EPANET.

La ausencia de manómetros en algunas máquinas de la red, impidió medir la presión en todos los puntos requeridos, sin embargo, los datos registrados son suficientes para analizar el estado en el que se encuentra la red, puesto a que se tenía uno en cada tramo de la red. Además con la simulación hecha en EPANET se determinó la presión en el resto de puntos.

---

<sup>6</sup> Datos tomados de los manuales que reposan en el área de mantenimiento.

Tabla 9. Presiones del sistema medidas y calculadas con EPANET

Máquinas que conforman el sistema de enfriamiento	Presión Manómetros		Presión EPANET		DIFERENCIA $Q_{Act} - Q_{Epa}$	
	Psi	m.c.a.	Psi	m.c.a.	Psi	m.c.a.
EFD	-	-	18.26	12.95	-	-
FDF	29.40	20.85	30.41	21.57	1.01	0.72
Tocco 1	22.00	15.60	23.74	16.84	1.74	1.24
Torno Detroit	-	-	23.29	16.52	-	-
Torno Dubied	-	-	26.31	18.66	-	-
Centradora TCT	-	-	26.01	18.45	-	-
Horno de cementación	27.70	19.65	29.17	20.69	1.47	1.04
Generador de gas RX	31.00	21.99	26.53	18.82	4.47	3.17
Secador del compresor	-	-	34.02	24.13	-	-
Rectificadora Ex-cell-O	-	-	25.03	17.75	-	-
Rectificadora Cincinnati	-	-	26.77	18.99	-	-
Rectificadora SI-4A	19.00	13.48	24.08	17.08	5.08	3.60
Máquina de vida	30.00	21.28	28.96	20.54	1.04	0.74

En el departamento de calidad y procesos de la empresa y en comunicación telefónica con las empresas Alfa-Laval e Hidromecánica Ltda (proveedores), se obtuvo información de operación de los intercambiadores de calor, datos claves en el momento de rediseñar parte de la red y seleccionar las bombas centrífugas para el sistema.

Entre esa información se encuentran los valores de la presión del agua de enfriamiento para las siguientes máquinas:

Horno de Cementación y Generador de Gas RX:  $25^{\pm 5}$  psi

Máquina de vida:  $40^{\pm 5}$  psi

Máquinas de temple:  $30^{\pm 5}$  psi

Intercambiadores de calor de los sistemas hidráulicos:  $35^{\pm 5}$  psi.

### 3.4 FLUJO DE CALOR

Uno de los principales valores que se deben calcular para la evaluación energética del sistema es el flujo de calor; por medio de este es posible determinar si el calor que se está extrayendo de las máquinas es el suficiente para cumplir con las condiciones de operación del sistema de enfriamiento, es decir, con este se puede calcular cual es la capacidad que actualmente tiene el sistema y compararla con las condiciones que se requieren. Dependiendo de los resultados se emitirán recomendaciones que conducen al mejoramiento del mismo.

Este cálculo reúne todas las variables anteriormente estudiadas y a las cuales se les realizó cuadro estadístico, con excepción la presión. Para el cálculo del flujo de calor se utilizó la siguiente fórmula:

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p \Delta T,$$

La densidad y la capacidad calorífica son: 996 kg/m<sup>3</sup> y 4.18 kJ/kg°C, respectivamente, calculadas con una temperatura promedio del agua de 30°C

En la tabla 10, se resume el cálculo realizado de la disipación de calor que actualmente está ocurriendo en el sistema de enfriamiento.

Tabla 10. Flujo de calor actual

Máquinas que conforman el sistema de enfriamiento	Calor disipado actual
	kW
EFD (Agua temple)	11.37
EFD (Sistema eléctrico)	11.02
FDF (Agua temple)	30.15
FDF (Sistema eléctrico)	8.20
Tocco 1 (Agua temple)	13.74
Tocco 1 (Sistema eléctrico)	22.38
Torno Detroit	1.51
Torno Dubied	0.50
Centradora TCT	0.54
Horno de cementación	5.00
Generador de gas RX	1.80
Secador del compresor	3.01
Rectificadora Ex-cell-O	1.42
Rectificadora Cincinnati	1.13
Rectificadora SI-4A	0.17
Máquina de vida	10.51
<b>Total</b>	<b>122.4</b>

## **4. DIAGNÓSTICO (ENERGÉTICO Y OPERACIONAL)**

### **4.1 TORRE DE ENFRIAMIENTO**

El diagnóstico de la torre de enfriamiento está dividido en dos partes: La primera se basa en el diagnóstico del estado de los componentes internos y externos (relleno, ventiladores, persianas, toberas, paredes, etc.) y la segunda basada en el diagnóstico de las condiciones operacionales y energéticas.

#### **4.1.1 Diagnóstico del estado de los componentes internos y externos**

Para realizar el diagnóstico de la estructura, se diligenciaron los formatos indicados por el código CTI (ATC-105), en donde se recomienda una inspección visual detallada de todas las partes internas y externas de la torre de enfriamiento, ver anexo N. La finalidad de la inspección es detectar problemas y deterioro en la torre, los cuales causan mal funcionamiento. La tabla 11, muestran el formato diligenciado y la figura 22, imágenes del estado actual de la torre.

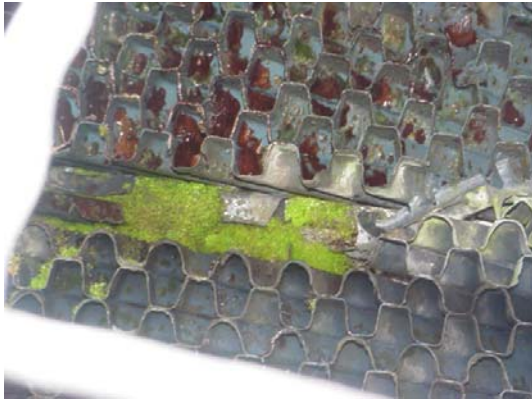
Las imágenes 22a, 22b, 22c y 22d tomadas durante la inspección, muestran el estado de la torre de enfriamiento. En 22a, relleno dañado e invadido por algas. En 22b, se observa el peligroso estado en que se encuentra la caja de cableado eléctrico para los motores de las bombas centrífugas y ventilador de la torre. En 22c, se nota claramente la mala distribución del agua en el relleno, ocasionando disminución del área efectiva de la torre y en 22d, se hace hincapié en la falta de empaques así como en la acumulación de mugre y algas en las persianas.

Tabla 11. Formato de inspección para la torre de enfriamiento

FORMATO N°3

<b>Propietario:</b> DANA Transejes Colombia				<b>Fecha de inspección:</b> Octubre 17 de 2007			
<b>Planta:</b> Principal				<b>Inspeccionada por:</b> Rayner M./Jeisson P.			
<b>Ubicación:</b> Girón - Santander				<b>Torre marca y tipo:</b> Sulzer tipo EWK-441/0.9/5.5			
<b>Tipo de tratamiento de agua:</b> Ninguno				<b>Fecha de instalación:</b> Junio 25 de 1987			
<b>Condiciones de diseño:</b>							
<b>Flujo (gpm):</b> 286				<b>Temperatura Agua Caliente (°C):</b> 33			
<b>Temperatura Agua Fria (°C):</b> 28				<b>Temperatura Bulbo Húmedo (°C):</b> 25			
<i>Marcar con un (X) la columna que corresponde a la condición actual</i>							
<b>Condiciones actuales: 1. Bueno. 2. Regular. 3. Malo</b>							
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>ESTRUCTURA EXTERNA</b>				<b>ESTRUCTURA INTERNA</b>			
1. Paredes exteriores:	X			9. Relleno (tipo y arreglo)		X	
2. Persianas (Material):		X		10. Toberas:		X	
3. Sellos de persianas y paredes:			X	11. Malla del ventilador:		X	
4. Base del ventilador:	X			12. Deposito de agua fria:		X	
5. Sistema de distribución:			X	13. Soporte del equipo mecanico:	X		
6. Valvulas de control de flujo:			X				
7. Sistema de rocío y toberas:		X					
8. Aspas del ventilador:		X					
<b>EQUIPO MECANICO</b>				<b>OTROS</b>			
18. Ventilador	X			21. Cableado			X
19. Diámetro y tipo:	X			22. Datos de placa HP/RPM:	12	900	
20. Motor del ventilador:	X			23. Fases/Voltios/Amperios:	3	440	17
<b>Notas:</b> Motor diferente al de diseño No existen válvulas de control de flujo							

Figura 22. Estado actual de la torre de enfriamiento



a. Relleno



b. Caja de cables zona torre



c. Vista de la distribución del agua



d. Persianas

Con base a los resultados obtenidos durante la inspección, se realizaron ciertas sugerencias que se incluyen en el capítulo de recomendaciones.

#### 4.1.2 Diagnóstico Operacional

En el diagnóstico operacional se evalúa la capacidad de enfriamiento de la torre utilizando las curvas de comportamiento suministradas por el fabricante (figura 23) y el punto de funcionamiento con las condiciones de diseño y las condiciones actuales, mostradas en la tabla 12. La forma de utilizar las curvas de comportamiento es fijar el flujo y la temperatura del

agua que entra a la torre, para determinar el rango y la aproximación para cada modelo de torre presente en dichas curvas.

Tabla 12. Condiciones de diseño y condiciones de prueba

Variable	Símbolo	Diseño		Prueba	
		SI	Inglés	SI	Inglés
Flujo de agua	Q	65 m <sup>3</sup> /h	286 gpm	59.9 m <sup>3</sup> /h	256 gpm
Temperatura de agua caliente	T <sub>1</sub>	33.0°C	91.4°F	30.5°C	76.9°F
Temperatura de agua fría	T <sub>2</sub>	28.0°C	82.4°F	26.0°C	78.8°F
Temperatura de bulbo húmedo	T <sub>wb</sub>	25.0°C	77.0°F	25.4°C	77.7°F
Rango de enfriamiento (T <sub>1</sub> - T <sub>2</sub> )	-	5.0°C	9.0°F	4.5°C	8.1°F
Aproximación (T <sub>2</sub> - T <sub>wb</sub> )	-	3.0°C	5.4°F	0.6°C	1.1°F
Potencia del freno del ventilador	P	5.5 kW	7.4 HP	9 kW	12.1 HP

Flujo de agua de reposición = 0,25 m<sup>3</sup>/h (1,10 gpm)

➤ **Verificación del punto de operación actual en las curvas de comportamiento**

Para verificar si el punto de operación actual coincide con el punto de operación de diseño, con los datos de prueba e entra a la curva de comportamiento de la siguiente manera:

- a. Se ubica la temperatura de bulbo húmedo, 25.4°C
- b. Se hace coincidir la línea de T<sub>bw</sub> con la curva de temperatura de agua caliente (30.5°C), encontrando de esta manera el punto 1.
- c. A partir del punto 1, se sube verticalmente hasta encontrar la curva del rango correspondiente (4.5°C) y ubicar el punto 2. Desde el punto 2 trazar una línea horizontal y realizar el siguiente paso.

d. Ubicar el flujo de agua a enfriar, ( $59.9 \text{ m}^3/\text{h}$ ) y dibujar una línea vertical. Donde se corta la línea trazada con la línea horizontal realizada en el paso anterior, es el punto de operación de la torre de enfriamiento, punto 3.

Luego de realizar los 4 pasos anteriores es de esperar que el punto de operación coincida con la curva de operación de la torre, pero es evidente que el punto no coincide con la curva de la torre, la razón principal se debe al cambio del motor del ventilador, el cual tiene potencia y velocidad diferente (valores por encima que los de diseño), modificándose de esta manera el flujo de aire que se manejaba de diseño.

Por tanto con el nuevo punto de operación encontrado con las pruebas y analizando la tendencia de las demás curvas, por sugerencia de los fabricantes se dedujo la curva de comportamiento que se ajusta a la torre modificada. En la figura 23 se modela cada uno de los pasos mencionados y se muestra la nueva curva.

De la nueva curva de comportamiento de la torre, se deriva que se puede utilizar mayor flujo de agua a enfriar, obteniendo condiciones óptimas del agua para suplir la necesidad de enfriamiento de gran parte de las máquinas de la planta.

Después de haber determinado la nueva curva de comportamiento de la torre, se efectuó el cálculo del porcentaje de calor removido por la torre en las condiciones actuales con respecto a las de diseño, utilizando el método alternativo preliminar (balances energéticos), expuesto en la página internet del CTI ([www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)), el cual requiere de los datos de diseño y los de prueba. Estos últimos deben estar dentro de los límites de aceptación indicados por el CTI, (tabla 13).

Figura 23. Curvas de comportamiento de la torre

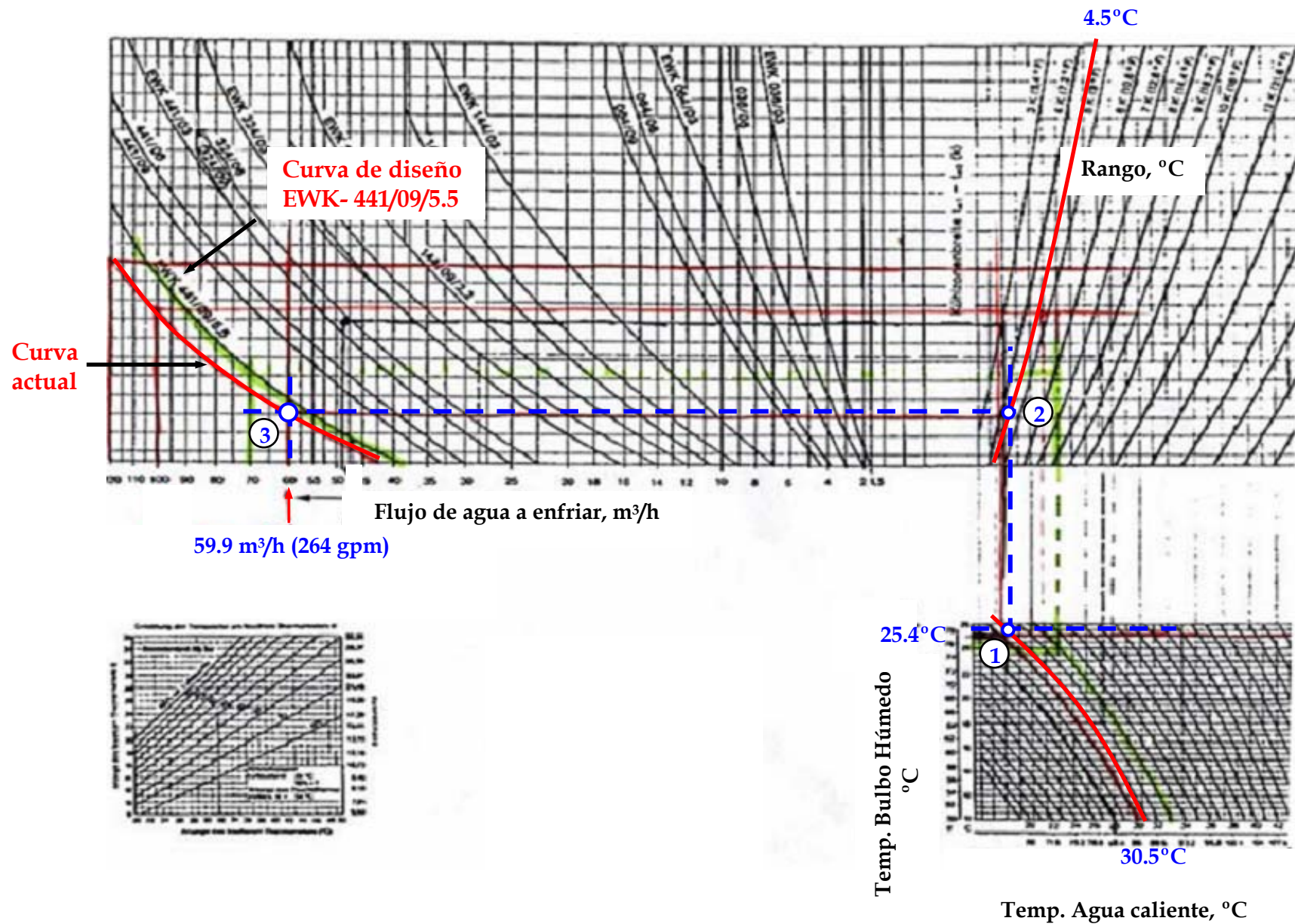


Tabla 13. Variaciones permitidas por el CTI

Variable	Desviaciones permitidas por Código CTI	Valor diseño	Valor prueba	Desviación entre prueba y diseño
TBH	+/- 8,33°C	25°C	25,4°C	1.6°C
Rango	+/- 20,0 %	5°C	4.5°C	10.0%
Flujo	+/- 10,0 %	286 gpm	264 gpm	-7.7%

A partir de los datos se calcula el calor disipado por la torre con la siguiente formula:

$$Q_D = \dot{m} C_p (T_1 - T_2)_D \quad \text{y} \quad Q_P = \dot{m} C_p (T_1 - T_2)_P$$

Reemplazando:

$$\dot{Q}_D = (996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(65 \frac{\text{m}^3}{\text{h}})(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}})(4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}})(33^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}) = 375.6 \text{ kW}$$

Y

$$\dot{Q}_P = (996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(59.9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}})(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}})(4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}})(30.5^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}) = 312.0 \text{ kW}$$

La siguiente relación indica el porcentaje de calor que disipa la torre en condiciones de operación con respecto a las de diseño, de forma global:

$$\% \dot{Q}_R = \frac{\dot{Q}_P \times 100\%}{\dot{Q}_D}$$

Donde:

$\% \dot{Q}_R$  = Porcentaje del calor removido por la torre.

Reemplazando:

$$\dot{Q}_R = \frac{312.0 \text{ kW} \times 100\%}{375.6 \text{ kW}} = 83.1\%$$

Es importante mencionar que el valor resultante de este cálculo es preliminar, solamente indica la forma de operar de la torre desde el punto de vista energético.

## 4.2 INTERCAMBIADORES DE CALOR

Junto con la torre de enfriamiento, los intercambiadores de calor son los equipos de mayor importancia a estudiar en el sistema de enfriamiento. Con los estadísticos de temperaturas, flujos de agua y parámetros recomendados se prosiguió a calcular el calor que se está disipando en cada uno de ellos. Ver tabla 14

En la tabla de datos es evidente que ningún intercambiador se encuentra funcionando correctamente. Las razones principales del mal funcionamiento son: Poco flujo de agua que les llega, taponamientos de tuberías o placas, daños de componentes, vejez, entre otras, tal es el caso de los intercambiadores de casco y tubos de la máquina de temple Tocco 1; se tuvo la oportunidad de observar un mantenimiento preventivo donde se encontraron tubos y empaquetaduras en muy malas condiciones, otros intercambiadores con problemas se encontraron en la máquina de vida, que en varias ocasiones paraban el proceso por taponamiento (agua muy contaminada).

Un caso muy particular es de el intercambiador de calor de placas de la máquina de temple empleado para enfriar el agua de hidrotemple, este presenta recalentamiento del agua de enfriamiento, se habla de 4.33°C promedio y en cierto días alcanzaba los 7°C de diferencia, pero sin variación alguna en la temperatura del agua de temple, 0.26°C promedio. (Ver anexo H)

Tabla 14. Datos generales de los Intercambiadores de Calor

Máquina del Sistema de Enfriamiento	Tipo de Intercambiador	Tin actual	Tout actual	$\Delta T$ actual	Tin Recom.	Tout Recom.	$\Delta T$ Recom.	Caudal Medido	Caudal Recom.	Calor disipado actual	Calor que debe disipar
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	gpm	gpm	kW	kW
EFD (Agua temple)	Placas	29.93	34.26	4.33	25	29	4	10.00	175.00	11.4	183.9
EFD (Sistema eléctrico)	Placas	29.70	32.02	2.33	29	32	3	18.00	25.00	11.0	19.7
FDF (Agua temple)-IC1	Placas	29.59	30.70	1.11	25	29	4	35.00	87.50	10.2	91.9
FDF (Agua temple)-IC2	Placas	29.63	31.80	2.17	25	29	4	35.00	87.50	19.9	91.9
FDF (Sistema eléctrico)	Placas	29.33	30.37	1.04	29	32	3	30.00	25.00	8.2	19.7
Tocco 1 (Sistema eléctrico)-IC1	Placas	30.18	32.82	2.64	25	28	3	12.00	12.50	8.3	9.8
Tocco 1 (Sistema eléctrico)-IC2	Placas	30.18	34.64	4.45	25	28	3	12.00	12.50	14.0	9.8
Tocco 1 (Agua temple)-IC1	Casco y tubos	30.50	32.45	1.95	29	33	4	12.00	37.50	6.1	39.4
Tocco 1 (Agua temple)-IC2	Casco y tubos	31.91	34.32	2.41	29	33	4	12.00	37.50	7.6	39.4
Torno Detroit	Casco y tubos	31.74	32.38	0.64	29	34	5	9.00	15.00	1.5	19.7
Torno Dubied	Casco y tubos	32.52	36.33	3.81	29	34	5	0.50	10.00	0.5	13.1
Centradora TCT	Casco y tubos	32.87	36.95	4.08	29	34	5	0.50	15.00	0.5	19.7
Horno de cementación	Serpentín	29.68	31.36	1.68	29	33	4	7.40	10.00	3.3	10.5
Generador de gas RX	Casco y tubos	31.05	32.68	1.64	29	36	7	2.60	10.00	1.1	18.4
Secador del compresor	Serpentín	29.23	31.14	1.91	29	33	4	6.00	12.00	3.0	12.6
Rectificadora Excell-O	Casco y tubos	31.70	32.89	1.20	29	32	3	4.50	15.00	1.4	11.8
Rectificadora Cincinnati	Casco y tubos	29.87	30.35	0.48	29	32	3	9.00	15.00	1.1	11.8
Rectificadora SI-4A	Serpentín	33.04	34.33	1.28	29	32	3	0.50	15.00	0.2	11.8
Máquina de vida-IC1	Casco y tubos	32.67	36.33	3.67	29	36	7	2.00	10.00	1.9	18.4
Máquina de vida-IC2	Casco y tubos	32.67	36.33	3.67	29	36	7	2.00	10.00	1.9	18.4
Máquina de vida-IC3	Casco y tubos	32.33	38.67	6.33	29	36	7	2.00	10.00	3.3	18.4
Máquina de vida-IC4	Casco y tubos	33.67	40.00	6.33	29	36	7	2.00	10.00	3.3	18.4

### 4.3 TUBERÍAS Y ACCESORIOS

En el capítulo 1 se comentó que la red de tuberías del sistema hidráulico de la empresa fue diseñada en un principio para dos máquinas, y con el transcurrir de los años se ha ido reformando, ignorando las consecuencias críticas que han quedado. Claramente se nota que la red hidráulica no ha tenido un estudio previo de ampliación, y por ende presenta problemas que afectan directamente el rendimiento del sistema. Entre los problemas se pueden mencionar: Tuberías de diámetro inadecuado en ciertas zonas, inmoderadas reducciones y ampliaciones, mala distribución del flujo por excesivas ramificaciones, sumándole a esto el no aislamiento de la tubería, lo que implica el calentamiento del agua de enfriamiento durante su recorrido antes de llegar a su destino.

En la tabla 15, se muestra los diámetros actuales anteriormente mencionados y las velocidades alcanzadas en las tuberías de entrada en cada una de las máquinas.

La velocidad del agua fue calculada con la siguiente ecuación:

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2}, \text{ donde:}$$

v      velocidad del agua, en m/s

Q      flujo de agua, en m<sup>3</sup>/s

π      constante, igual a 3.1415

d      diámetro interno de la tubería, en m

Comparando las velocidades actuales con las recomendadas por CRANE <sup>7</sup>, en algunas zonas de la red, los valores se encuentran fuera del rango recomendado, ocasionando problemas de corrosión, erupción, ruidos y formación de sedimentos dentro de las tuberías. Ver anexo O

Tabla 15. Diámetros de las tuberías con sus respectivas velocidades de flujo

Máquinas del Sistema de Enfriamiento	Diametro Actual	Velocidad Actual
	Pulg	m/s
EFD (Agua temple)	2	0.29
EFD (Sistema eléctrico)	2	0.52
FDF (Agua temple)	2	2.04
FDF (Sistema eléctrico)	1 1/2	1.44
Tocco 1 (Agua temple)	1 1/2	1.15
Tocco 1 (Sistema eléctrico)	1 1/2	1.15
Torno Detroit	1	1.02
Torno Dubied	1	0.06
Centradora TCT	1	0.06
Horno de cementación	1 1/4	0.33
Generador de gas RX	1 1/4	0.26
Secador del compresor	1 1/4	0.39
Rectificadora Ex-cell-O	1	0.23
Rectificadora Cincinnati	1	1.02
Rectificadora SI-4A	1/2	1.29
Máquina de vida	1 1/2	0.38

Es notorio, que a la red hidráulica de toda la planta debe ser sometida a un rediseño con cambios referentes a la distribución de ramales, diámetros y

---

<sup>7</sup> CRANE, División de ingeniería, Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, McGraw-Hill, 1987, Apéndice B, sección B-16

accesorios, para conseguir condiciones adecuadas en la distribución del agua. Es importante mencionar que todos los cambios a realizar quedan sujetos al flujo de agua requerido y a las reformas que se le hagan al equipo de enfriamiento.

#### **4.4 BOMBAS CENTRÍFUGAS**

Analizando las presiones y el flujo alcanzado por las bombas centrífugas y los requerimientos de operación que exige el sistema de enfriamiento, expuesto en el cáp. 3, se hace notorio que la empresa requiere un nuevo sistema de bombeo y rediseño de las conexiones de tuberías de las bombas para mejorar el rendimiento.

Sabiendo que las bombas se encuentran en un circuito en paralelo es de esperar que el flujo obtenido cuando dos o más bombas estén encendidas, sea aproximadamente la suma de los flujos individuales, sin embargo durante la prueba de flujo y en la simulación se encontró que en el sistema no ocurre de esta manera. Este problema obligó a estudiar el sistema de bombeo con más detalle, encontrando instalaciones inadecuadas en las interconexiones de tuberías, demasiadas pérdidas en los accesorios y bombas inadecuadas; este problema hace pensar que hay una recirculación del agua dentro de las bombas, lo que causa bajo flujo de agua, implicando gasto energético y económico (\$), con poca utilidad operacional.

Realizando un estudio económico sobre las bombas centrífugas del sistema se encontró el siguiente resultado, ver Tablas 16 y 17.

Tabla 16. Cuadro económico de las bombas centrífugas

Equipo	Potencia Placa [kW]	Potencia Medida [kW]	Caudal Medido [gpm]	Consumo Mes [kW]	Consumo Mes [\$]	RPM
Bomba 1	17.9	12.3	202.00	8856	\$ 1,248,696.0	1745
Bomba 2	11.2	7.7	200.00	5544	\$ 781,704.0	3520
Bomba 3	6.7	4.7	142.00	3384	\$ 477,144.0	1740
Bomba 4	6.7	4.5	130.00	3240	\$ 456,840.0	1739
Bomba 5	13.5	9.3	205.00	6696	\$ 944,136.0	3525
<b>TOTALES</b>	<b>55.98</b>	<b>38.5</b>		<b>27720</b>	<b>\$ 3,908,520.0</b>	

Tabla 17. Cuadro económico de las combinaciones de las bombas

Combinaciones	Consumo Mes [kW]	Consumo Mes [\$]	Flujo Medido gpm
<b>1- Bombas 1-2</b>	14400	\$ 2,030,400.0	224.00
<b>2- Bombas 1-5</b>	15552	\$ 2,192,832.0	202.00
<b>3- Bombas 2-5</b>	12240	\$ 1,725,840.0	200.00
<b>4- Bombas 1-2-5</b>	21096	\$ 2,974,536.0	255.00
<b>5- Bombas 3-4</b>	6624	\$ 933,984.0	264.00

*Valor kWh = \$ 141 (promedio año 2006)*

De lo anterior, se extrae que el flujo de agua que se está suministrando a la planta está entre 205 y 230 gpm, independiente de las combinaciones que se hagan, pero afectando significativamente el gasto energético (\$). Este valor de flujo es debido a que las 3 bombas al mismo tiempo no se pueden encender más de 30 minutos, ya que hay problemas en la parte eléctrica de la empresa.

La práctica normal que se tiene para mantener en operación a las bombas, consiste en mantener la bomba 1 siempre encendida y alternar las bombas 2 y 5 y además, no se tiene periodicidad en el cambio. Esta práctica normal se debe a la creencia de que la bomba 1 era la de mayor flujo y por tal razón

debía estar siempre encendida, pero es evidente que no es la de mayor flujo y que se consigue prácticamente lo mismo, con cualquier combinación.

#### 4.5 FLUJO DE CALOR

Teniendo el flujo de calor que se le está extrayendo actualmente al sistema de enfriamiento y las recomendaciones de los fabricantes, temperatura de entrada del agua a las máquinas, diferencia de temperatura alcanzada en los intercambiadores de calor y el flujo de agua a manejar, se calculó el flujo de calor que se le debe extraer a cada máquina y se comparó con el actual para determinar como anda el sistema. (Ver tabla 18)

Donde se observa la gran diferencia que hay entre lo que actualmente el sistema de enfriamiento extrae y lo que debería extraer para que las máquinas funcionen en condiciones óptimas.

Calculando la eficiencia del sistema:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{\text{Actual}}}{\dot{Q}_{\text{Requerido}}} \times 100\% = \frac{122.2 \text{ kW}}{708.7 \text{ kW}} \times 100\% \Rightarrow \eta = 17.24 \%$$

Queda demostrado que el sistema de enfriamiento de la empresa DANA Transejes Colombia, está en pésimas condiciones de funcionamiento.

Tabla 18. Flujo de calor actual y flujo de calor calculado con los parámetros recomendados

Máquinas que conforman el sistema de enfriamiento	Calor disipado actual	Calor que debe disipar
	kW	kW
EFD (Agua temple)	11.37	183.86
EFD (Sistema eléctrico)	11.02	19.70
FDF (Agua temple)	30.15	183.86
FDF (Sistema eléctrico)	8.20	19.70
Tocco 1 (Agua temple)	13.74	78.80
Tocco 1 (Sistema eléctrico)	22.38	19.70
Torno Detroit	1.51	19.70
Torno Dubied	0.50	13.13
Centradora TCT	0.54	19.70
Horno de cementación	5.00	10.51
Generador de gas RX	1.80	18.39
Secador del compresor	3.01	12.61
Rectificadora Ex-cell-O	1.42	11.82
Rectificadora Cincinnati	1.13	11.82
Rectificadora SI-4A	0.17	11.82
Máquina de vida	10.51	73.55
<b>Total</b>	<b>122.4</b>	<b>708.7</b>

## 4.6 OTROS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL SISTEMA

### 4.6.1 Contaminación del agua de enfriamiento

Todo sistema de enfriamiento por medio evaporativo, entre las que se encuentran las torres de enfriamiento, se contaminan fácilmente por el contacto del agua con el aire, además, como es sabido el agua en estado

natural no está completamente pura (ver tabla 19), lo que permite la formación de lodos, incrustaciones, taponamiento, crecimiento de algas y hongos. Estos últimos permitiendo el origen de enfermedades.

En un sistema de enfriamiento la suciedad es un factor muy crítico. La contaminación origina problemas que afectan directamente la capacidad de enfriamiento de los equipos. La mala calidad del agua de enfriamiento disminuye la capacidad calorífica ( $C_p$ ) de la misma, reduce considerablemente la eficiencia de los intercambiadores de calor (taponamiento de tuberías o placas y aumento del factor de ensuciamiento), causa disminución en la eficiencia de la torre de enfriamiento (taponamiento del relleno, rociadores y paneles eliminadores de gotas), también ocasiona rotura de sellos de las bombas centrífugas: fugas de agua y bajo rendimiento; por estos y otros problemas que se generan, la disipación de calor en todo el sistema disminuye, por lo que se debe dar mayor importancia al tema para evitar complicaciones graves.

Tabla 19. Impurezas más comunes en el agua<sup>8</sup>

<b>Constituyentes</b>	<b>Dificultad que causa</b>
Hierro	Fuente de depósitos en tuberías
Oxígeno	Oxidación en tuberías (Hierro y acero)
Sulfuro de hidrógeno	Corrosión
Sólidos disueltos	Elevada concentración de sólidos son indeseables debido que originan

---

<sup>8</sup> Tomado de la página web: <http://www.quiminet.com.mx>

	formación de lodos
Sólidos suspendidos	Originan depósitos en equipos (torre de enfriamiento, intercambiadores de calor, bombas centrífugas) y tuberías ocasionando formación de lodos e incrustaciones
Microorganismos (Algas, limo y hongos)	Formación de adherencias, suciedad biológica (Enfermedades), corrosión y olores desagradables
Dureza	Fuente principal de incrustaciones en tuberías
Bióxido de carbono	Corrosión en las líneas de agua
Sulfatos	Aumenta el contenido de sólidos en el agua. Se combina con el calcio para formar sales incrustantes
Sílice	Incrustaciones

El agua del sistema de enfriamiento de la planta se encuentra en condiciones muy críticas, dentro de las inspecciones visuales que se realizaron durante el análisis, se encontraron partículas y restos orgánicos: Insectos, pedazos de cartón, madera, plástico y limo, sumado a eso agentes biológicos (Algas y hongos). La figura 24, hace evidente la situación planteada.

Figura 24. Muestra de ensuciamiento del agua de enfriamiento



a. Tanque de agua fría



b. Mangueras de un intercambiador  
[Taponadas y gastadas]

#### 4.6.2 Pérdida de agua en el sistema por falla del sistema eléctrico

Aparte del agua que se pierde por fugas presentes en el sistema, también hay pérdida significativa, cuando se presentan interrupciones del fluido eléctrico en la planta. El proceso de carburización genera altas temperaturas en los componentes internos del horno de cementación, por tal motivo, cuando falla el sistema eléctrico en la planta (se apaga el horno y las bombas centrífugas del sistema de enfriamiento), es necesario continuar con el enfriamiento en el horno, de no ser así se corre el riesgo de agrietamiento y torcedura de las aspas del agitador de la cámara de cementación.

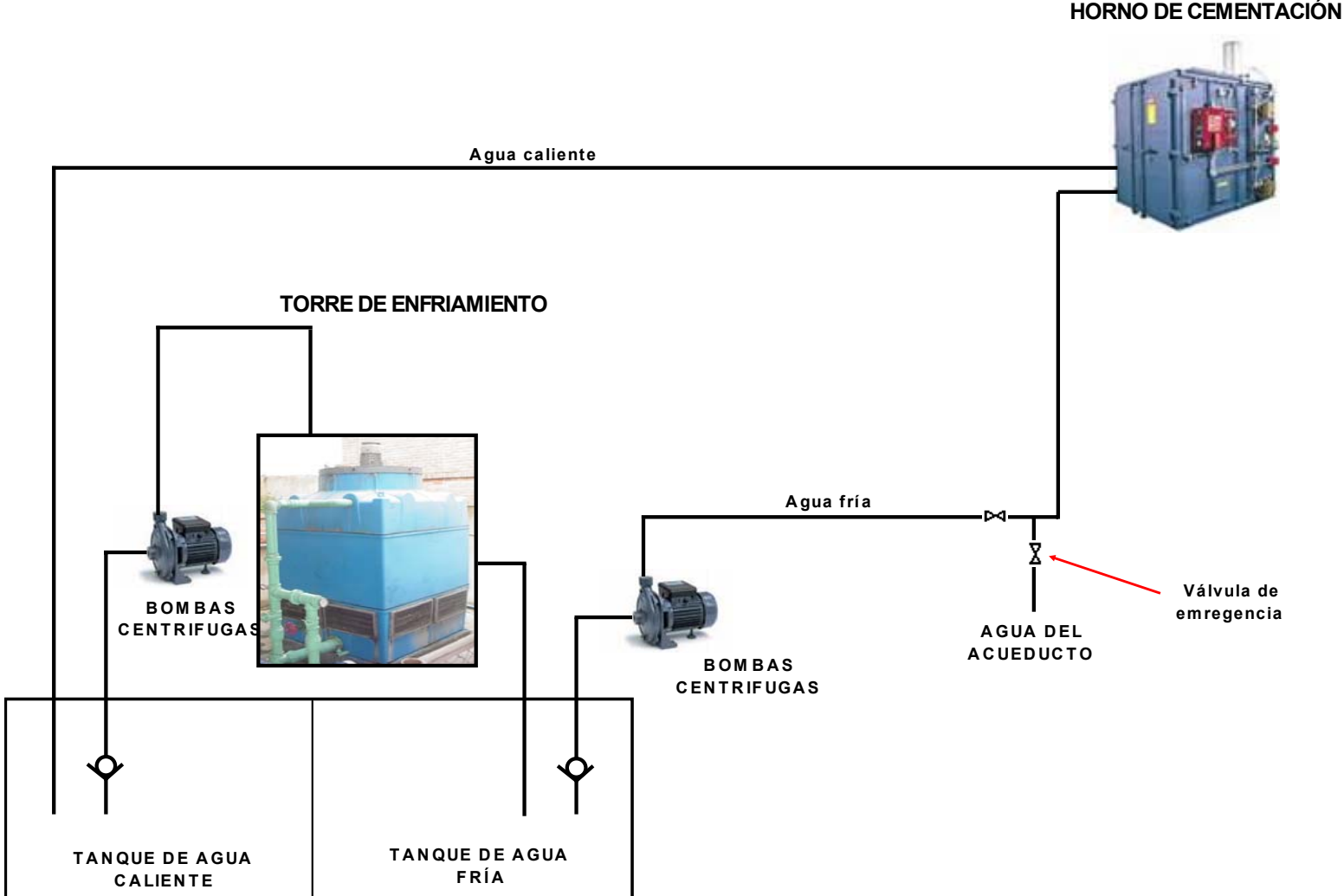
Para proteger al horno se diseñó un circuito emergente, que consiste en lo siguiente: Se instaló una válvula de paso que conecta el sistema de enfriamiento con la tubería del sistema de acueducto, de tal forma, que cuando el sistema eléctrico falla, el horno enciende una alarma sonora y manualmente se abre la válvula, la cual del agua del sistema de acueducto hacia el sistema de enfriamiento. Pero, este sistema tiene dos consecuencias:

- 1) Pérdida de agua del acueducto, que retorna al tanque de agua caliente del sistema, representando pérdidas económicas (\$).
- 2) Pérdida del agua de enfriamiento que se encuentra circulando en el sistema, ya que no hay una válvula que impida el paso de agua hacia los tanques, a este problema se le suma la capacidad volumétrica que poseen dichos tanques, 30 m<sup>3</sup> entre los dos tanques (agua fría y caliente), lo que provoca que todo el agua que retorna se rebosa, creando charcas en el área, ya que el volumen de agua contenida en las tuberías del sistema es de 48 m<sup>3</sup>, perdiéndose de esta manera aproximadamente 20 m<sup>3</sup> de agua (cantidad de agua que se alcanza cuando la falla del sistema eléctrico supera las 2 horas).

En el capítulo de recomendaciones se plantea una solución viable para evitar dicha pérdida. En la figura 25, se muestra un esquema que representa el circuito que actualmente está en funcionamiento en el sistema.

Durante el estudio hubo tres interrupciones relativamente largas (aprox. de 3 horas) lo que se evidenció en el estadístico realizado en el consumo de agua en la zona torre de enfriamiento. Teniendo en cuenta que el m<sup>3</sup> de agua tiene un costo de \$1.752,00 y en promedio hay 8 interrupciones del fluido eléctrico en el año (dato suministrado por el área de mantenimiento), en total se pierden 160 m<sup>3</sup> de agua lo que representa un valor de \$280.320,00 al año, pérdidas del precioso líquido y charcas en la zona obstaculizando la entrada al área.

Figura 25. Circuito actual de enfriamiento emergente para el horno



#### 4.6.3 Control del nivel de agua en los tanques

Otro problema notable que se presenta en el sistema de enfriamiento, es el rebose de agua que se presenta desde el tanque de agua caliente hacia el tanque de agua fría, figura 26. Este tiene como consecuencia el calentamiento del agua fría que sale de la torre de enfriamiento y se dirige hacia el sistema. Durante el estadístico de temperatura de la zona torre, se notó que el agua enfriada por la torre se alcanza a subir 1°C, antes de ser impulsadas por las bombas centrífugas hacia la planta.

Los sistemas de enfriamiento se diseñan para que ocurra lo contrario, rebose del agua fría hacia el agua caliente para alcanzar una disminución en la temperatura del agua que entra a la torre de enfriamiento y así obtener agua más fría durante el paso por la torre.

Figura 26. Rebose entre los tanques de agua



Las posibles causas del problema pueden ser las siguientes:

- ✓ Capacidad volumétrica de los tanques de agua por debajo de la requerida por el sistema.
- ✓ Sistema de control de nivel del agua dañado (Flotadores y válvulas de bola).
- ✓ Problemas en las bombas centrífugas 3 y 4 (entrada torre de enfriamiento), en varias ocasiones hubo la necesidad de resetearlas por bajo de flujo. Este no se medía con flujómetro, pero visualmente se notaba a la salida de la torre cuando se revisaba con previo aviso de las alarmas de algunas máquinas.

## CONCLUSIONES

✚ Las consideraciones de diseño y selección de los equipos fueron adecuadas para las condiciones de la planta hace 20 años. Pero la empresa ha crecido y es probable que el sistema no sea capaz de brindar servicio a todas las máquinas que se han agregado desde entonces.

✚ La torre de enfriamiento se encuentra en buen estado operacional, un mantenimiento riguroso y un monitoreo adecuado son los dos ingredientes que le hacen falta para quedar en condiciones óptimas de operación. Sin embargo, la torre no alcanza abastecer todo el sistema de enfriamiento, debido a la recarga de equipos; por lo tanto el sistema necesita de otro equipo de enfriamiento en paralelo a la torre actual para su buen funcionamiento.

✚ Se determinaron los requerimientos actuales mediante mediciones de flujo, presión y temperatura, lo que da criterio para seleccionar los equipos adecuados y aprovechar los existentes en su capacidad máxima.

✚ En el sistema de enfriamiento de la planta de producción es necesario utilizar un equipo de enfriamiento diferente a la torre, puesto que algunas máquinas se requiere una temperatura de entrada del agua de 25°C, la cual en horas críticas (10:00 a.m. a 3:00 p.m.) y en ciertas épocas del año no se logra por la restricción que se tiene por parte de la temperatura de bulbo húmedo.

✚ Para cualquier sistema en general, cuando se tenga previsto realizar cambios no programados en el diseño, es conveniente realizar un estudio antes de, evaluando los inconvenientes a presentarse y evitando cometer

errores que afectarán más adelante el mismo. Así se evitan pérdidas energéticas y gastos económicos.

✚ El software EPANET es muy útil para verificar el funcionamiento de una red hidráulica, por tanto se recomienda antes de realizar cambios en la red simular el sistema y analizar que implicaciones se obtienen con dichos cambios, de esta manera se evita un mal funcionamiento luego de realizar los cambios físicos.

✚ Una manera adecuada e inteligente de mantener los equipos que intervienen en el sistema de enfriamiento en condiciones adecuadas de operación, es mantener el agua en condiciones óptimas para los equipos, es decir, libre de contaminante físicos (arena, plásticos, maderas, etc.), contaminantes químicos y biológicos (hongos, algas, bacterias, etc.), utilizando filtros no solo en las máquinas, sino en tramos principales de la red y realizando limpiezas con químicos, de esta manera aumenta el tiempo de mantenimiento de los equipos y se evitan propagaciones de enfermedades.

✚ Aunque las bombas centrífugas existentes poseen la capacidad de impulsar más fluido hacia la planta, éstas poseen inadecuadas instalaciones de tuberías y además difieren en las características operacionales (flujo y cabeza), lo que implica que cuando están varias en operación una dificulta el funcionamiento de la otra y el flujo resultante no será la suma de las bombas en operación, sino mucho menos de los esperado.

## RECOMENDACIONES

**1. Recomendaciones referentes al equipo de enfriamiento.** Con base en los cálculos y al diagnóstico presentado anteriormente, a continuación se presentan varias alternativas para la selección y distribución de los equipos de enfriamiento. Las alternativas están expuestas para darle solución total y no parcial a los problemas del sistema de enfriamiento.

Debido a que la mayoría de las alternativas contemplan la torre de enfriamiento actual, a continuación se presentan con detalles las nuevas condiciones de operación. Para los nuevos parámetros se utilizó la nueva curva de comportamiento y la temperatura de bulbo húmedo calculada.

### **Pasos realizados para obtener los nuevos parámetros:**

1. Se asume un flujo de agua a enfriar, teniendo la precaución que no se salga del rango de la curva de comportamiento,  $95.5 \text{ m}^3/\text{h}$  (420 gpm), valor asumido. Se traza una línea vertical hasta cortar la curva. Luego a partir de ese punto, que lo llamaremos punto 1, se traza otra línea horizontal hasta la zona de las curvas de los rangos. Se prosigue al paso siguiente.
2. Se asume una temperatura de agua caliente, esta debe ir acorde a los requerimientos del sistema, para el caso del sistema de la planta de la empresa,  $33^\circ\text{C}$ . Se ubica la curva correspondiente a esta temperatura y se busca el punto de corte con la línea de  $T_{wb}$ ,  $25.4^\circ\text{C}$ , encontrando el punto 2.

Es preciso mencionar que la temperatura de agua caliente no debe de exceder los 34°C aproximadamente, puesto que de ser así, el rango se aumenta y por tanto la temperatura de agua fría sería elevada (recordando  $\text{Rango} = T_1 - T_2$ ) resultando en condiciones no aptas para los procesos de la planta.

3. Luego, se traza una línea vertical a partir del punto 2 y donde se corta con la línea horizontal trazada en el paso 1, encontramos el rango de operación, 5°C, denominado punto 3. En la figura 27, se indica cada uno de los pasos.

4. Por último realizar el calculo  $T_1 - \text{Rango}$ , para encontrar la temperatura del agua fría que se espera,  $T_2 = 28^\circ\text{C}$ .

Resumiendo, la torre de enfriamiento de la planta opera con un buen rendimiento con los siguientes parámetros:

Flujo de agua a enfriar: 95.5 m<sup>3</sup>/h (420.0 gpm)

$T_{\text{amb}} = 32.0^\circ\text{C}$  (89.6°F)                       $T_{\text{wb}} = 25.4^\circ\text{C}$  (77.7°F)

$T_1 = 33.0^\circ\text{C}$  (91.4°F)                       $\text{Rango} = 5.0^\circ\text{C}$  (9.0°F)

$T_2 = 28.0^\circ\text{C}$  (82.4°F)                       $\text{Apróx} = 2.6^\circ\text{C}$  (4.7°F)

**Clasificación de las máquinas según la temperatura requerida para el agua de entrada.** En ciertas épocas del año y a ciertas horas del día (a las que le se denomina horas críticas, las cuales están comprendidas entre las 10:00 a.m. y 3:00 p.m.), con la torre de enfriamiento no es posible obtener agua a una temperatura de 25°C requerida para ciertas máquinas, debido a la temperatura de bulbo húmedo, 25.4°C, por lo tanto el sistema se dividió en dos grupos de máquinas:

**Grupo A (Máquinas que requieren una temperatura del agua de entrada de 25°C).** Sistema de enfriamiento del refrigerante (hidrotemple) de las

máquinas de temple: FDF, EFD, Tocco 1 y Tocco 2 (Nueva). Los parámetros de operación son:

Flujo agua de enfriamiento: 114.0 m<sup>3</sup>/h (500 gpm)

T<sub>out</sub> máquinas: 28.0°C (82.4°F)

Para este grupo se requiere otro equipo de enfriamiento, el cual puede ser el chiller.

**Grupo B (Máquinas que requieren una temperatura del agua de entrada diferente de 25°C)** Sistema eléctrico (Generador y transformadores) de las máquinas de temple y resto de máquinas, en este grupo se incluye la nueva máquina de torques. Éstas requieren los siguientes parámetros de operación:

Flujo de agua de enfriamiento: 68.0 m<sup>3</sup>/h (300.0 gpm)

T<sub>in</sub> máquinas: 30.0°C (86.0°F)

T<sub>out</sub> máquinas: 34.0°C (94.1°F)

Los requerimientos de este grupo permiten utilizar la torre de enfriamiento actual.

Para todo el sistema (Grupo A + Grupo B) las condiciones son:

Flujo de agua de enfriamiento: 181.01 m<sup>3</sup>/h (Aprox. 800.0 gpm)

T<sub>in</sub> máquinas: 27.0°C (86.0°F)

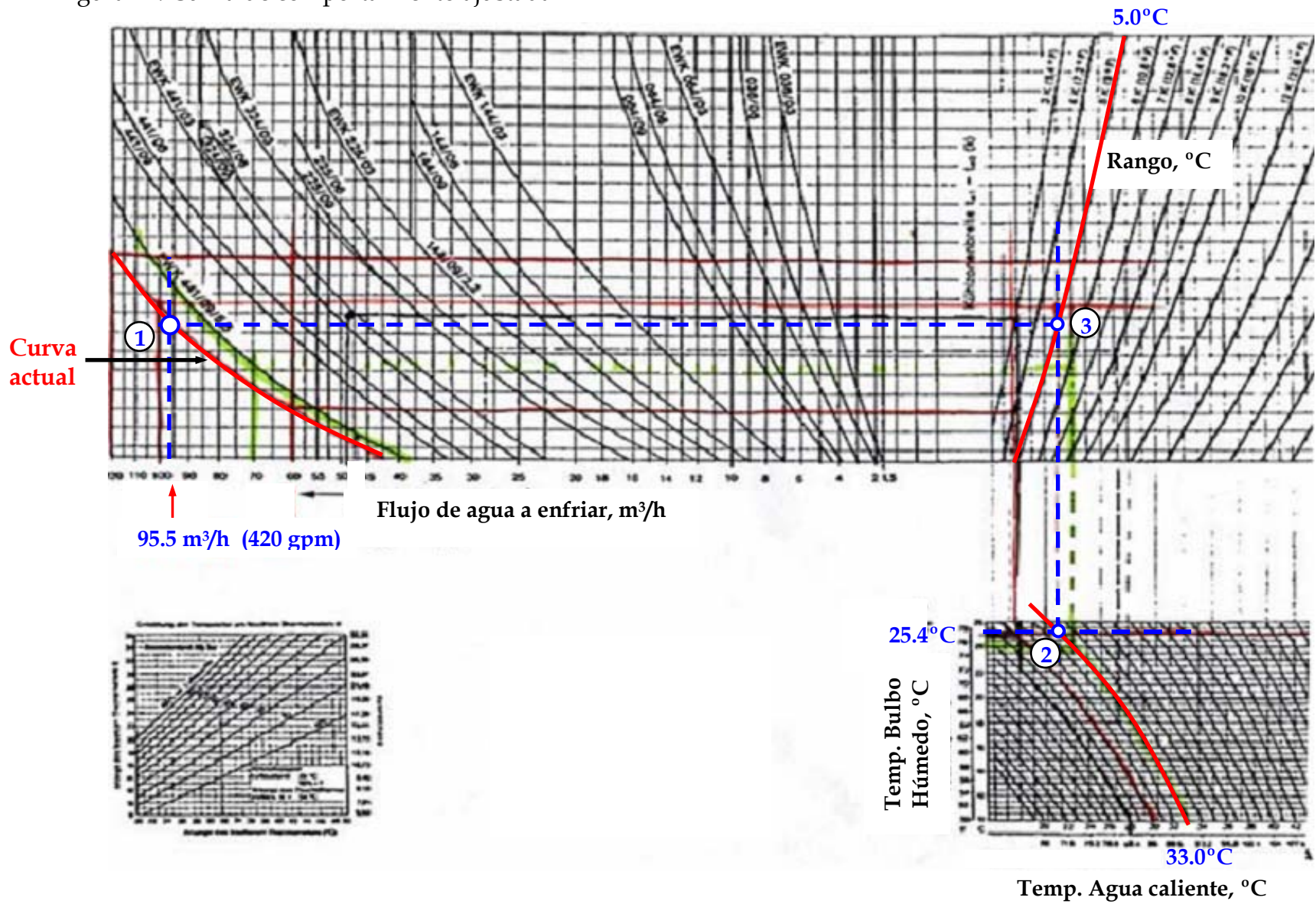
T<sub>out</sub> máquinas: 31.0°C (94.1°F)

Este último es para el caso dado que no se separen las máquinas y se deje el sistema actual. Más adelante se darán ventajas y desventajas.

La temperatura del agua (T<sub>in</sub> y T<sub>out</sub>), fueron calculadas con la siguiente

fórmula: 
$$T = \frac{\sum T_{out} \times Q_{Re q}}{Q_{Total Re q}}$$

Figura 27. Curva de comportamiento ajustada



A continuación se mencionan las cinco alternativas propuestas para el equipo de enfriamiento:

▪ **Alternativa 1.**

Una nueva torre de enfriamiento para todo el sistema (grupo A + grupo B), figura 28.

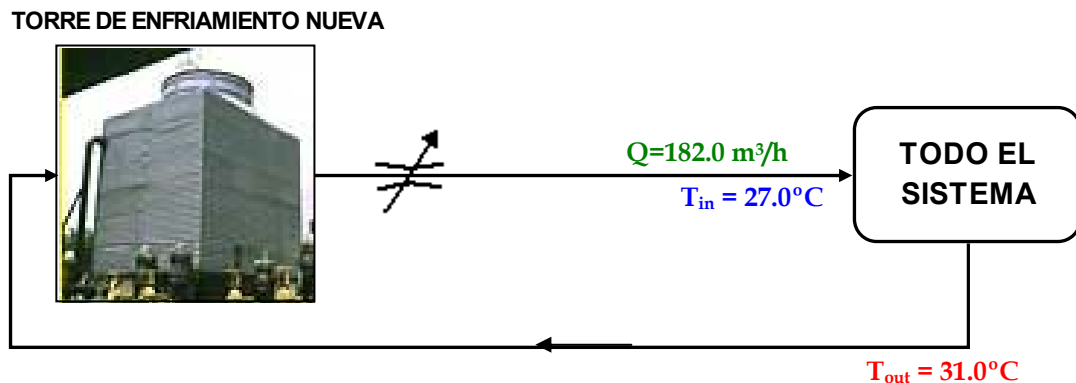
Parámetros de selección de la nueva torre de enfriamiento:

Flujo de agua a enfriar: 181.7 m<sup>3</sup>/h (800 gpm).

T<sub>1</sub> Equivalente: 31.0°C (87.8°F)

T<sub>2</sub> Equivalente: 27.0°C (80.6°F)

Figura 28. Alternativa 1



○ **Ventajas:**

- ✓ Se tiene una sola red de tubería para todas las máquinas.
- ✓ El consumo de energía eléctrica es baja a comparación de otros sistemas donde se utiliza chiller.
- ✓ Torre de enfriamiento actual quedaría en reserva, para casos de emergencia o paros de la principal para obras de mantenimiento.

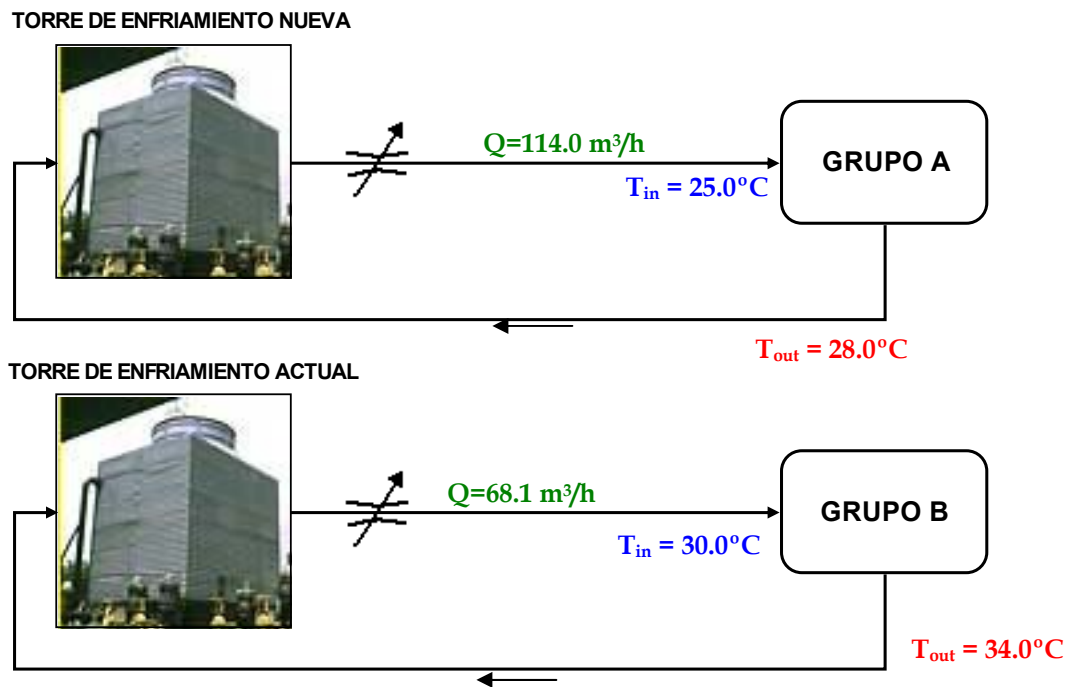
- **Desventajas:**

- ✓ Inversión alta
- ✓ En horas críticas se obtienen temperaturas inadecuadas para el sistema y podría haber problemas de enfriamiento.
- ✓ Cambio de toda la red de tuberías para manejar mayores flujos de agua.

- **Alternativa 2.**

Torre de enfriamiento actual para el grupo B e instalar una nueva torre de enfriamiento para el grupo A, figura 29.

Figura 29. Alternativa 2



- **Ventajas:**

- ✓ Utilización de la torre actual

- **Desventajas:**

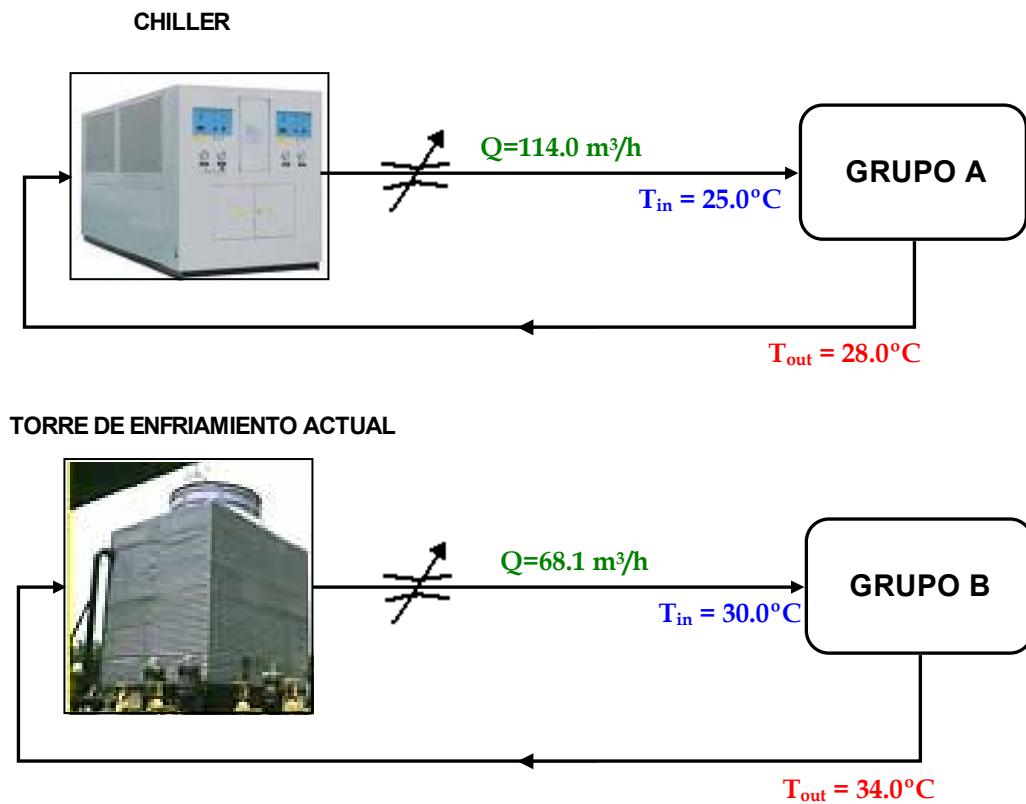
- ✓ En horas críticas no se pueden obtener temperaturas de  $25^\circ\text{C}$ , que podrías haber problemas de enfriamiento.

- ✓ Instalación de nueva red de tubería para las máquinas de temple.
- ✓ Crear nueva zona de bombeo
- ✓ Espacio amplio para ubicación de la nueva torre de enfriamiento

▪ **Alternativa 3.**

Torre de enfriamiento actual para el grupo B y un chiller para el grupo A, figura 30.

Figura 30. Alternativa 3

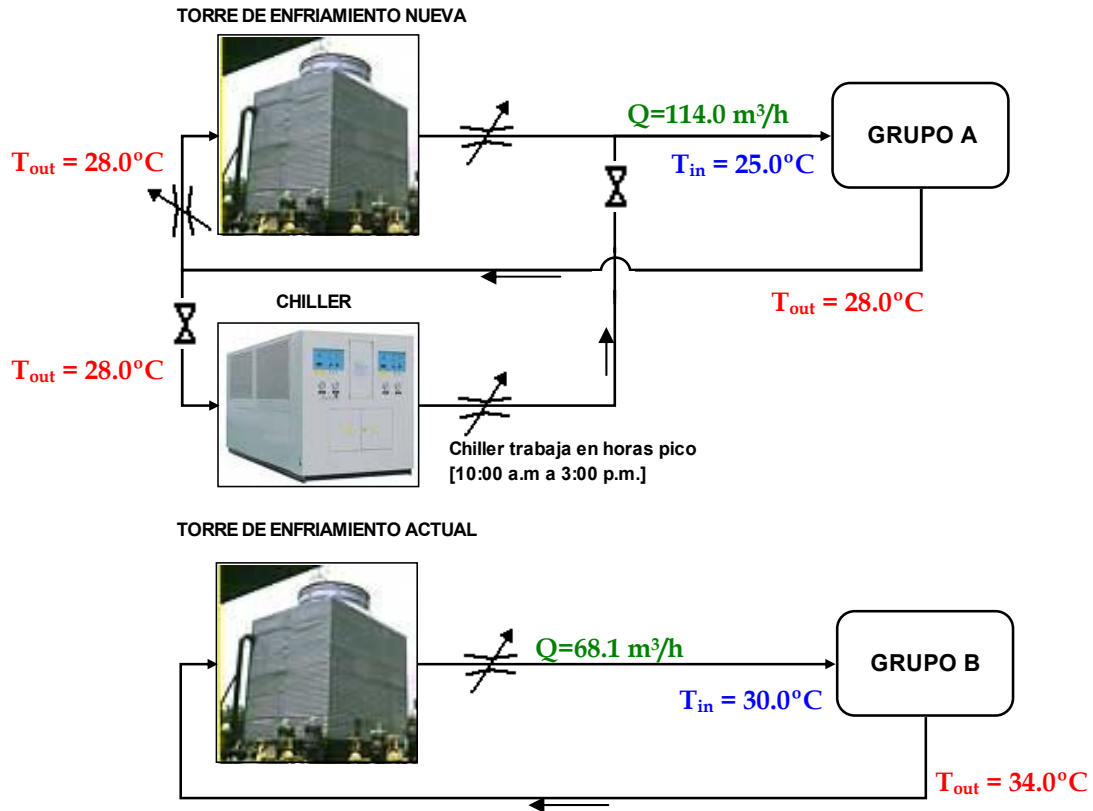


- **Ventajas:**
  - ✓ Se obtienen las temperaturas adecuadas en todas las horas del día.
- **Desventajas:**
  - ✓ Inversión alta
  - ✓ Consumo energético alto
  - ✓ Instalación de nueva red de tuberías para las máquinas de temple.

- **Alternativa 4.**

Torre de enfriamiento actual para el grupo B y una nueva torre de enfriamiento en paralelo con un chiller para el grupo A. El chiller solo entrará a funcionar en las horas críticas, ver figura 31.

Figura 31. Alternativa 4



- **Ventajas:**

- ✓ Se obtienen las temperaturas adecuadas en todas las horas del día, con un consumo energético.

- **Desventajas:**

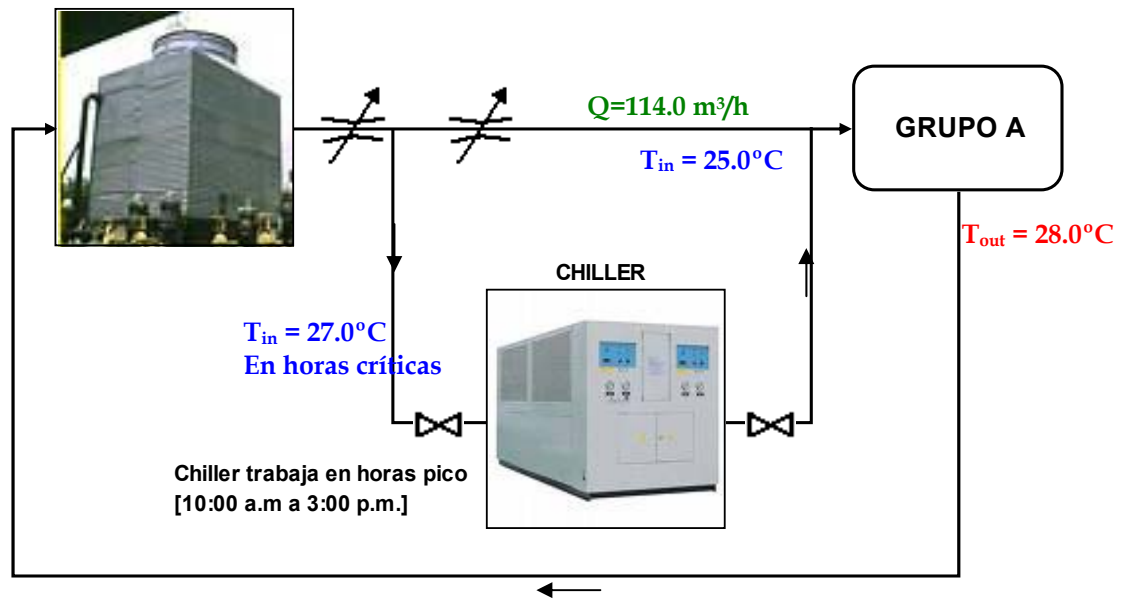
- ✓ Inversión alta
- ✓ Se necesita un control para entrar y sacar del sistema el chiller y así ahorrar energía.

- **Alternativa 5.**

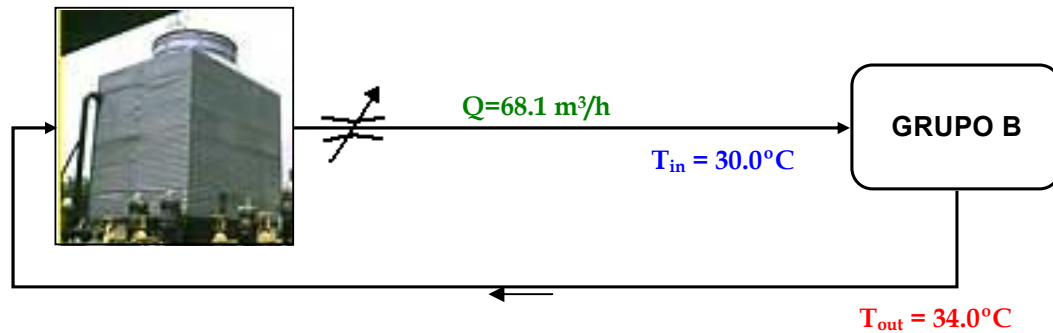
Torre de enfriamiento actual para el grupo B y una nueva torre de enfriamiento con un chiller en serie para el grupo A. Chiller entra a funcionar en las horas críticas, expuestas anteriormente, ver figura 32.

Figura 32. Alternativa 5

**TORRE DE ENFRIAMIENTO NUEVA**



**TORRE DE ENFRIAMIENTO ACTUAL**



○ **Ventajas:**

✓ Se obtienen las ventajas de la alternativa 4, sumándole que el costo del chiller sería menor (menor flujo, temperatura de entrada del agua al chiller más baja). Lo que se refleja al momento de comprar el equipo.

○ **Desventajas:**

✓ Inversión alta

✓ Se necesita un control para entrar y sacar del sistema el chiller y así ahorrar energía.

De las cinco propuestas expuestas se recomienda la alternativa 5, puesto que satisface todas las necesidades que exigen las máquinas para su buen funcionamiento a cualquier hora del día. A diferencia de las dos primeras, con esta alternativa en las horas críticas el agua de enfriamiento alcanzará los 25°C que exigen las máquinas de temple. Con respecto a la tercera alternativa, en ésta se alcanza la temperatura en las horas críticas, pero el consumo energético del chiller es muy alto por estar encendido las 24 horas del día, por tal razón sigue siendo mejor la alternativa 5.

Por último, la alternativa 5 se diferencia de la alternativa 4, por el costo inicial del chiller. Las toneladas de calor del chiller serán menos, debido a que la temperatura de entrada del agua a enfriar es menor, porque ya ha pasado por la torre de enfriamiento, mientras que en el chiller de la alternativa 4 el agua a enfriar viene directamente de las máquinas, es decir  $\Delta T_5 < \Delta T_4$ .

Para la alternativa 5 recomendamos la torre de enfriamiento presentada en el anexo P, además al final del anexo de EPANET se adjunta los dos circuitos propuestos.

Para cumplir con las alternativas donde involucra la torre de enfriamiento actual, se hace necesario realizarle un plan de mantenimiento<sup>9</sup> que consiste en lo siguiente:

Revisión, limpieza, y cambio, en caso de ser necesario, de las siguientes piezas de la torre:

- ✓ Toberas de riego y sus accesorios
- ✓ Paneles eliminadores de gotas
- ✓ Paneles de relleno
- ✓ Persianas horizontales y verticales
- ✓ Empaques en V
- ✓ Tornillería inoxidable
- ✓ Soportería galvanizada
- ✓ Limpieza general de la torre

**2. Recomendaciones referentes a las bombas centrífugas.** La selección (flujo y altura manométrica total) y ubicación de las bombas centrífugas del sistema quedan atadas a la alternativa seleccionada por la empresa en cuanto a los equipos de enfriamiento. Dependiendo de esta se deben seleccionar y crear una o dos áreas de bombeo.

Para la alternativa 5 (recomendada), para la nueva torre de enfriamiento con el chiller en By-pass, se recomienda instalar un área de bombeo con los parámetros que aparecen en la tabla 20.

---

<sup>9</sup> Plan recomendado por: CONTECOL, Cra 7 N°33-19 OF 1702, Bogotá-Colombia.  
www.contecol.com

Tabla 20. Parámetros área de bombeo, Torre nueva -Grupo A

EQUIPOS	POTENCIA		Caudal		Presión
	kW	Hp	m <sup>3</sup> /h	gpm	Psi
Bombas (Agua planta)	17.0	22.8	114.0	500.0	80.0
Bombas (Gemela-Agua planta)	17.0	22.8	114.0	500.0	80.0
Bombas (Agua torre)	3.5	4.7	118.0	520.0	10.0
Bombas (Gemela-Agua torre)	3.5	4.7	118.0	520.0	10.0

Para la torre de enfriamiento actual ver la tabla 21.

Tabla 21. Parámetros área de bombeo, Grupo B

EQUIPOS	POTENCIA		Caudal		Presión
	kW	Hp	m <sup>3</sup> /h	gpm	Psi
Bombas (Agua planta)	15.0	20.1	95.5	420.0	80.0
Bombas (Gemela-Agua planta)	15.0	20.1	95.5	420.0	80.0
Bombas (Agua torre)	3.0	4.0	100.0	440.0	10.0
Bombas (Gemela-Agua torre)	3.0	4.0	100.0	440.0	10.0

Los valores recomendados en las tablas anteriores, fueron obtenidos de la tabla B-19a, CRANE<sup>10</sup>, ver anexo Q.

Las ecuaciones utilizadas por CRANE para realizar los cálculos son las siguientes:

$$\text{Potencia Teórica} = \frac{QH\rho}{6116 \times 10^3} = \frac{QP}{600} \text{ (kW)}$$

$$\text{Potencia al freno} = \frac{\text{Potencia Teórica}}{\text{Eficiencia de bomba}}$$

donde:

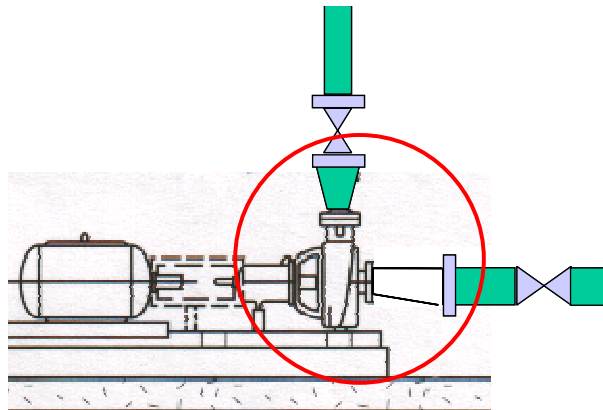
---

<sup>10</sup> CRANE, División de ingeniería, Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, McGraw-Hill, 1987. Apéndice B, B-31 p.

Q flujo, en lpm  
H altura de presión al bombeo, en m  
 $\rho$  densidad del líquido, en kg/m<sup>3</sup>

En el anexo R, se expone la curva de la bomba (tercera curva) que serviría para el sistema; para los casos deben instalarse 3 de ella en paralelo, dejando una en reserva, como se muestra en en el anexo de EPANET. En el momento de instalar las bombas, deben estar en conexiones de 45° entre ellas para disminuir pérdidas en las uniones de las tuberías (T`s y Y`s), instalar ampliaciones o reducciones tipo toberas, si es necesario, inmediatamente después o antes del orificio de descarga y succión y no como normalmente se viene haciendo, ver figura 33.

Figura 33. Montaje de ampliaciones y reducciones en bombas



Otra recomendación en cuanto a las bombas centrífugas consiste en encender periódicamente (semanal) las bombas gemelas para verificar su funcionamiento y evitar sorpresas en casos de emergencia.

**3. Recomendaciones referentes a la red de tuberías.** En cuando a la red de tuberías, como se mencionó en el capítulo 1, se deben realizar ciertos cambios de diámetros en las tuberías de algunas zonas, así se evita tener inconvenientes con los flujos de agua recomendados.

Los diámetros recomendados fueron seleccionados de la tabla B-11a del libro CRANE, pág. B-16, ver anexo S, verificando la velocidad del agua. Además la nueva red con los diámetros recomendados fue simulada en EPANET obteniendo los resultados presentados en la tabla 22. Con ambos criterios se asegura que no se presenten ruidos, corrosión y estanqueidad del agua dentro de la tubería.

Tabla 22. Diámetros recomendados para las tuberías de entrada y salida del agua a las máquinas con sus respectivas velocidades de flujo

Máquinas que conforman el sistema de enfriamiento	Diametro Actual	Velocidad Actual	Diámetro Recomendado	Velocidad Esperada
	Pulg	m/s	Pulg	m/s
EFD (Agua temple)	2	0.29	3	2.32
EFD (Sistema eléctrico)	2	0.52	1 1/4	1.63
FDF (Agua temple)	2	2.04	3	2.31
FDF (Sistema eléctrico)	1 1/2	1.44	1 1/2	1.20
Tocco 1 (Agua temple)	1 1/2	1.15	2	2.19
Tocco 1 (Sistema eléctrico)	1 1/2	1.15	1 1/2	1.20
Tocco 2 (Agua temple)	-	-	2	2.19
Tocco 2 (Sistema eléctrico)	-	-	1 1/2	1.20
Torno Detroit	1	1.02	1	1.70
Torno Dubied	1	0.06	1	1.13
Centradora TCT	1	0.06	1	1.70
Horno de cementación	1 1/4	0.48	1	1.13
Generador de gas RX	1 1/4	0.17	1	1.13
Secador del compresor	1 1/4	0.39	1	1.36
Rectificadora Ex-cell-O	1	0.51	1	1.70
Rectificadora Cincinnati	1	1.02	1	1.70
Rectificadora SI-4A	1/2	0.16	1	1.70
Máquina de vida	1 1/2	3/8	1 1/2	1.92
Máquina de torque	-	-	1 1/2	1.92

Partiendo de la recomendación 5, los diámetros de los tramos de tuberías y varias impresiones de pantalla de los circuitos propuesto se presentan en el anexo L, estos se obtuvieron utilizando EPANET.

Otra recomendación muy importante acerca de la red, consiste en colocar material aislante a las tuberías de agua fría, para evitar calentamiento del agua durante el recorrido por contacto directo con el aire ambiente, de esta manera garantizar que el agua de enfriamiento llegue a las máquinas con la misma temperatura de salida de la torre.

**4. Recomendaciones referentes a los intercambiadores de calor.** Realizar un mantenimiento riguroso en cada uno de ellos, (limpiar tuberías, placas, cambiar empaquetadura, medir presión de funcionamiento, etc), y en caso tal de daños severos, cambiar.

Los intercambiadores con mayores problemas de funcionamiento son los de las siguientes máquinas: EFD, Tocco 1, máquina de vida, TCT y Ex-Cell-O. Debido a que muchos intercambiadores de calor no están funcionando correctamente, recomendamos realizar un estudio más a fondo en los sistemas de las máquinas: Sistema hidráulico (flujo y presión de las bombas hidráulicas), sistema del hidrotemple (flujo y presión de las bombas centrífugas), sistema del agua para el generador y los transformadores (flujo y presión de las bombas centrífugas), para descartar problemas en las máquinas y no tener sorpresas cuando se hagan las mejoras en el sistema de enfriamiento.

**5. Recomendaciones para la instalación de instrumentación.** Para tener un mejor control en el sistema se hace indispensable la instalación de

instrumentos de medición de: Temperatura, presión, flujo de agua y velocidad (rpm). Con la única finalidad de llevar registros periódicamente del comportamiento del sistema y así prevenir daños en el mismo, en el producto y en las máquinas. Estos instrumentos deben de estar debidamente calibrados que garanticen mediciones confiables.

Se plantean dos alternativas de control que a continuación se presentan:

- **Control automático de las variables del sistema de enfriamiento.** El control consiste en mantener constante la diferencia de temperatura del agua de enfriamiento en cada una de las máquinas y la presión del agua en la red. Como se hace: Registrando periódicamente la temperatura ambiente, la temperatura de bulbo húmedo, los flujos de agua, presiones en diferentes puntos, las temperaturas de entrada y salida del agua de la torre de enfriamiento y máquinas y las temperaturas del líquido de intercambio (aceite, agua desmineralizada o refrigerante), cuando se produzcan variaciones, jugar con las variables aumentando o disminuyendo el flujo de agua dependiendo del caso, ya sea con las reguladoras de flujo o con la velocidad de giro del motor de las bombas, para lograr la disipación de calor correspondiente en cada una de las máquinas.

También es útil para alarmar problemas de taponamiento y obstrucciones de tuberías e intercambiadores de calor por medio del sensado de la presión.

Cuando se requiere ahorro de energía en el sistema, se puede realizar de dos maneras:

1. Disminuyendo el flujo de agua en las horas no críticas, de tal manera que los equipos trabajen con la carga exigida por el sistema y no con la carga máxima, como está ocurriendo en la actualidad.

2. Variando las rpm del motor del ventilador de las torres en las horas no críticas para que el flujo de aire sea menor y de esta forma disminuir el consumo de potencia por parte del mismo.

Para dicho control se necesita instalar los siguientes instrumentos:

- ✓ Termocuplas
- ✓ Presóstatos
- ✓ Válvulas reguladoras de flujo
- ✓ Flujómetros
- ✓ Variadores de velocidad en las bombas centrífugas
- ✓ Variador de velocidad al motor del ventilador de la torre de enfriamiento.

La cantidad de instrumentos depende de la precisión que se requiera.

La inversión inicial de este control es alta, puesto que se necesitan medidores con alto grado de complejidad y equipos de almacenamiento y procesamiento de datos (autómatas), pero se asegura un control del sistema con mayor precisión y un ahorro energético representado en un ahorro económico de la empresa a largo plazo.

▪ **Control manual.** Si no se llega a considerar la primera alternativa, se recomienda de todos modos en segunda instancia, colocar termómetros, manómetros, válvulas reguladoras de flujo de tipo manual y flujómetros. Las válvulas reguladoras de flujo, colocarlas en puntos estratégicos para asegurar el flujo necesario para cada tramo de la red.

Sumado a esto, diseñar un programa de revisión periódica (Fichas de inspección y fichas de servicio), que contenga todas las especificaciones del

sistema por máquinas, sus respectivas acciones y recomendaciones en caso tal ocurran anomalías, para llevar un mejor control del sistema. El programa debe contener los valores correspondientes de: Temperatura de entrada y salida del agua, flujo y presión de todas las máquinas y puntos principales del sistema.

También agregar en la bitácora de la torre de enfriamiento el registro diario de la temperatura de bulbo húmedo o humedad relativa y la temperatura ambiente, para realizar evaluaciones periódicamente.

**6. Recomendaciones referentes a la contaminación del agua.** En cuanto al problema de contaminación del agua, se recomienda las siguientes actividades:

- ✓ Purga de todo el sistema, renovar toda el agua de enfriamiento.
- ✓ Limpiar todos los filtros existentes en el sistema.
- ✓ Realizar el mantenimiento de la torre de enfriamiento.
- ✓ Limpiar los tanques de agua caliente y agua fría. Remover lodos y partículas presentes en el fondo de estos.
- ✓ Instalar un filtro en la tubería principal de agua fría para eliminar el polvo y demás partículas dentro del sistema. Según proveedores este se coloca en un by-pass y solo se filtra el 2% del agua que pasa por la tubería.
- ✓ Realizar trimestralmente análisis químico y físico del agua de enfriamiento y realizar tratamientos con productos químicos, para evitar el crecimiento de algas, hongos y bacterias, de esta manera evitar enfermedades y alergias.

**7. Recomendaciones referentes a la pérdida de agua cuando se presentan fallas en el sistema eléctrico.** Para eliminar este problema se recomienda los siguientes cambios en el sistema:

a. Colocar una electroválvula normalmente cerrada en la línea de retorno del agua de todo el sistema, de tal forma, que cuando falle el sistema eléctrico en la planta se cierre y evite que el agua retorne al tanque.

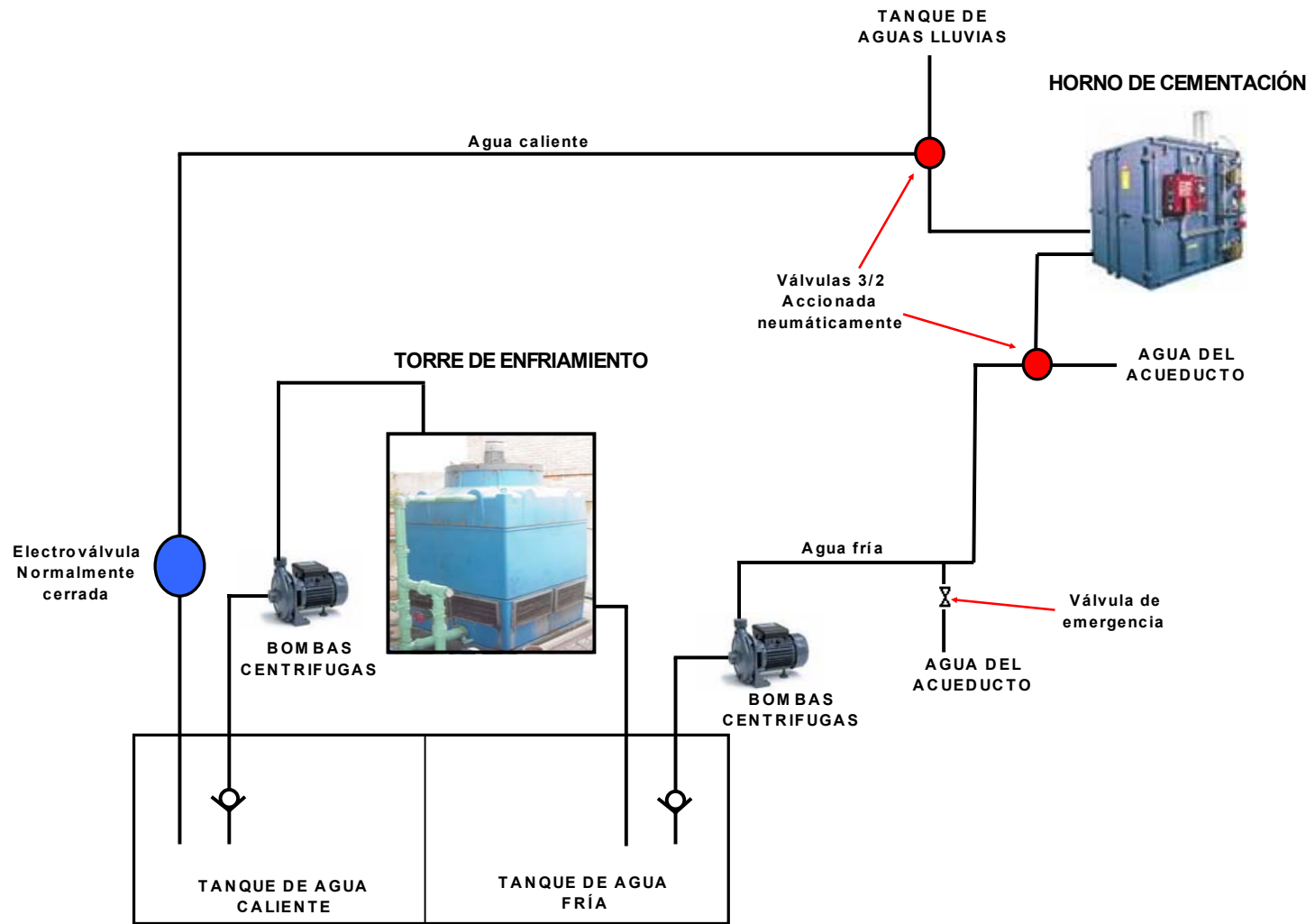
b. Para continuar con el enfriamiento del horno, colocar dos válvulas accionadas neumáticamente, una a la entrada y la otra a la salida del agua de enfriamiento del horno, ambas conectadas al sistema de enfriamiento y al sistema de agua del acueducto. Puesto que el sistema de aire comprimido de la planta es de funcionamiento eléctrico, cuando haya fallas en el sistema eléctrico, las válvulas cambiarán de posición permitiendo que el horno siga el proceso de enfriamiento con el agua del acueducto. El agua del acueducto entrante se evacua hacia el tanque de aguas lluvia existente en la empresa, evitando que haya pérdida de agua del acueducto. Ver figura 34, para mayor entendimiento.

## **8. Otras recomendaciones**

- o Apagar la torre de enfriamiento durante los días que no van a trabajar las máquinas que pertenecen al sistema de enfriamiento.
- o Controlar el nivel de agua en los tanques de agua fría y agua caliente todos los días. Tratar en lo posible haya rebose del tanque de agua fría al tanque de agua caliente, para tener ganancias en la torre.

- Mantener limpia la zona donde se encuentra ubicada la torre de enfriamiento, de esta manera se evita que no haya obstáculos en el flujo de aire que entra por las persianas.

Figura 34. Circuito recomendado para el enfriamiento emergente del Horno de Cementación



## BIBLIOGRAFÍA

1. **CRANE, División de Ingeniería.** Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. Mc. Graw Hill, 1987.
  
2. **CTI Bibliography of Technical Papers - Tower Testing. Cooling Technology Institute (antes Cooling Tower Institute).**  
[http://www.cti.org/tech\\_papers/tower\\_testing.shtml](http://www.cti.org/tech_papers/tower_testing.shtml)
  - TP63-04 Water Flow Measurement in Field Tests of Cooling Towers (TP-3A)
  - TP77-11 Field Examination of Cooling Tower Testing Methodology (TP-163A)
  - TP77-12 CTI Water Cooling Tower Thermal Performance - Testing Procedures and Instrumentations (TP-174A)
  - TP81-10 Fluid Flow Measurement and Energy Savings (TP-227A)
  - TP81-11 Evaluation of Cooling Tower Test Accuracy (TP-235A)
  - TP84-15 Examination of Cooling Tower Air Flow Measurement Techniques and Their Utility in Cooling Tower Performance Determinations
  
3. **Pagina Web de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía - México.**  
<http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE>
  
4. **HOLMAN, J. P. Heat Transfer.** Singapore: Mc. Graw Hill. 1992. 736 p.

5. **INCROPERA, Frank P. y DeWitt, David P.** Fundamentos de Transferencia de Calor. México: Prentice Hall, 1999. 912 p.
6. **EPA, Environmental Protection Agency,** [www.epanet.com](http://www.epanet.com) Software technology, news, and collaboration for the water distribution modeling industry. USA 2007.
7. **D'CROZ, Nestor Raul.** Guía para el curso de Transferencia de Calor 1. Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander, Colombia, 1987. 85 p.
8. **MARADEY, Juan Francisco.** Termodinámica Aplicada. Colombia: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander, Colombia, 2002. 131 p.
9. **KING, Horance Williams.** Manual de hidráulica. México: Limusa Editores, 1995.

## **ANEXOS**

**ANEXO A. CARTA DE APROBACIÓN DEL PLAN DE  
PROYECTO**



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Bucaramanga, 23 de febrero de 2007

Señores  
JEISSON RENE PEREZ GIL  
RAYNER MOLINA GONZALEZ

El Comité de Trabajos de Grado de la Carrera de Ingeniería Mecánica, se permite informarle(s) que en reunión del 20 de febrero estudió su plan de proyecto de grado propuesto, titulado:

"EVALUACION ENERGETICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA DE PRODUCCION EN DANA TRANSEJES COLOMBIA."

Requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico, el cual fue aprobado.

El profesor Omar Armando Gelvez A. fue aceptado como director de su trabajo de grado.

Cordial Saludo,

ROMULO NIÑO DELGADO  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica

Copia: Prof. Omar Armando Gelvez A.  
Sonia A.

## **ANEXO B. CARTA AL COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO**

Bucaramanga, Agosto 07 de 2007

Señores

**COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO**

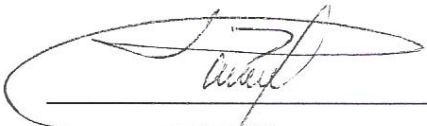
Escuela de Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Apreciados señores

En vista de que se han cumplido todos los objetivos planteados, hago entrega del trabajo de grado titulado **“EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN EN DANA TRANSEJES COLOMBIA”**, elaborado por los estudiantes **Rayner Molina González** Código 2012267 y **Jeisson René Pére Gil** Código 2012275, para su respectiva sustentación y calificación.

Atentamente,



**OMAR A. GÉLVEZ AROCHA**  
Director del Trabajo de Grado

**ANEXO C. CARTA DE CONFORMIDAD DE DANA  
TRANSEJES COLOMBIA**



TRANSEJES COLOMBIA

Bucaramanga, 05 de Septiembre de 2007

Señores:

**COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO**

Escuela de Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Por medio de la presente, manifiesto el conocimiento y aprobación de todos los planes ejecutados en el desarrollo del proyecto titulado: "Evaluación energética y operacional del sistema de enfriamiento de la planta de producción en **DANA Transejes Colombia**", realizado por los estudiantes en práctica, **RAYNER MOLINA G. y JEISSON RENÉ PÉREZ G.**, quienes lideraron el desarrollo de todas las etapas del proyecto, alcanzando los objetivos trazados de forma exitosa, y resultados muy favorables para la organización.

Cordialmente,

**Ing. FABIO A. GONZÁLEZ**

Gerente de planta, DANA Transejes Colombia

*Gente Encontrando la Mejor Solución®*

**INDUSTRIA DE EJES Y TRANSMISIONES S.A. - Nit.: 890.203.803-9**

ZONA INDUSTRIAL GIRON - TEL: (57) (7) 6468288 - FAX: (57) (7) 6467192 - FAX: 01 8000 117790 - BUCARAMANGA, COLOMBIA  
SERVICIO AL CLIENTE: 01-8000-117444 - INTERNET: [www.transejes.com](http://www.transejes.com)

## **ANEXO D. GLOSARIO**

## GLOSARIO

**Agua de reposición:** Agua suministrada a la torre de enfriamiento debido a la pérdida de la misma por evaporación y/o fugas en el sistema.

**Calor:** Forma de energía asociada al movimiento de los átomos, moléculas y otras partículas que forman la materia. El calor puede ser generado por reacciones químicas, nucleares, disipación electromagnética o por disipación mecánica. Su concepto está ligado al Principio Cero de la Termodinámica, según el cual dos cuerpos en contacto intercambian energía hasta que su temperatura se equilibre.

**Carta Psicrométrica:** Representación gráfica, a una presión total fija, de las propiedades del aire húmedo, desarrollada para facilitar los cálculos de aire acondicionado.

**Chiller** (enfriador o nevera): Máquina que remueve calor de un líquido a través de la compresión de vapor o absorción en el ciclo de refrigeración. Lo que se enfría en su mayoría es agua, pero esta puede contener también hasta un 20% de glicol e inhibidores de corrosión; otros fluidos tales como aceites de baja viscosidad también pueden ser empleados.

**Confort:** Es aquello que produce bienestar y comodidades. Cualquier sensación agradable o desagradable que sienta el ser humano le impide concentrarse en lo que tiene que hacer. La mejor sensación global durante la actividad es la de no sentir nada, indiferencia frente al ambiente.

**Densidad:** Magnitud física referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen.

**EPANET:** Software de desarrollo libre y con código abierto de la EPA (Environmental Protection Agency) y es el software de simulación de redes hidráulicas más utilizado en todo el mundo.

**Equicorriente:** Referente a ir en sentido contrario.

**Evaporación:** Proceso físico por el cual átomos o moléculas en estado líquido pasa al estado gaseoso, por haber tomado energía suficiente para vencer la tensión superficial. A diferencia de la ebullición, éste es un proceso paulatino, y no es necesario que toda la masa alcance el punto de ebullición.

**Hidrotemple:** Solución acuosa refrigerante que sirve para enfriar una pieza determinada luego de un tratamiento de temple.

**Higrómetro:** Instrumento que se usa para medir el grado de humedad del aire, o un gas determinado, por medio de sensores que perciben e indican su variación.

**Humedad:** Cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

**Humedad absoluta:** Cantidad de vapor de agua presente en el aire, se expresa en gramos de agua por kilogramos de aire seco (g/kg), gramos de agua por unidad de volumen ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) o como presión de vapor (Pa o KPa o mmHg). A mayor temperatura, mayor cantidad de vapor de agua permite acumular el aire.

**Humedad relativa:** humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en tanto por ciento.

**Intercambiador de calor:** Dispositivo diseñado para transferir calor de un fluido a otro, sea que estos estén separados por una barrera sólida o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

**Psicrómetro:** Aparato utilizado en meteorología para medir la humedad o contenido de vapor del aire, distinto a los higrómetros corrientes. Los psicrómetros constan de un termómetro de bulbo húmedo y un termómetro de bulbo seco. La humedad puede medirse a partir de la diferencia de temperatura entre ambos aparatos. El húmedo medirá una temperatura inferior producida por la evaporación de agua.

**Relleno:** Parte principal de la torre de enfriamiento que sirve para aumentar el área de contacto entre el agua y el aire.

**Temperatura de bulbo húmedo (twb):** Temperatura que da un *termómetro* a la sombra con el bulbo envuelto en una *mecha* de *algodón* húmedo bajo una corriente de *aire*.

**Torre de enfriamiento:** Estructuras para refrigerar agua y otros medios a temperaturas próximas a las ambientales. El uso principal de grandes torres

de refrigeración industriales es el de rebajar la temperatura del agua de refrigeración utilizada en plantas de energía, refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, plantas de procesamiento de gas natural y otras instalaciones industriales.

**Transferencia de calor:** Paso de energía térmica de un cuerpo caliente a uno menos caliente. La transferencia de calor siempre ocurre de un cuerpo caliente a otro menos caliente, como resultado de la segunda ley de la termodinámica. La transferencia de energía térmica ocurre principalmente a través de conducción, convección o radiación.

**Tratamiento térmico:** Proceso al que se somete los metales con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas, especialmente la dureza, la resistencia y la tenacidad. Los materiales a los que se aplica el tratamiento térmico son, básicamente, el acero y la fundición, formados por hierro y carbono.

**Volumen específico:** El volumen específico de cualquier sustancia es el espacio ocupado por un gramo de la misma a una temperatura dada.

## **ANEXO E. INVENTARIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**



**INVENTARIO DE ACCESORIOS Y EQUIPOS DE LAS  
MÁQUINAS QUE HACEN PARTE DEL SISTEMA DE**

**Fecha de Realización:** Febrero 15 de 2007      **Realizado por:** Rayner Molina G. - Jeisson Pérez G.  
**Fecha de Actualización:** Febrero 15 de 2007

**LÍNEA: SERVICIO**

**1. EQUIPO: TORRE DE ENFRIAMIENTO**

**CÓDIGO: SEP - 110**

DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
1. TORRE DE ENFRIAMIENTO	Marca: Sulzer - Tipo: EWK - 441/09/5.5. Caudal de agua de enfriamiento 65 m <sup>3</sup> /h (286 GPM). Temperatura de entrada: 33°C Temperatura de agua de salida: 28°C. Temperatura de Bulbo húmedo: 25°C Potencia Efectiva: 325.000 Kcal/h (107.5 T/Frios) Pérdidas por evaporación: 0.8 m <sup>3</sup> /h (3.5 GPM) Presión agua para toberas: 0.45 bar

1.1 Motor Eléctrico	Marca: Helios - Tipo: HWD - 150/10 N°:8714250 Volt: 440 y 5.5 Kw
1.2 Ventilador axial	Aspas: 5 en fibra de vidrio
1.3 Sistema de distribución agua caliente (Toberas)	Diámetro: 4" - Material P.V.C
1.4 Sección Intermedia	
1.4.1 Separador de gotas (paneles)	
1.5 Sección Inferior	

1.5.1 Alberca receptora de agua enfriada	
1.5.2 Persianas	
1.6 Tubería	
1.6.1 Entrada de agua caliente	Diámetro: 4" - Material P.V.C
1.6.2 Salida de agua enfriada	Diámetro: 6"
1.6.3 Drenaje (Llave de cortina)	Diámetro: 2" - Marca: Toho - WT400 Lbs
1.6.4 Sobrenivel (reboso)	Diámetro: 2"

## 2. SISTEMA ALIMENTACIÓN CIRCUITO PLANTA (Agua Fría)

BOMBA N°1	
DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
2.1 Motor Eléctrico	Marca: Delcrosa - Tipo: NV - 160 -L4 N°: 128516 M23 24 HP 1745 RPM Volt: 220/440 Amp: 62/31
2.2 Bomba Centrifuga	Marca: Worthington - Modelo: 3C - NE - 104 Serie: 204870101
2.3 Acople motor - Bomba	Ref: 190 - Diámetro. 1.66" Diámetro de la Bomba 1.375"
2.4 Tubo de succión	Diámetro: 3"
2.4.1 Válvula de Bola	Diámetro: 1"
2.5 Tubería	Diámetro: 3"
2.5.1 Manómetro	Rango: 0 - 150 Psi
2.5.2 Válvula de compuerta	Diámetro: 3" Marca: Toho - WT 400 Lbs
2.5.3 Universales	Diámetro: 3" Cantidad: 2

## 3. SISTEMA ALIMENTACIÓN CIRCUITO PLANTA (Agua Fría)

BOMBA N°2	
DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3.1 Motor Eléctrico	Marca: Siemens - Tipo: OR - 1525 - 6 N° N816386 HP: 20/25 V A R.P.M 260 Δ - 64 440 Y - 38/22.2 - 1175 220 Δ - 62/18.5 - 1175
3.2 Bomba Centrifuga	Marca: Worthington - Modelo: 3C - NE - 104 Serie: 204870102
3.3 Acople motor - Bomba	Ref: 125 - Diámetro eje motor: 1.5" Diámetro eje Bomba: 1.125"
3.4 Tubo de succión	Diámetro 3"
3.4.1 Válvula de bola	Diámetro: 1"
3.5 Tubería	3"
3.5.1 Válvula de compuerta	Diámetro : 3" - Marca: Toho - WT 400 Lbs
3.5.2 Ampliación	Diámetros: 2 - 3"
3.5.3 Termómetro	Rango: 0-115°C
3.5.4 Universales	Diámetro: 3" Cantidad: 3

#### 4. SISTEMA ALIMENTACIÓN CIRCUITO PLANTA (Agua Fría)

BOMBA N°5	
DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
4.1 Motor Eléctrico	Marca: Siemens - Tipo: OR - 1525 - 6 N° N816386 HP: 20/25 V A R.P.M 260 Δ - 64 440 Y - 38/22.2 - 1175 220 Δ - 62/18.5 - 1175
4.2 Bomba Centrifuga	Marca: Worthington - Modelo: 3X2X6 Serie: 12189201015
4.3 Acople motor - Bomba	Ref.: 125 - Diámetro eje motor: 1.5" Diámetro eje Bomba: 1.125"
4.4 Tubo de succión	Diámetro 3"
4.4.1 Válvula de bola	Diámetro: 1"
4.5 Tubería	3"
4.5.1 Válvula de compuerta	Diámetro : 3" - Marca: Toho - WT 400 Lbs

4.5.2 Ampliación	Diámetros: 2 - 3"
4.5.3 Universales	Diámetro: 3" Cantidad: 3

### 5. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN TORRE (Agua Caliente)

BOMBA N°3	
DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
5.1 Motor Eléctrico	Marca: Siemens - Modelo. 1LA3 - 130 - 4 YB - 70 - N°494718HP: 9 R.P.M: 1740 Volt: 220 ΔΔ/440 Δ Amp: 24.4/12.2
5.2 Bomba Centrífuga	Marca: Worthing - Modelo: 4x3x8 serie: 204870201 Ref: 125 - Diámetro eje motor: 1.5" Diámetro eje bomba: 1.125"
5.3 Tubo de succión	Diámetro: 3"
5.4 Válvula de bola	Diámetro: 1"
5.5 Tubería	Diámetro 3
5.5.1 Válvula de compuerta	Diámetro : 3" Marca: Toho - WT 400 Lbs
5.5.2 Universales	Diámetro: 3" Cantidad: 2

### 6. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN TORRE (Agua Caliente)

BOMBA N°4	
DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
6.1 Motor Eléctrico	Marca: Siemens - Modelo. 1LA3 - 130 - 4 YB - 70 - N°494718 HP: 9 R.P.M: 1740 Volt: 220 ΔΔ/440 Δ Amp: 24.4/12.2
6.2 Bomba Centrífuga	Marca: Worthing - Modelo: 4x3x8 serie: 204870201 Ref: 125 - Diámetro eje motor: 1.5" Diámetro eje bomba: 1.125"
6.3 Tubo de succión	Diámetro: 3"
6.4 Válvula de bola	Diámetro: 1"
6.5 Tubería	Diámetro 3
6.5.1 Válvula de compuerta	Diámetro : 3" Marca: Toho - WT 400 Lbs

6.5.2 Universales	Diámetro: 3" Cuatro en Total
-------------------	------------------------------

## 7. TANQUES

DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
7.1 Agua fría	Profundidad: 3 m - Dimensiones: 3x2 m Volumen: 18 metros cúbicos
7.1.1 Tubería salida	Diámetro: 3"
7.1.2 Válvula de compuerta	Diámetro: 3" - Marca: Toho - WT 400 Lbs Cantidad: 2
7.2 Agua caliente	Profundidad: 2 m - Dimensiones: 3x2 m Volumen: 12 metros cúbicos
7.2.1 Tubería - retorno	Diámetro: 3"
7.3 Red Acueducto	
7.3.1 Tubería	Diámetro: 1"
7.3.2 Válvula de bola	Diámetro: 1"
7.3.3 Flotador	
7.3.4 Totalizadores	Cantidad: 2
7.4 Circuito de Cebado	
7.4.1 Tubería bombas 1 y 2	Diámetro: 1/2"
7.4.2 Llave de paso	Diámetro: 1/2"
7.4.3 Tubería bombas 3 y 4	Diámetro: 1/2"
7.4.4 Llave de paso	Diámetro: 1/2"

## 8. LÍNEAS DE RETORNOS (Agua Fría)

DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Tubería Bomba 1 y 2	
8.1 Tubería	Diámetro: 3"
8.2 Válvula de compuerta	Diámetro: 3" Cantidad: 2
8.3 Universales	Diámetro: 3" Cantidad: 3
8.4 Manómetro	Rango: 0-150 Psi
8.5 Termómetro	Rango: 0-50°C

Tubería Bomba 5	
8.6 Tubería	Diámetro: 3"
8.7 Válvula de compuerta	Diámetro: 3" Cantidad: 1

8.8 Universales	Diámetro: 3" Cantidad: 1
8.9 Manómetro	Rango: 0-150 Psi

**LÍNEA: JUNTAS FIJAS**

**1. MÁQUINA: ESTACIÓN DE TEMPLE FDF**

**CÓDIGO: MJF-1-050**

1.1 Intercambiador de Calor 1	Tipo: Placas Marca: VICARB Carl-Zeiss-Strabe 36 Type: V13M512 Presión de entrada y salida máx: 10 Bar Rango de temperaturas de entrada y salida: 25-28 y 32-28°C respectivamente Amáx y Amín: 155 mm y 147 mm respectivamente Pos. 200/200 l/min Fluidos: Agua - Agua
1.2 Intercambiador de Calor 2	Tipo: Placas Marca: VICARB Carl-Zeiss-Strabe 36 Type: V13M512 Presión de entrada y salida máx: 10 Bar Rango de temperaturas de entrada y salida: 25-28 y 32-28°C respectivamente Amáx y Amín: 155 mm y 147 mm respectivamente Pos. 200/200 l/min Fluidos: Agua - Agua
1.3 Tubería Entrada	Diámetro: 2"
1.3.1 Manómetro	Rango: 0-100 Psi Cantidad: 1
1.3.2 Termómetro	Rango: 0-120°C Cantidad: 2
1.3.3 Válvula Reguladora de caudal compensada por temperatura (Dañadas)	Cantidad: 2
1.4.4 Válvula de bola	Diámetro: 2" y 1" Cantidad: 3

1.4.5 Filtro	Cantidad: 1
1.5 Tubería Salida	Diámetro: 2"
1.5.1 Manómetro	Rango: 0-150 Psi Cantidad: 1
1.5.2 Termómetro	Rango: 0-120°C Cantidad: 1
1.5.3 Válvula de bola	Diámetro: 2" y 1" Cantidad: 4
1.5.4 Filtro	Cantidad: 1

**2. MÁQUINA: RECTIFICADORA CINCINNATI EXT      CÓDIGO: MJF-1-075**

2.1 Tubería de Entrada y Salida	Diámetro: 1"
2.2 Intercambiador de Calor	Tipo: Casco y tubos    Marca: Sin determinar Fluidos: Agua y Aceite
2.3 Manómetros	Rango: 0-100 Psi    Cantidad: 1
2.4 Válvula de bola	Diámetro 1"    Cantidad: 2

**3. MÁQUINA: RECTIFICADORA SI-4A      CÓDIGO: MJF-1-080**

3.1 Tubería de Entrada y Salida	Diámetro: 1/2"
3.2 Intercambiador de Calor	Tipo: Casco y tubos Fluidos: Agua y Aceite
3.3 Manómetro	
3.4 termómetro	
3.5 Válvula de bola	

**4. MÁQUINA: FRESADORA EX-CELL-O      CÓDIGO: MJF-1-105**

4.1 Tubería de Entrada y Salida	Diámetro: 3/8"
4.2 Intercambiador de Calor	Tipo: Casco y tubos    Marca: Sin determinar Fluidos: Agua y Aceite
4.3 Manómetro	No hay
4.4 termómetro	No hay
4.5 Válvula de bola	Diámetro: 3/8"    Cantidad: 2

**LÍNEA: INTEREJES**

**5. MÁQUINA: ESTACIÓN DE TOCCO 1      CÓDIGO: MIT-2-050**

5.1 Tubería de Entrada y Salida	Diámetro: 1 1/2"
---------------------------------	------------------

5.2 Intercambiador de Calor N°1 y N°2	Tipo: Placas Marca: Sin determinar Fluidos: Agua - Agua Cantidad: 2
5.5 Intercambiador de Calor N°3 y N°4	Tipo: Casco y tubos Marca: Sin determinar Fluidos: Agua - Refrigerante Cantidad: 2
5.6 Manómetro	No hay
5.7 Termómetro	No hay
5.8 Válvula de bola	Diámetro: 1 1/2" y 2" Cantidad: 4

**6. MÁQUINA: TEMPLE POR  
INDUCCIÓN TOCCO 2**

**CÓDIGO: MIT-2-110**

6.1 Tubería de Entrada y Salida	Diámetro: 1 1/2"
6.2 Intercambiador de Calor	Tipo: Casco y Tubos Marca: Sin determinar Fluidos: Agua - Agua Cantidad: 4
6.6 Manómetro	Rango: 0-100 Psi Cantidad: 1
6.7 Termómetro	Rango: 0-60°C Cantidad: 1
6.9 Válvula de bola	Diámetro: 1 1/2" Cantidad: 6

**7. MÁQUINA: CENTRADORA  
AUTOMÁTICA TCT**

**CÓDIGO: MIT-2-025**

7.1 Tubería de Entrada y Salida	Diámetro: 1"
7.2 Intercambiador de Calor	Tipo: Casco y tubos Fluidos: Agua y Aceite
7.3 Manómetro	Rango: 0-100 Psi Cantidad: 1 Dañado
7.4 Termómetro	No hay
7.5 Válvula de bola	Diámetro: 1" Cantidad: 2

**8. MÁQUINA: TORNO COPIADOR  
DETROIT**

**CÓDIGO: MIT-2-010**

8.1 Tubería de Entrada y Salida	Diámetro: 1"
8.2 Intercambiador de Calor	Tipo: Casco y tubos Fluidos: Agua y Aceite
8.3 Manómetro	No hay
8.4 Termómetro	No hay
8.5 Válvula de bola	Diámetro: 1" Cantidad: 2

**9. MÁQUINA: TORNO COPIADOR  
DUBIED I**

**CÓDIGO: MIT-2-035**

9.1 Tubería de Entrada y Salida	Diámetro: 1"
9.2 Intercambiador de Calor	Tipo: Casco y tubos Fluidos: Agua y Aceite
9.3 Manómetro	Rango: 0-100 Psi Cantidad: 1 Dañado
9.4 Termómetro	No hay
9.5 Válvula de bola	Diámetro: 1" Cantidad: 2

**LÍNEA: TULIPAS**

**10. MÁQUINA: ESTACIÓN DE TEMPLE  
EFD**

**CÓDIGO: MTU 2007**

10.1 Tubería de Entrada	Diámetro:
10.2 Intercambiador de Calor 1	Tipo: Placas Marca: Harsteller Alfa Laval Presiones In and Out: 10 y 10 Bar respectivamente Temperatura In y Out: 80 y 80°C respectivamente Fluidos: Agua - Agua
10.3 Intercambiador de Calor 2	Tipo: Placas Marca: Harsteller Alfa Laval Presiones In and Out: 10 y 10 Bar respectivamente Temperatura In y Out: 80 y 80°C respectivamente Fluidos: Agua - Agua
10.4 Manómetro	
10.5 Válvula de bola	

**LÍNEA: TRIPODES**

**11. MÁQUINA: HORNO DE  
CEMENTACIÓN**

**CÓDIGO: MTR 3004**

11.1 Tubería de Entrada y Salida del Horno	Diámetro: 1 1/4"
11.2 Tubería de Entrada y Salida del serpentín	Diámetro: 1/2"
11.3 Intercambiador de Calor 1	Tipo: Serpentín Marca: Sin determinar Fluidos: Agua - Aire caliente
11.4 Intercambiador de Calor 2	Tipo: Casco y tubos Marca: Sin determinar Fluidos: Agua - Aceite
11.5 Manómetro	Rango: 0-100 Psi Cantidad: 1

**12. MÁQUINA: GENERADOR DE GAS  
RX**

**CÓDIGO: MTR 3005**

12.1 Tubería de Entrada y Salida Generador	Diámetro: 1 1/4"
12.2 Tubería de Entrada y Salida De los Intercambiadores	Diámetro: 1/2"
12.3 Intercambiador de Calor 2	Tipo: Casco y tubos Fluidos: Agua - Gas
12.4 Manómetro	Rango: 0-120°C Cantidad: 1
12.5 Termómetro	Rango: 0-60°C Cantidad: 1
12.6 Válvula de bola	Diámetro: 1 1/4" Cantidad: 2

**LÍNEA: SERVICIO**

**13. MÁQUINA: SECADOR DE AIRE**

**CÓDIGO: MS3**

13.1 Tubería de Entrada y Salida Generador	Diámetro: 1 1/4"
13.2 Tubería de Entrada y Salida De los Intercambiadores	Diámetro: 3/8"
13.3 Intercambiador de Calor	Tipo: Serpentín Fluidos: Agua - Agua
13.4 Termómetro	No hay

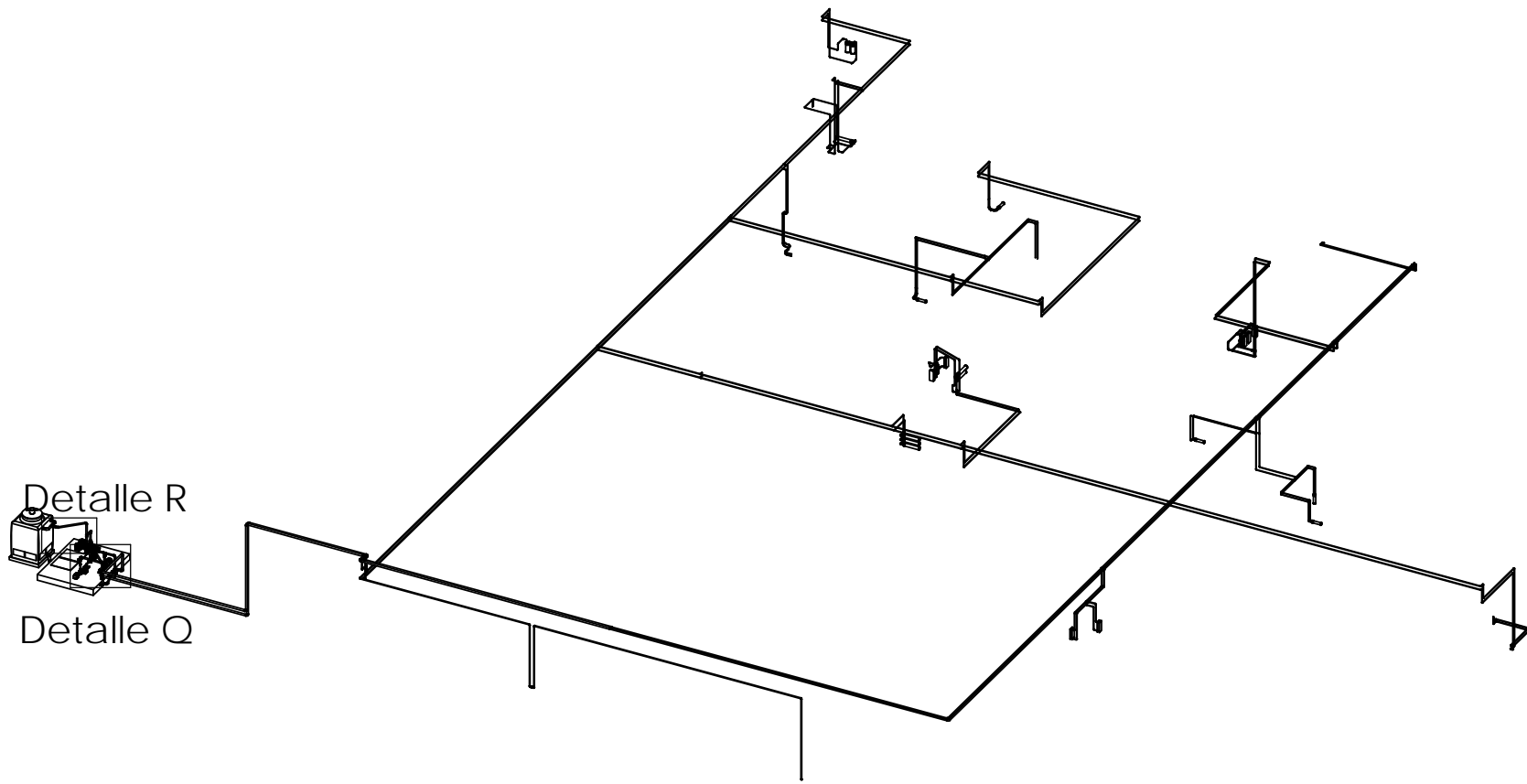
**14. MÁQUINA: MÁQUINA DE VIDA**

**CÓDIGO: ENH 6016**

14.1 Tubería Entrada y Salida	Diámetro: 1 1/4"
-------------------------------	------------------

14.2 Intercambiador de Calor del sistema hidráulico	Tipo: Casco y tubos Fluidos: Agua - Aceite ISO 68 Marca: Thermal Transfer Product Modelo: K-712-T Shell: 500 Psi    Tubes: 150 Psi Temp 350°F      Serial: 397179 Cantidad: 2
14.2 Intercambiador de Calor de la máquina	Tipo: Casco y tubos Fluidos: Agua - Aceite Meropa Marca: Longerer & Reich Cantidad: 2
14.3 Manómetro	Rango 0-100 Psi    Cantidad: 2
14.4 Válvula de bola	Diámetro: 1 1/4"    Cantidad: 2
14.5 Termómetro	No hay

**ANEXO F. PLANOS DE LA RED DE TUBERÍAS EN  
SOLIDWORKS 2007**

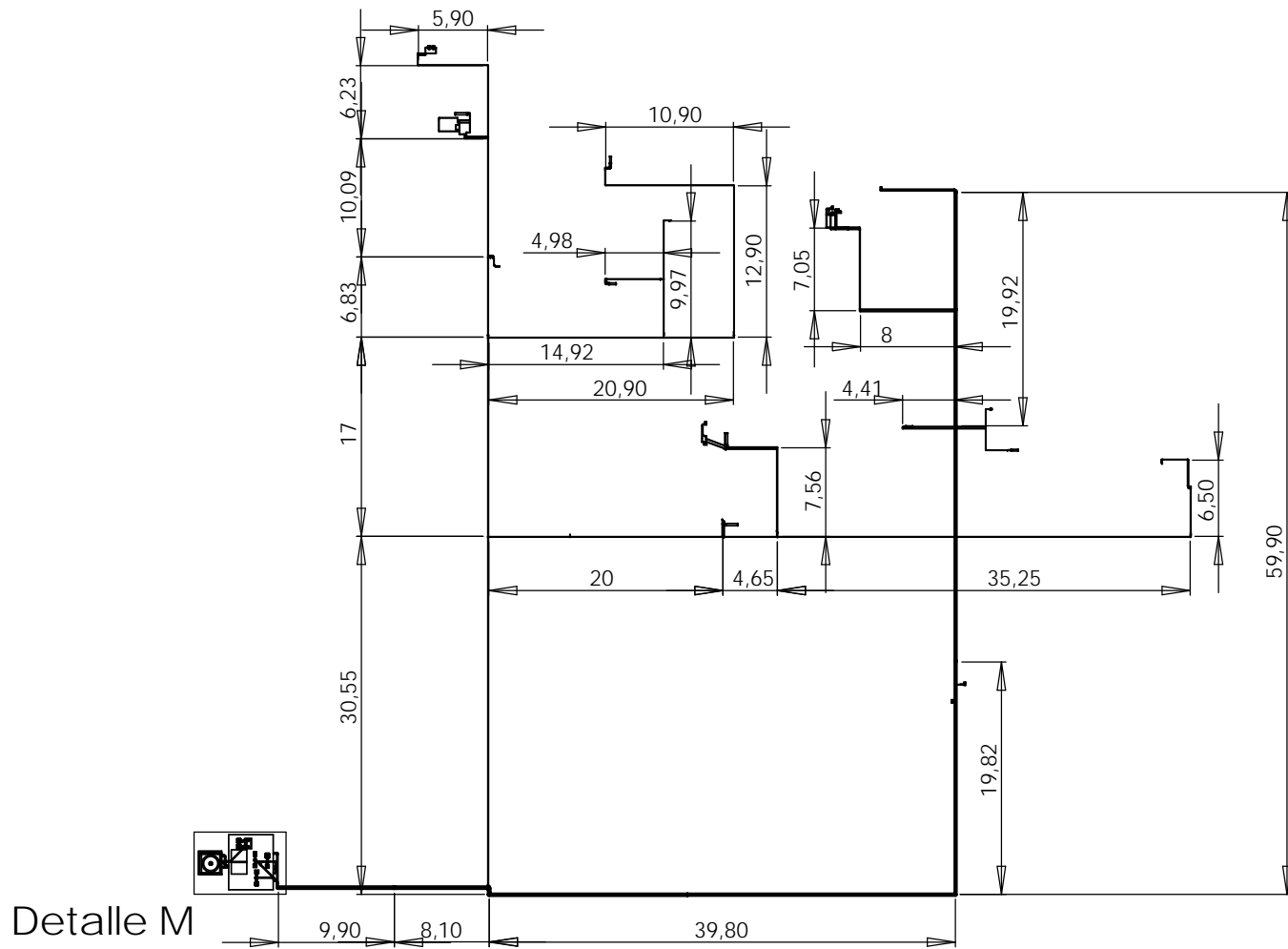


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

PROYECTO:  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Vista Trimétrica del circuito		
Escala: 1:270	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2

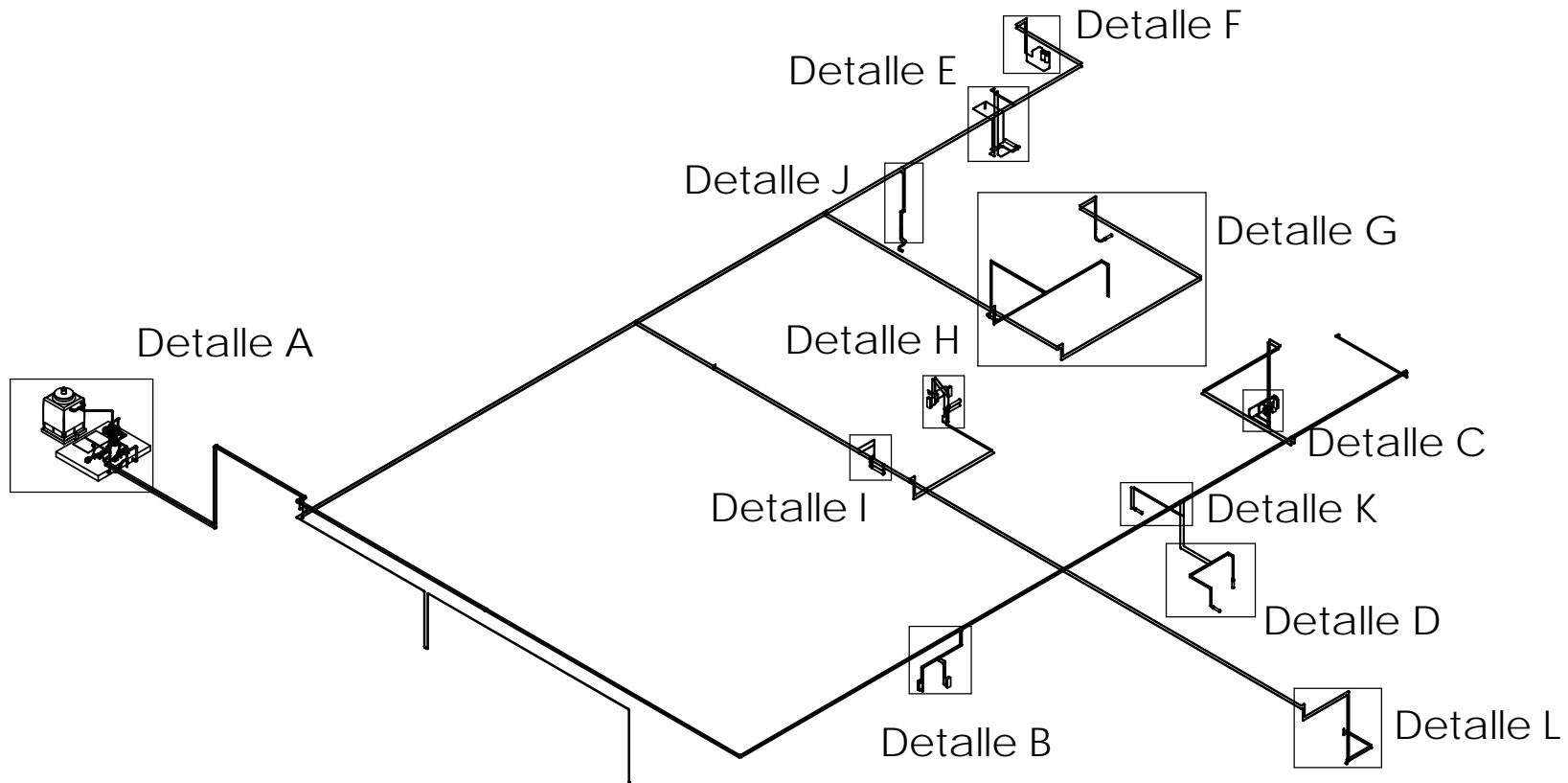


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

AREA:	DESCRIPCIÓN:		
Planta	Vista Superior del circuito		
Escala:	Fecha:	Revisión:	Rev
1:400	Abril 11 de 2007	Emitido para comentarios	2

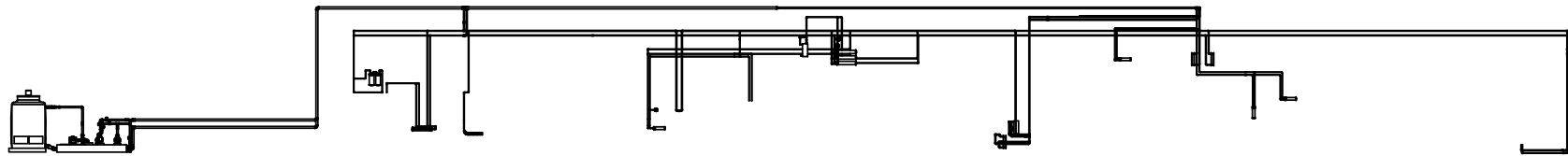


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

PROYECTO:  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Vista Isométrica del circuito		
Escala: 1:400	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2



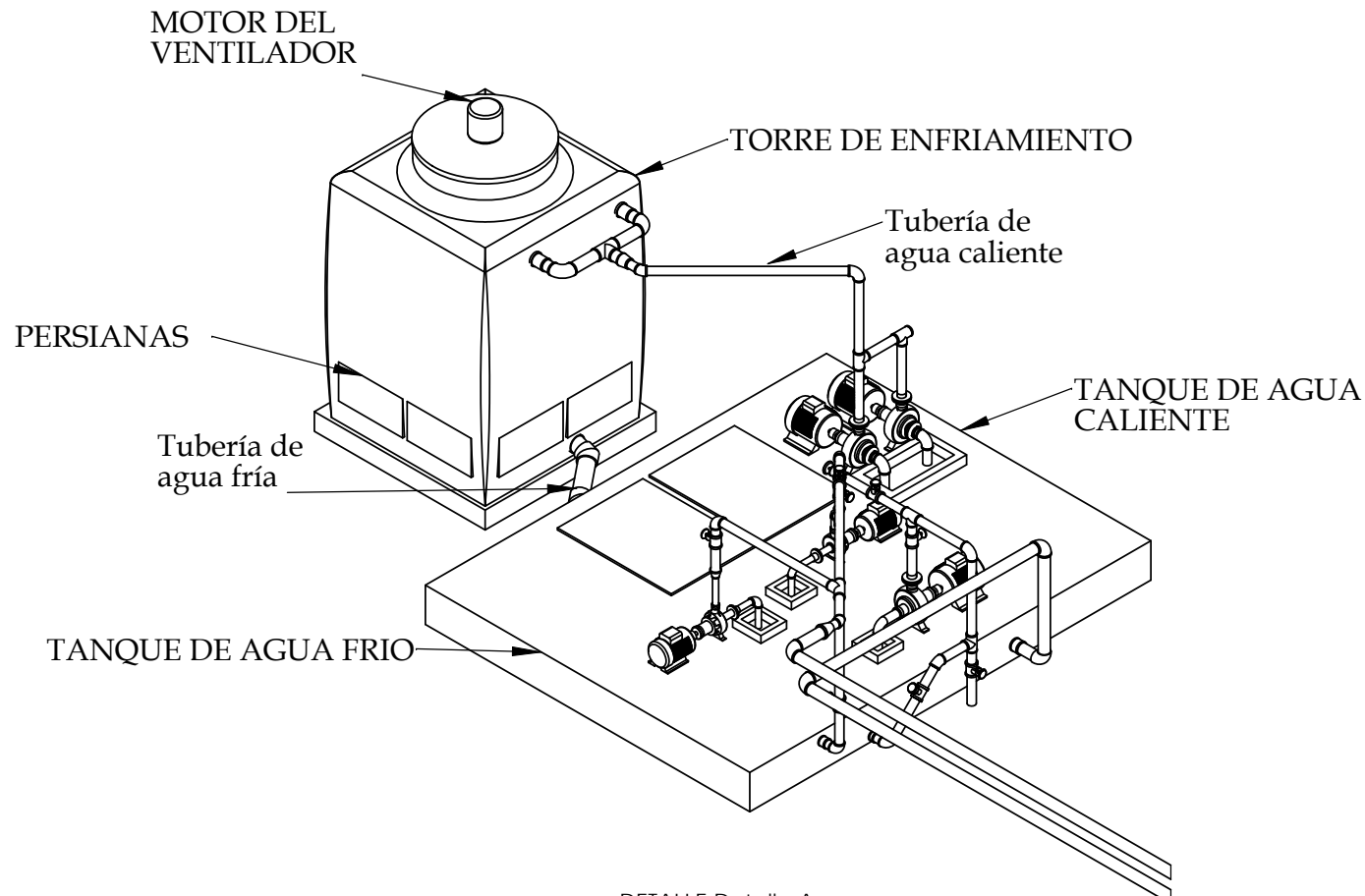
**TRANSEJES COLOMBIA**

**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

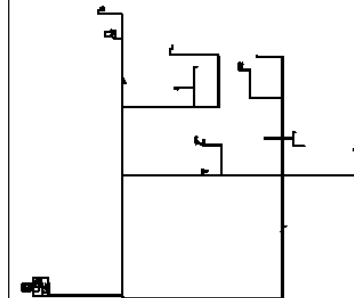
	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA:	DESCRIPCIÓN:	Revisión:	Rev
Planta	Vista Frontal del circuito	Emitido para comentarios	2
Escala: 1:250	Fecha: Abril 11 de 2007		



DETALLE Detalle A  
ESCALA 1 : 40



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado
5. Material torre de Enfr.: Fibra de Vidrio

Planos de referencia:

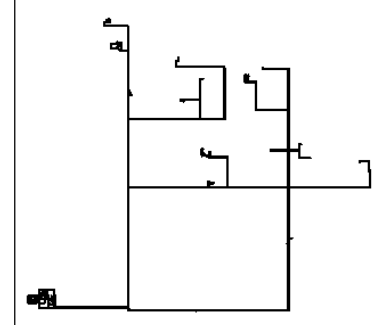
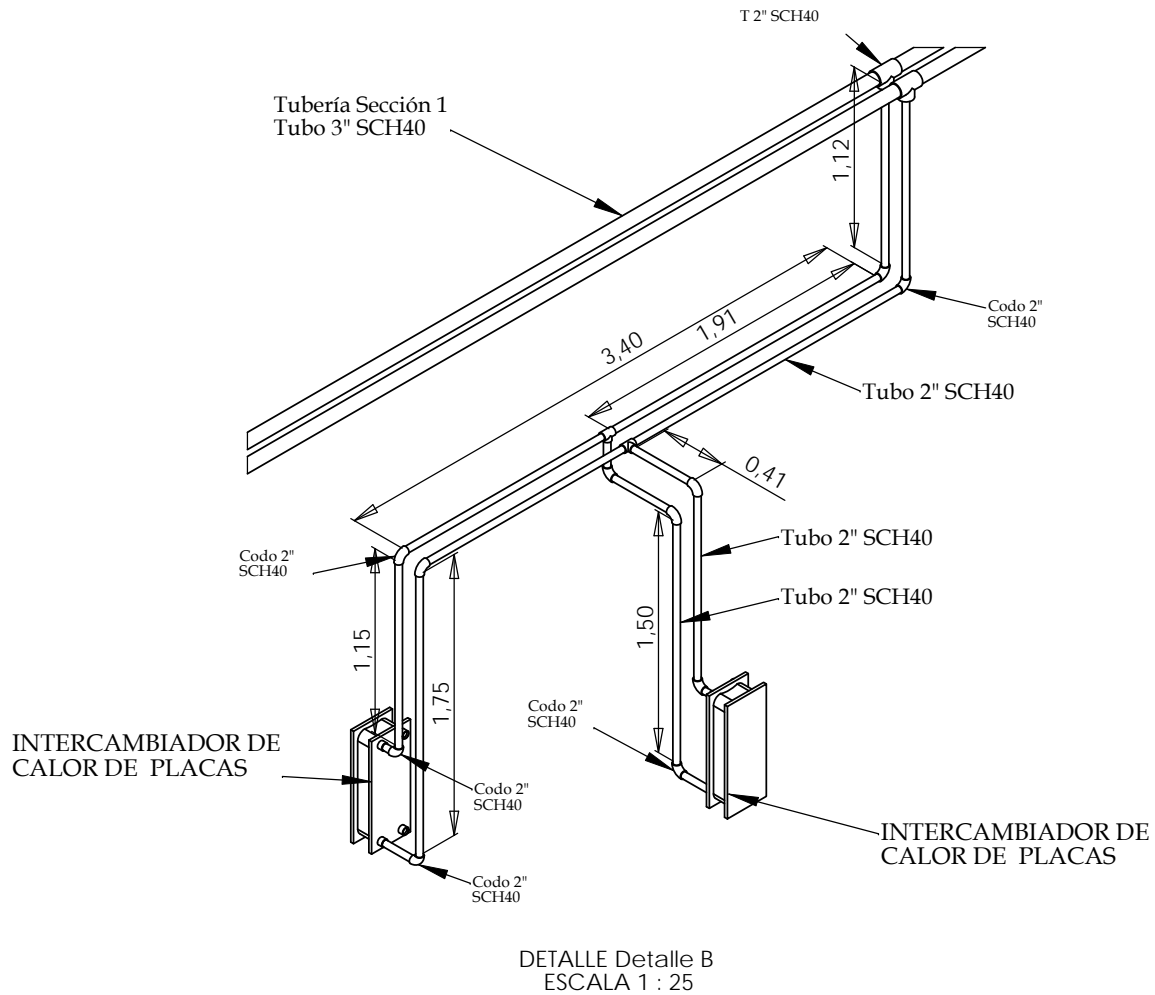


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

AREA:	DESCRIPCIÓN:		
Planta	Zona Torre de Enfriamiento		
Escala:	Fecha:	Revisión:	Rev
1:40	Abril 11 de 2007	Emitido para comentarios	2



Convenciones:

- Notas:
1. Todas las dimensiones están en metros
  2. Todos los diámetros están en pulgadas
  3. Todas las elevaciones están en metros
  4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:

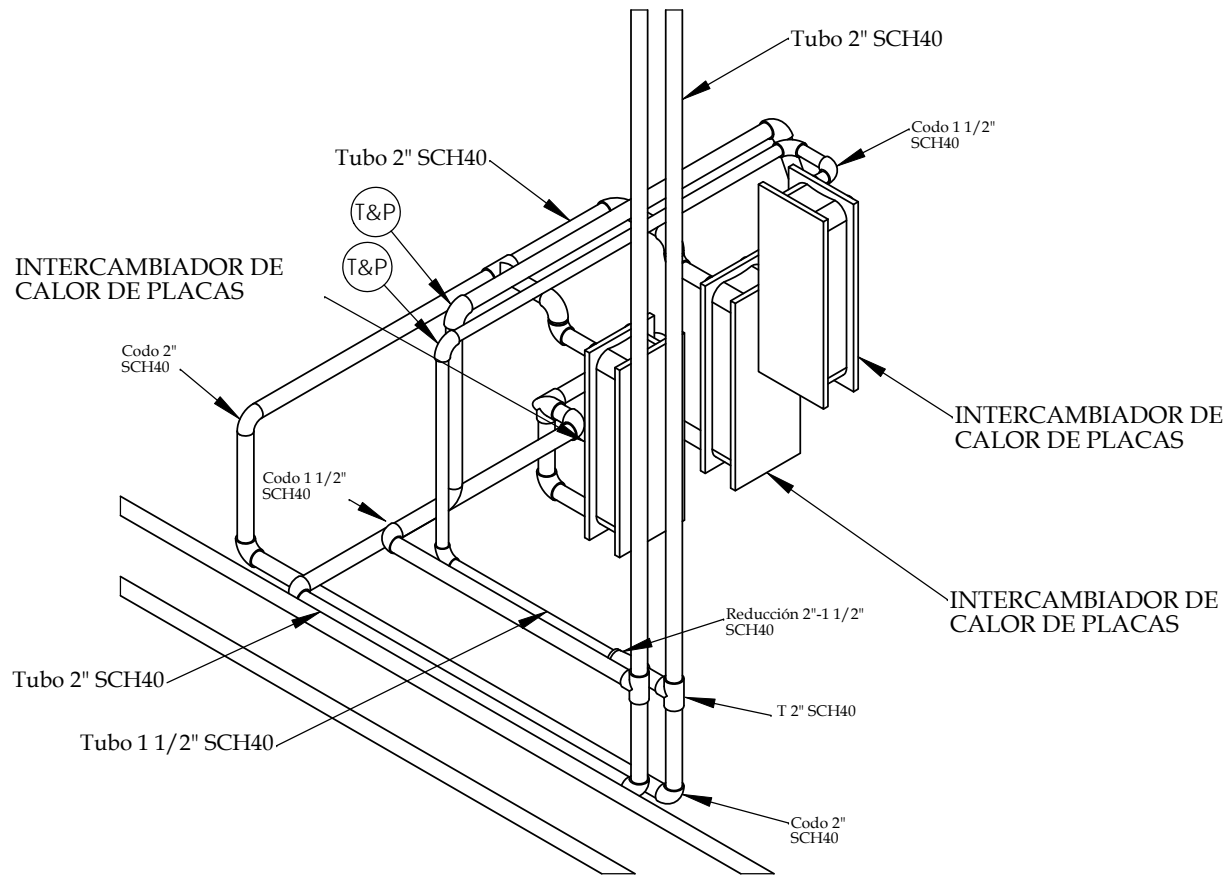


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

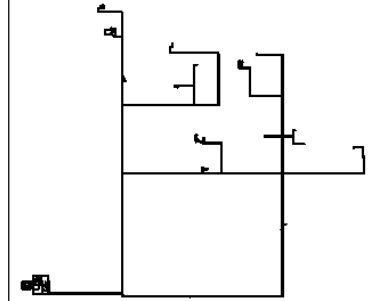
	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Zona Máquina de temple EFD		
Escala: 1:25	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2



DETALLE Detalle C  
ESCALA 1 : 15



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:

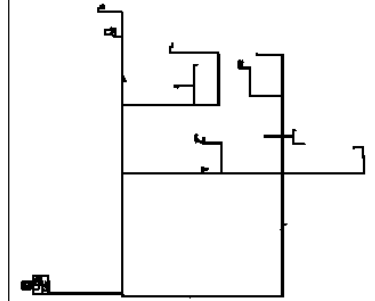
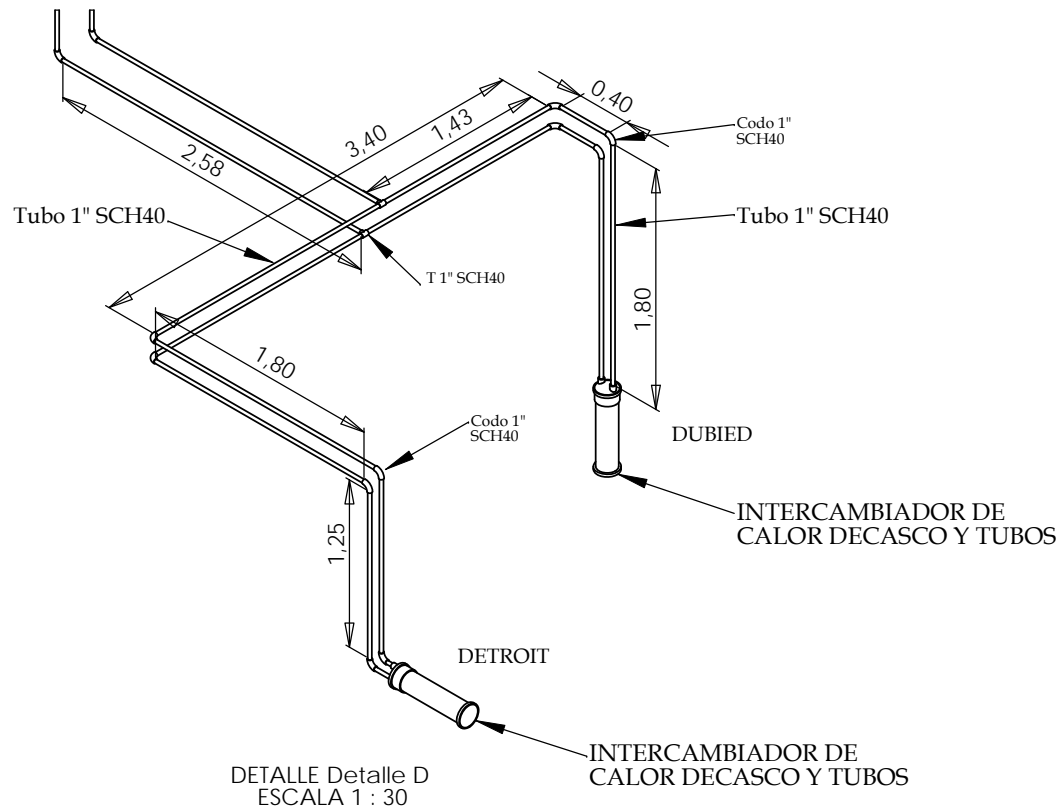


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

AREA:	DESCRIPCIÓN:		
Planta	Zona Máquina de temple FDF		
Escala:	Fecha:	Revisión:	Rev
1:15	Abril 11 de 2007	Emitido para comentarios	2



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:



TRANSEJES COLOMBIA

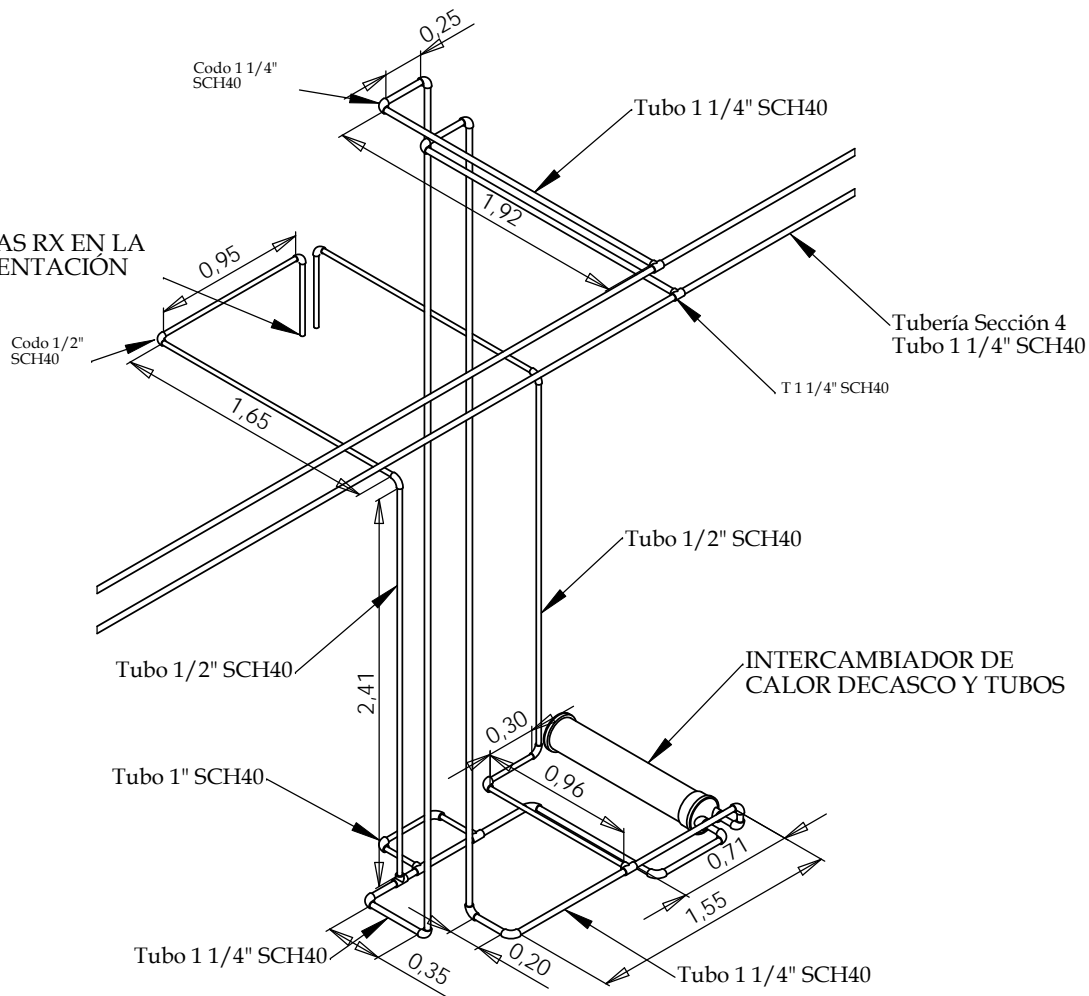
**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

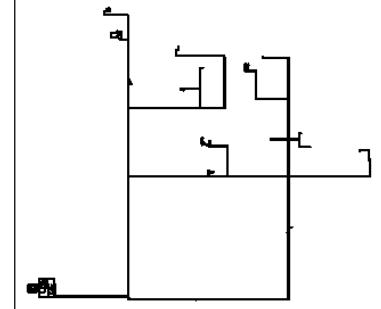
PROYECTO:  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Zona Tornos copiadores Detroit y Dubied		
Escala: 1:30	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2

AGITADOR DEL GAS RX EN LA CÁMARA DE CEMENTACIÓN



DETALLE Detalle E  
ESCALA 1 : 25



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:

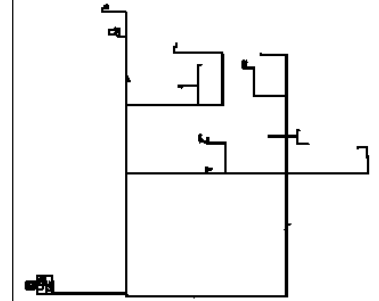
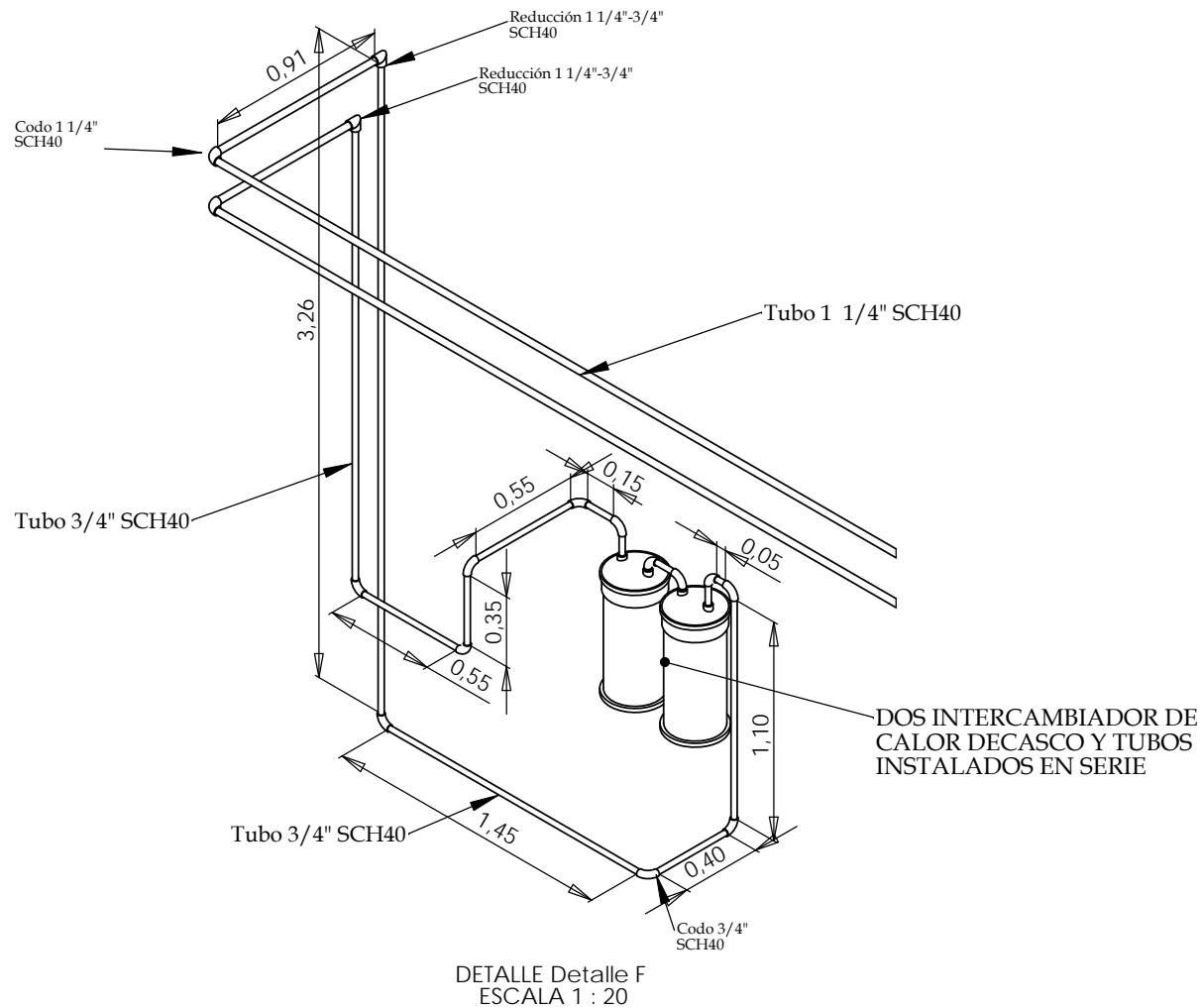


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Zona Horno de cementación		
Escala: 1:25	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:

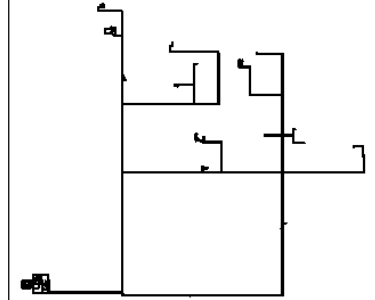
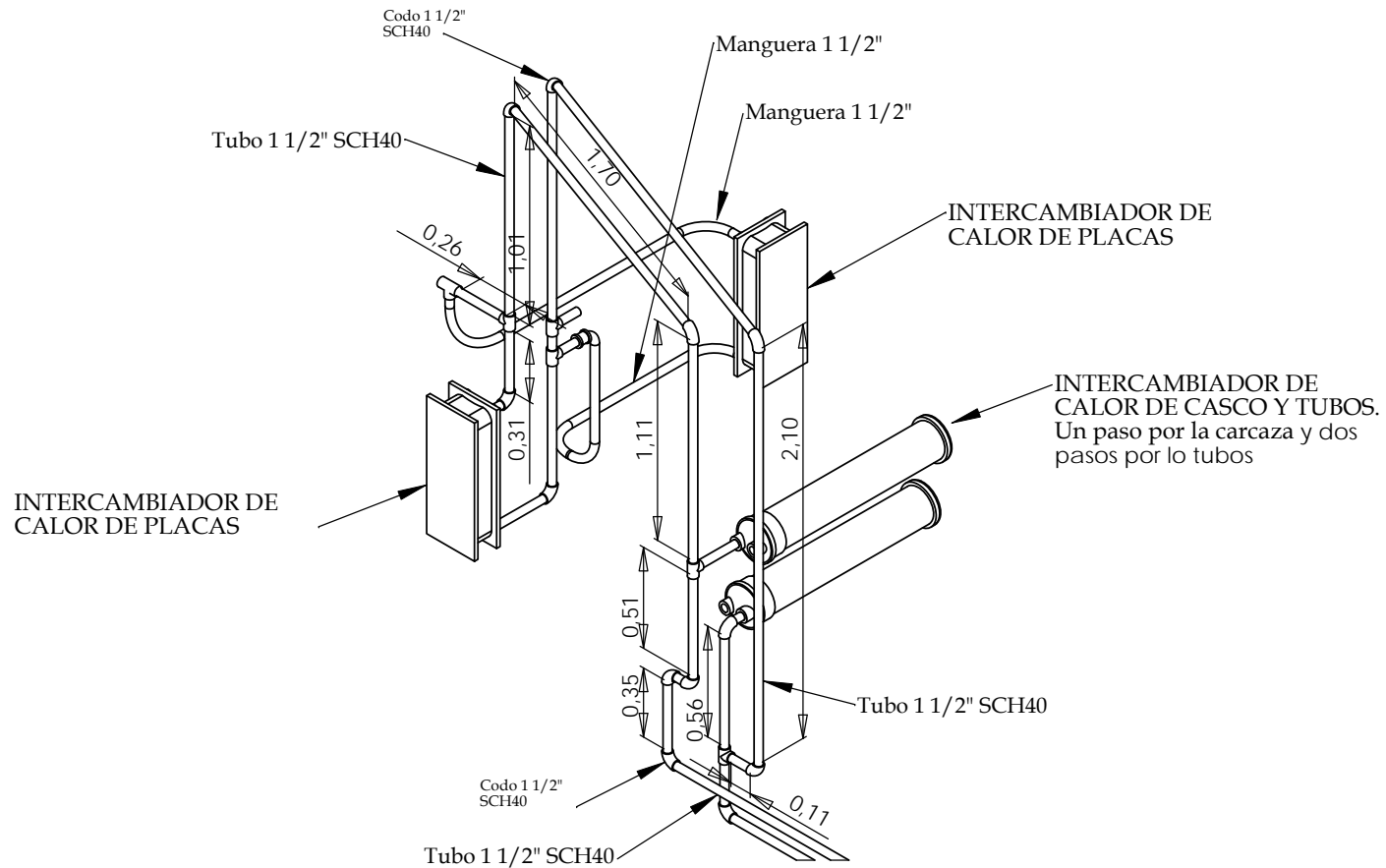


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

PROYECTO:  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Zona Generadore de gas RX		
Escala: 1:20	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:

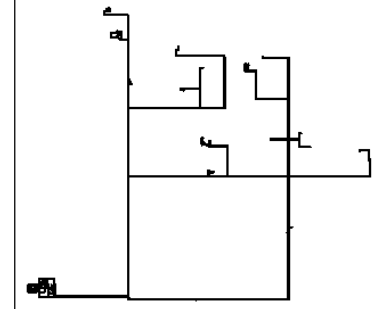


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

PROYECTO:  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

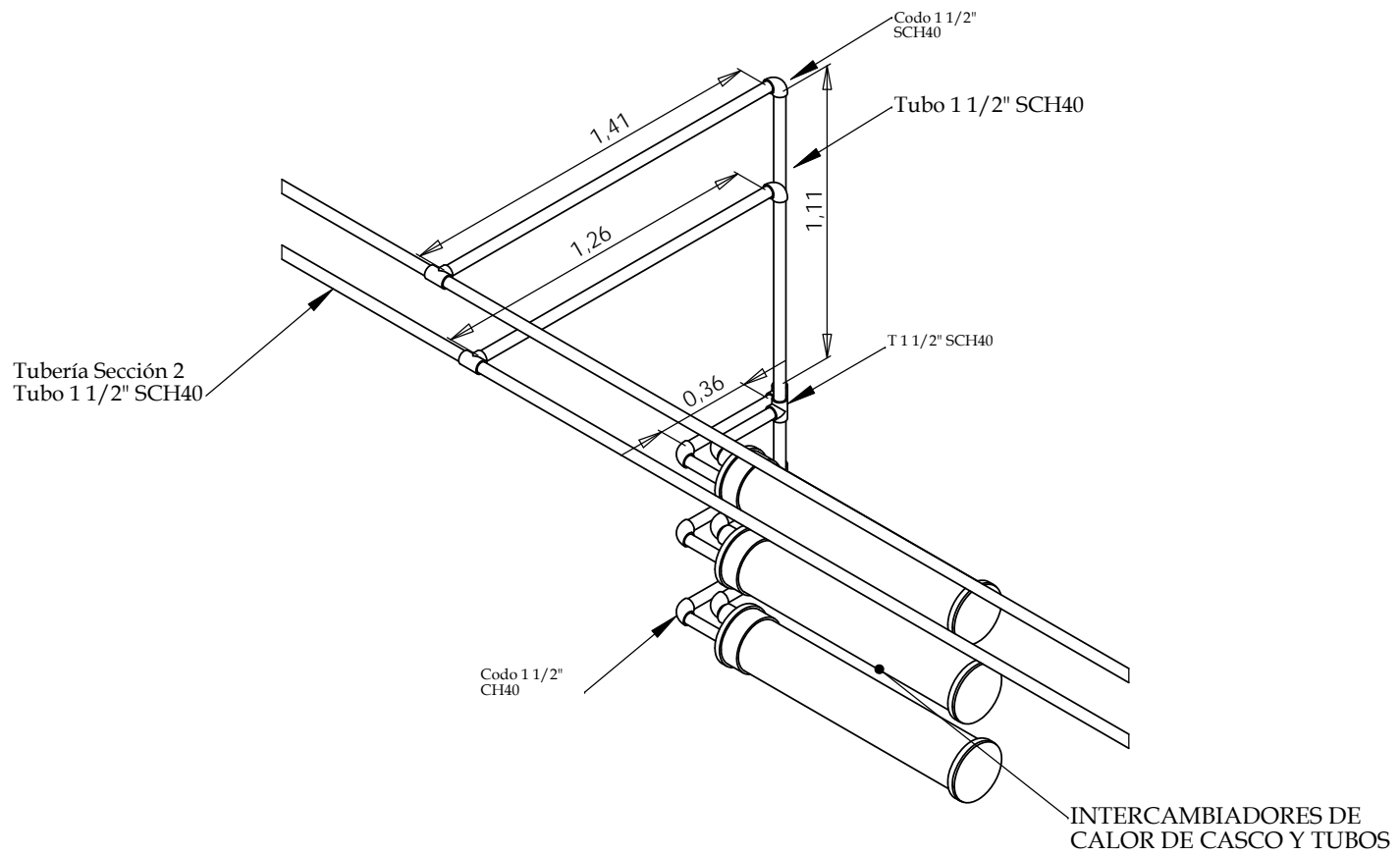
AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Zona Máquina de temple Tocco1		
Escala: 1:20	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2



Convenciones:

- Notas:
1. Todas las dimensiones están en metros
  2. Todos los diámetros están en pulgadas
  3. Todas las elevaciones están en metros
  4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:



Tubería Sección 2  
Tubo 1 1/2" SCH40

DETALLE Detalle I  
ESCALA 1 : 15



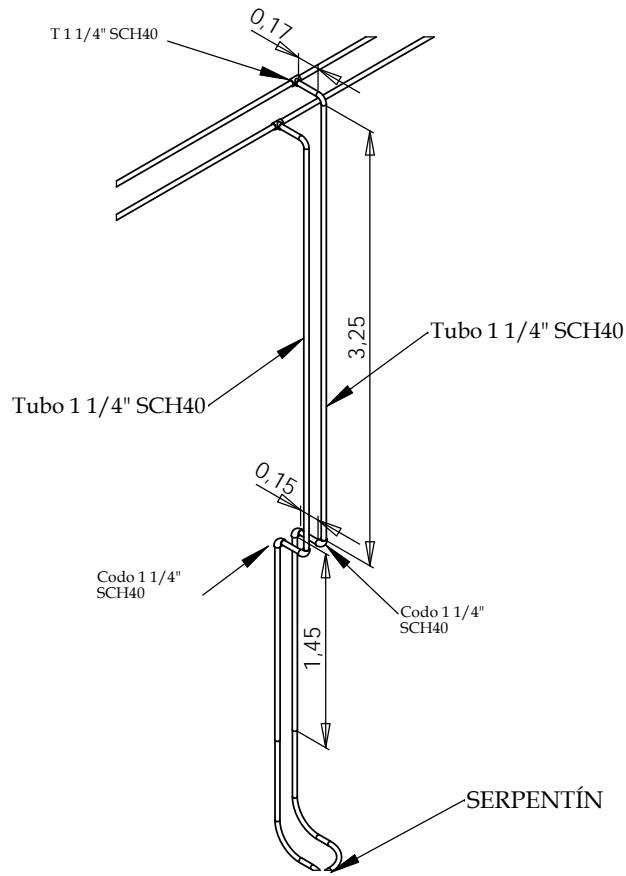
**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

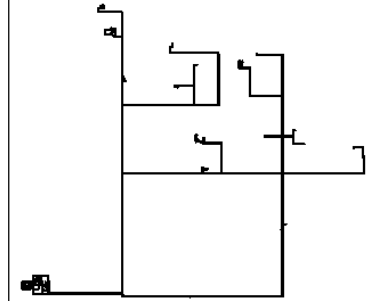
PROYECTO:  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA: Planta  
DESCRIPCIÓN: Zona Máquina de temple Tocco 2

Escala: 1:20  
Fecha: Abril 11 de 2007  
Revisión: Emitido para comentarios  
Rev 2



DETALLE Detalle J  
ESCALA 1 : 30



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:



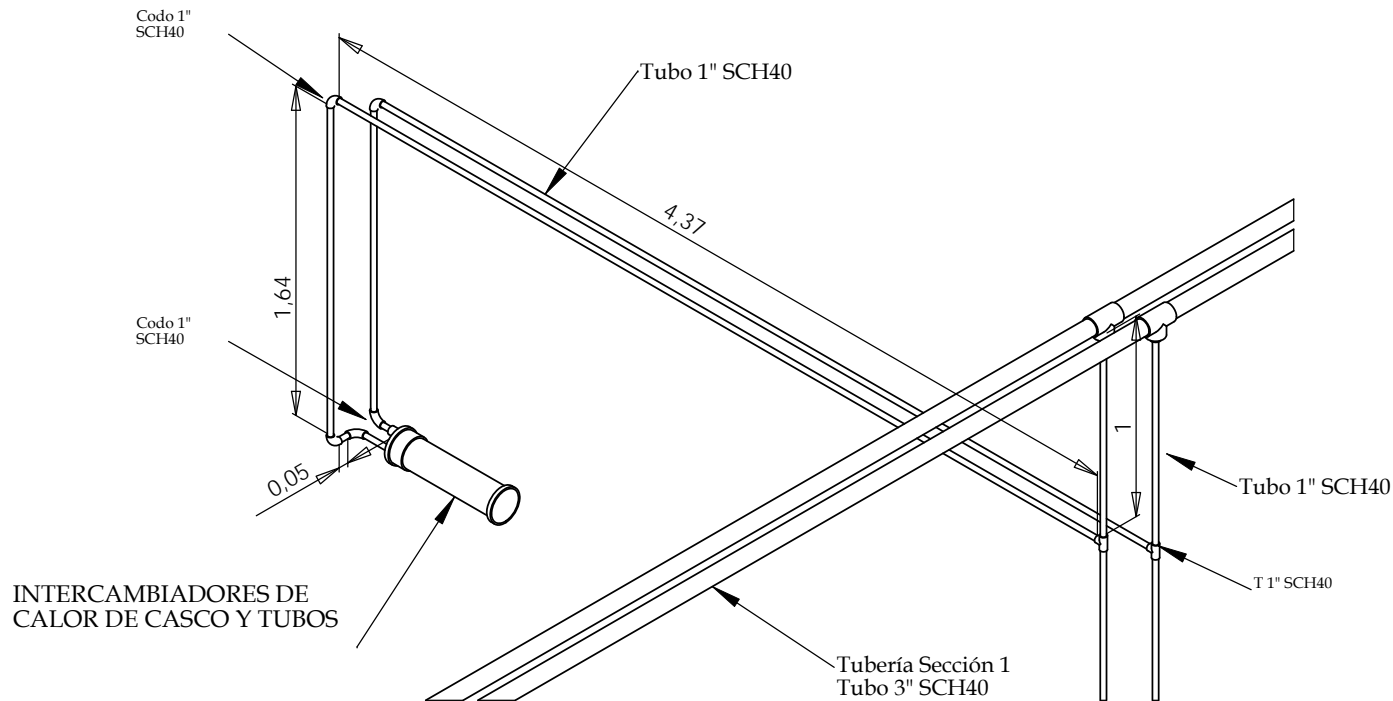
TRANSEJES COLOMBIA

**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

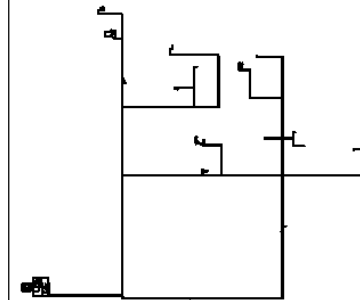
PROYECTO:  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Zona Secador de aire del compresor		
Escala: 1:30	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2



INTERCAMBIADORES DE CALOR DE CASCO Y TUBOS

DETALLE Detalle K  
ESCALA 1 : 20



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:

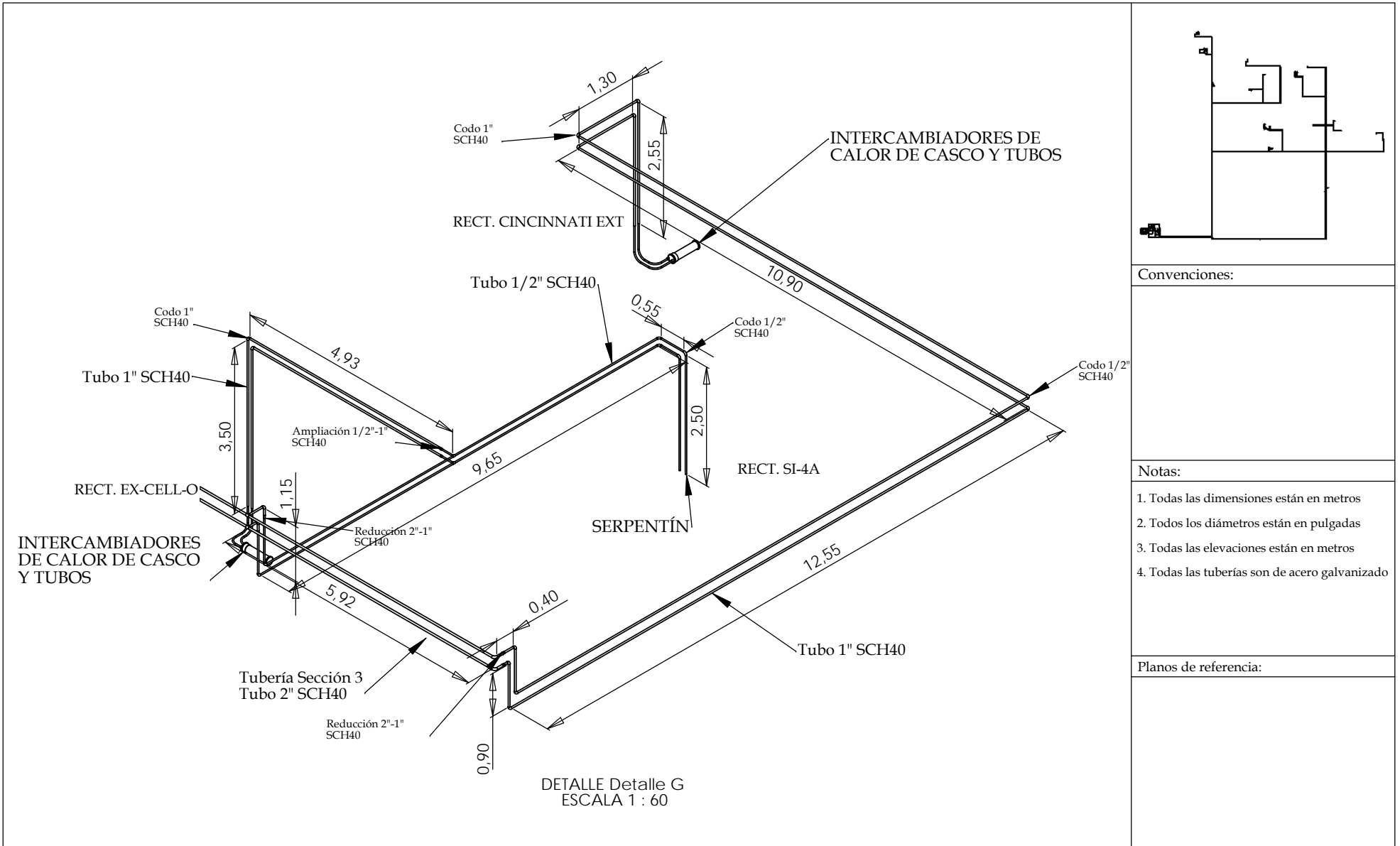



**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

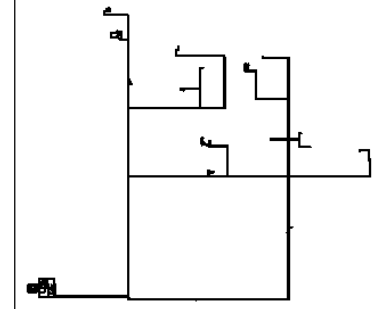
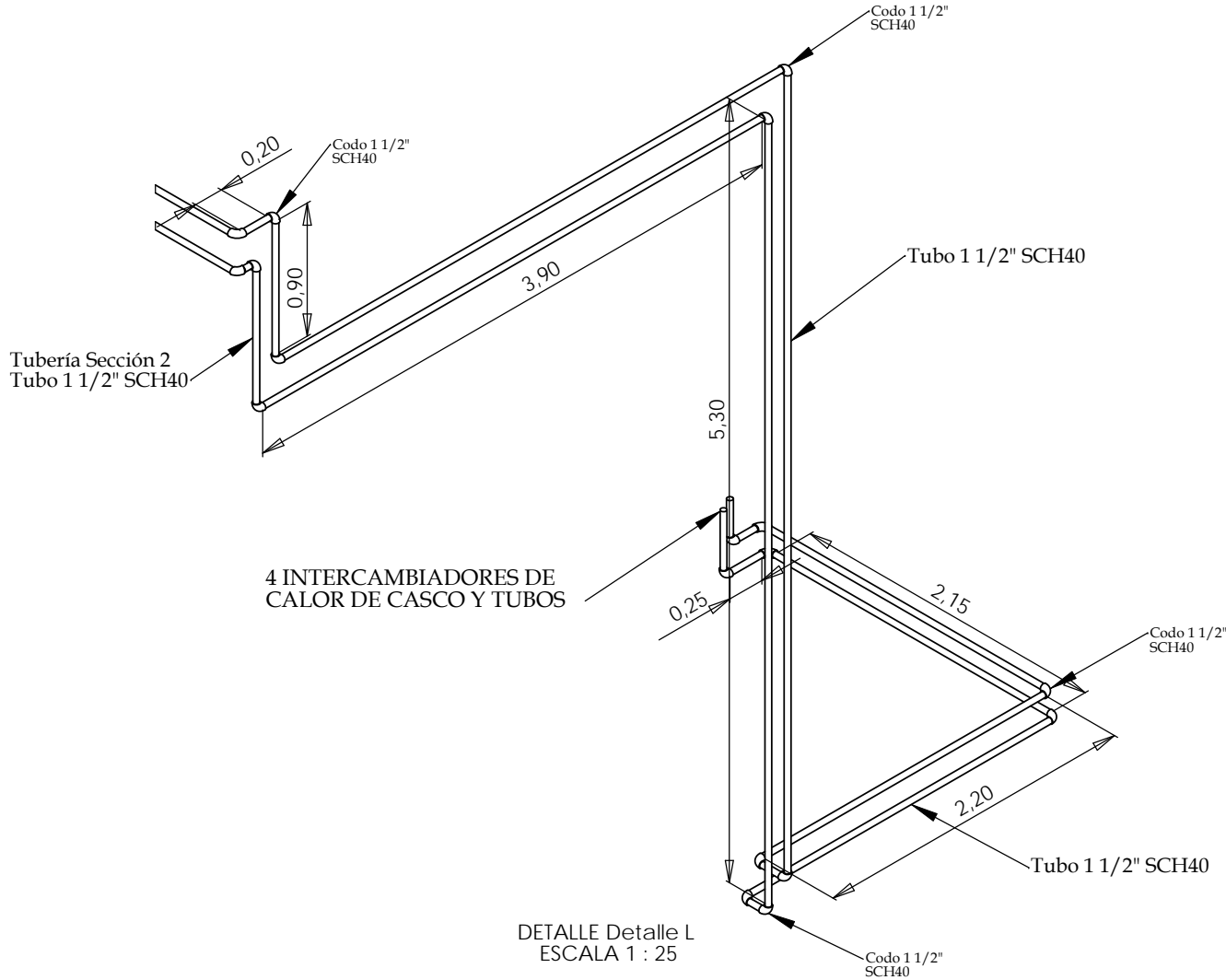
**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

AREA:	DESCRIPCIÓN:		
Planta	Zona Centradora TCT		
Escala:	Fecha:	Revisión:	Rev
1:20	Abril 11 de 2007	Emitido para comentarios	2



 <b>TRANSEJES COLOMBIA</b>	<b>EMPRESA: DANA Transejes Colombia</b>			<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO				
		DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ	<b>AREA:</b> Planta	<b>DESCRIPCIÓN:</b> Zona Rectificadoras Cincinnati, Ex-cell-O y SI-4A		
	NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González	<b>Escala:</b> 1:60	<b>Fecha:</b> Abril 11 de 2007	<b>Revisión:</b> Emitido para comentarios	<b>Rev</b> 2
	FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07				



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:

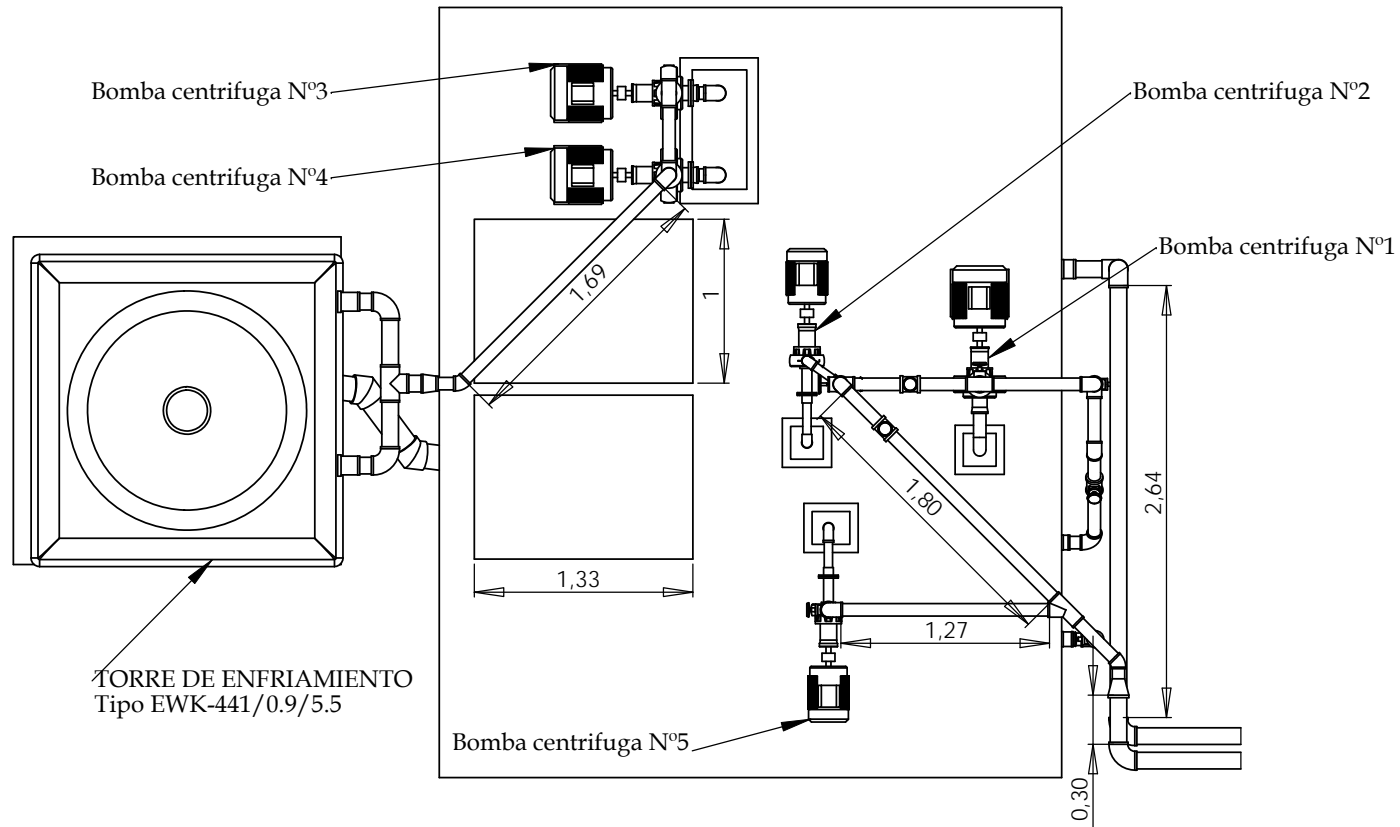


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

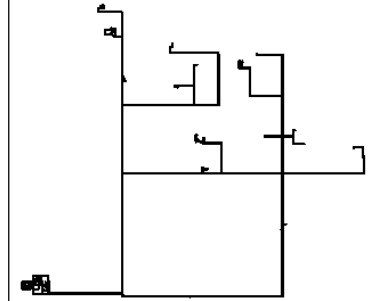
	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

PROYECTO:  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Zona Máquina de vida		
Escala: 1:25	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2



DETALLE Detalle M  
ESCALA 1 : 30



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:

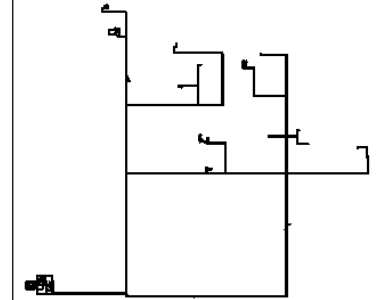
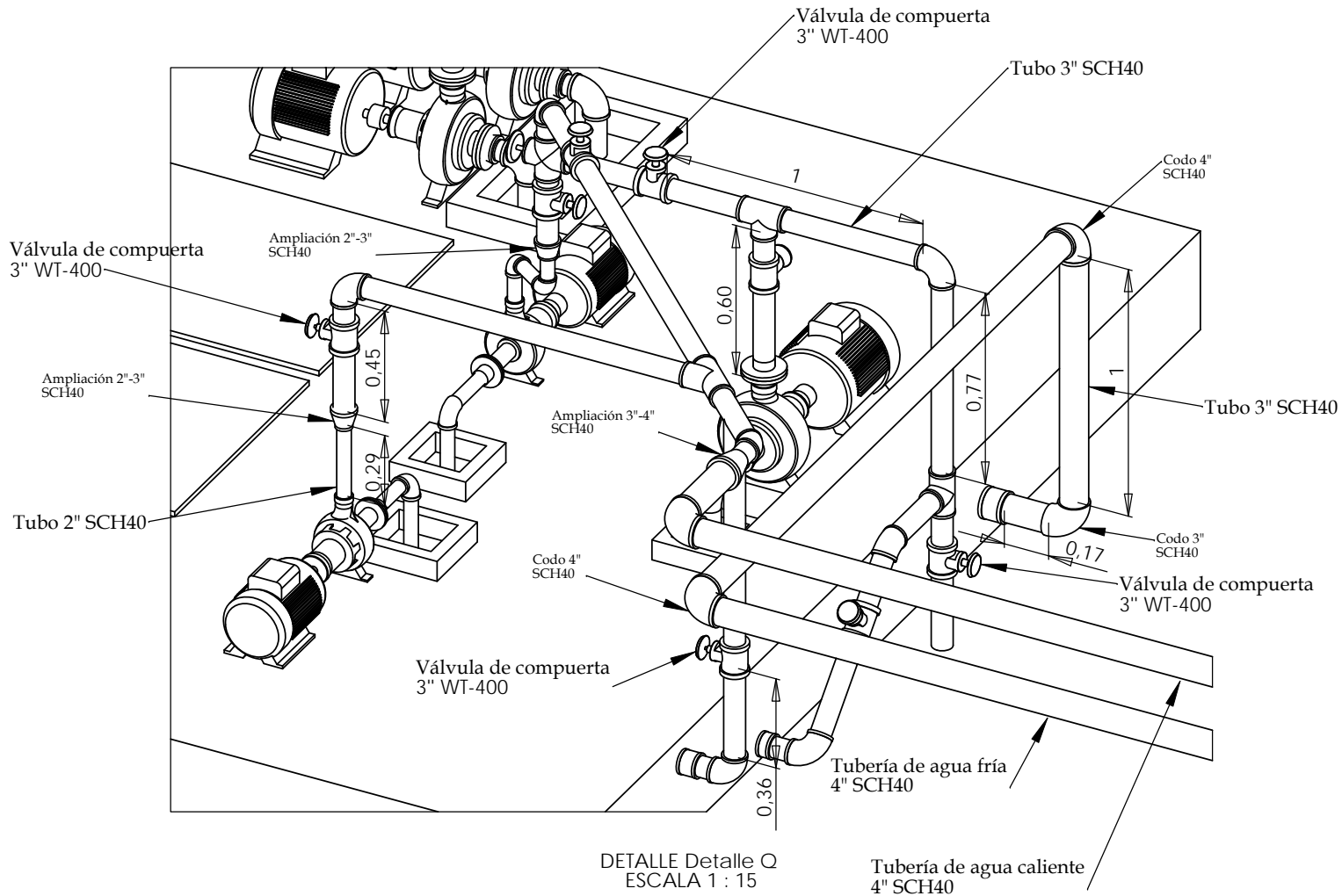


**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

AREA:	DESCRIPCIÓN:		
Planta	Zona Bombas centrífugas del sistema		
Escala:	Fecha:	Revisión:	Rev
1:30	Abril 11 de 2007	Emitido para comentarios	2



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:



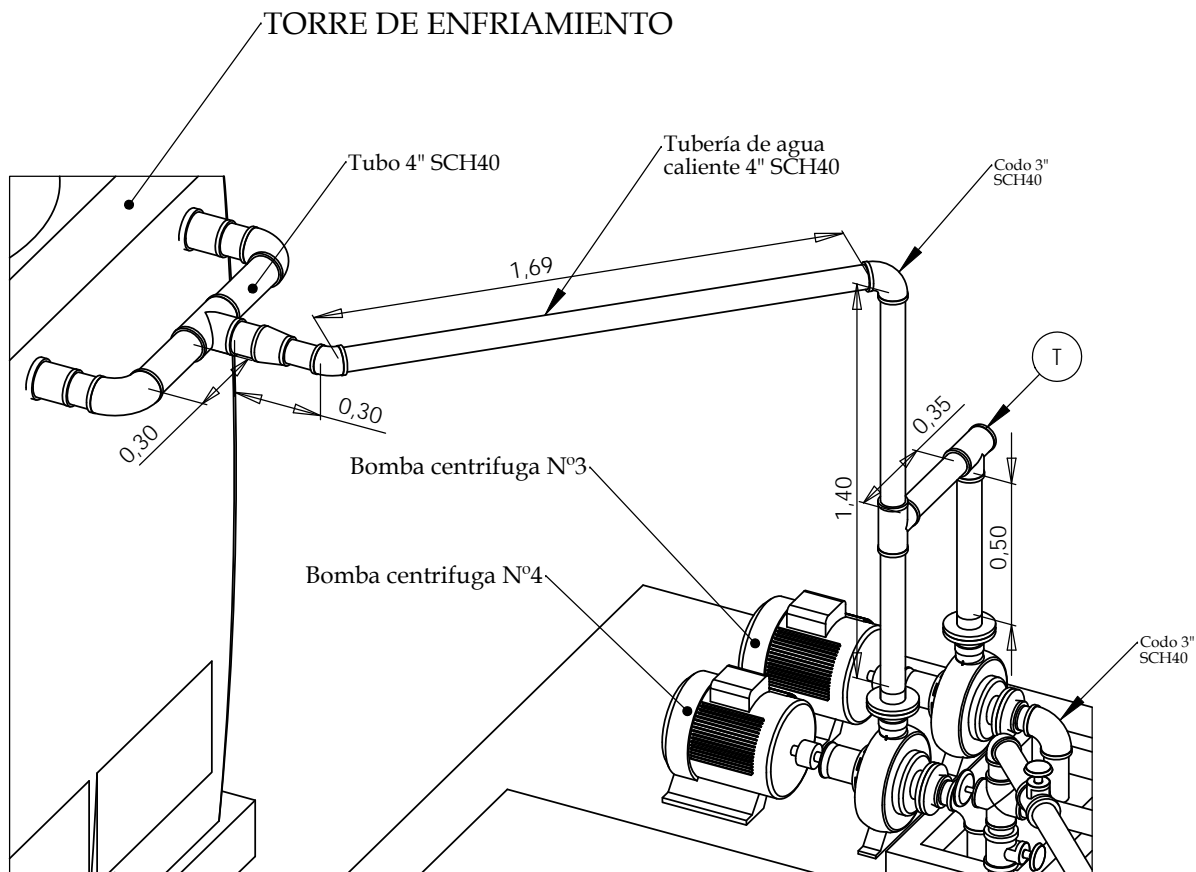
**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

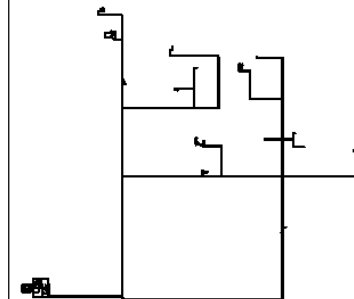
	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

AREA: Planta DESCRIPCIÓN: Zona de Bombas centrífugas de entrada de agua al sistema

Escala: 1:15	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2
--------------	-------------------------	------------------------------------	-------



DETALLE Detalle R  
ESCALA 1 : 15



Convenciones:

Notas:

1. Todas las dimensiones están en metros
2. Todos los diámetros están en pulgadas
3. Todas las elevaciones están en metros
4. Todas las tuberías son de acero galvanizado

Planos de referencia:



**EMPRESA: DANA Transejes Colombia**

**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	Rayner M./Jeisson P.	Victor Campillo	Fabio González
FECHA	11/04/07	11/04/07	11/04/07

AREA: Planta	DESCRIPCIÓN: Zona de Bombas centrífugas de entrada de agua a la Torre de Enfriamiento		
Escala: 1:15	Fecha: Abril 11 de 2007	Revisión: Emitido para comentarios	Rev 2

**ANEXO G. CARTA PSICRÓMETRICA ZONA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN**

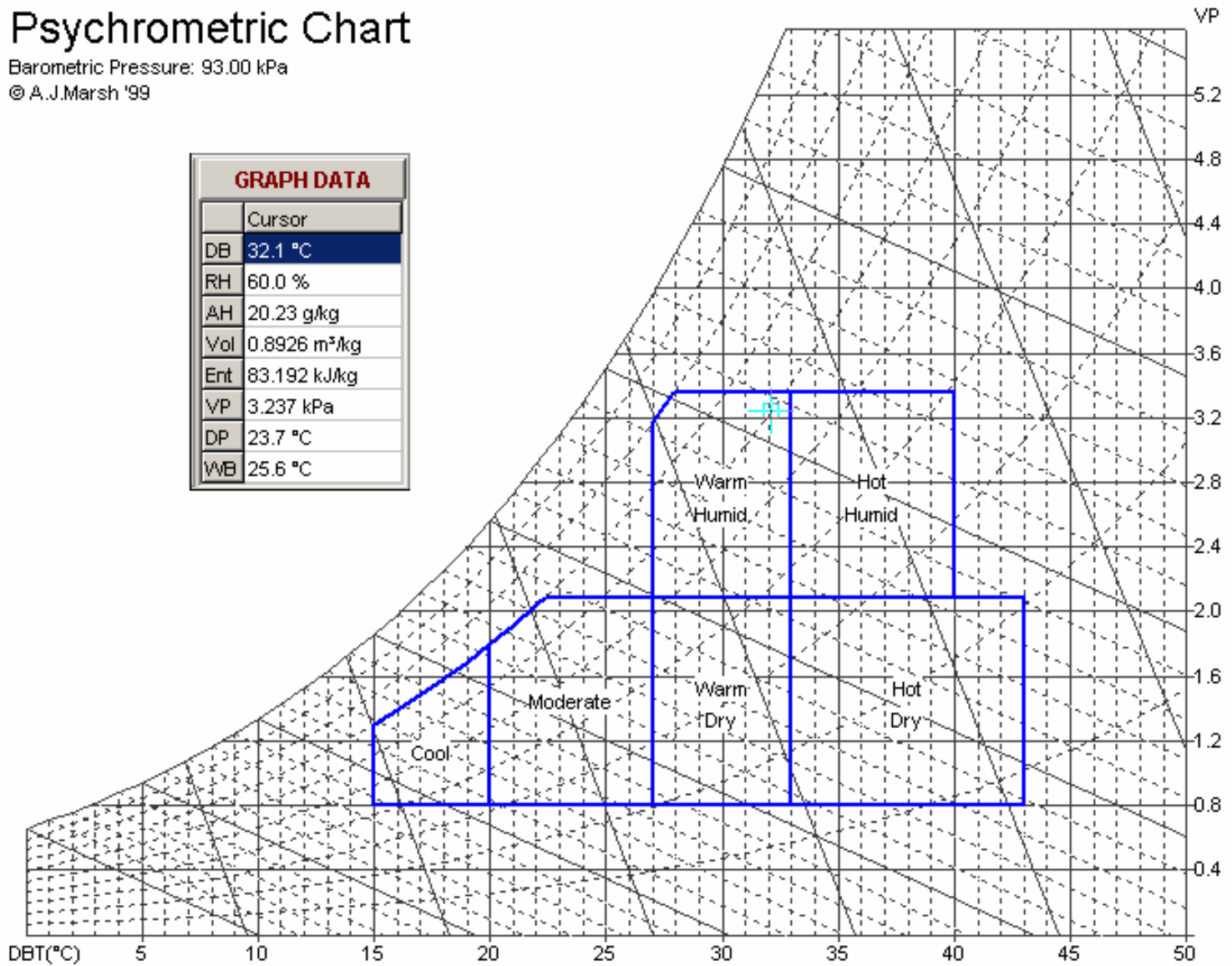
# CARTA PSICRÓMETRICA ZONA PLANTA DE PRODUCCIÓN

## Psychrometric Chart

Barometric Pressure: 93.00 kPa

© A.J.Marsh '99

GRAPH DATA	
	Cursor
DB	32.1 °C
RH	60.0 %
AH	20.23 g/kg
Vol	0.8926 m <sup>3</sup> /kg
Ent	83.192 kJ/kg
VP	3.237 kPa
DP	23.7 °C
WB	25.6 °C



**ANEXO H. FORMATOS DE ESTADÍSTICO DE  
TEMPERATURAS DE LAS MÁQUINAS**

MAQUINA DE TEMPLE EFD DE LA LINEA TULIPAS																											
FECHA	HORA	INTERCAMBIADORES DE CALOR																REGISTROS GENERALES									
		1a								1b								T <sub>AGUA SE</sub>		T <sub>AGUA MAQ</sub>					T <sub>REFR MAQ</sub>		
		AGUA ENFRIAMIENTO				AGUA GENERADOR				AGUA ENFRIAMIENTO				REFRIGERANTE													
		Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Tin	Tout	Tin	Tout	TK	Tin	Tout	TK		
21-Dec-06	12:15	-	29	-	32	-	34	-	33	-	30	-	32	-	35	-	34	29	32	33	34	34	34	35	35		
22-Dec-06	11:45	-	28	-	31	-	34	-	33	-	29	-	32	-	35	-	34	28	32	33	34	34	34	35	35		
26-Dec-06	14:25	-	31	-	32	-	33	-	33	-	30	-	34	-	36	-	35	30	34	33	33	33	35	36	36		
27-Dec-06	13:00	-	29	-	32	-	34	-	33	-	29	-	34	-	37	-	37	29	34	33	34	34	37	37	37		
28-Dec-06	14:30	-	29	-	32	-	35	-	34	-	31	-	37	-	38	-	39	29	36	34	35	35	38	39	39		
1-Feb-07	14:45	-	32	-	34	-	37	-	36	-	32	-	37	-	41	-	40	32	34	36	37	36	40	42	41		
2-Feb-07	12:10	-	29	-	32	-	33	-	32	-	30	-	34	-	37	-	37	29	33	32	33	32	37	34	33		
3-Feb-07	12:00	-	31	-	34	-	35	-	34	-	31	-	35	-	37	-	37	31	33	34	35	34	37	35	34		
5-Feb-07	14:30	-	31	-	33	-	33	-	32	-	31	-	35	-	37	-	37	31	33	33	35	33	37	35	37		
6-Feb-07	13:10	-	30	-	31	-	34	-	34	-	30	-	34	-	36	-	36	30	34	32	34	33	33	33	36		
7-Feb-07	13:15	-	30	-	31	-	34	-	34	-	30	-	34	-	36	-	36	30	34	32	34	33	33	33	36		
8-Feb-07	13:15	-	32	-	34	-	36	-	35	-	32	-	37	-	38	-	37	32	36	35	36	36	36	37	38		
9-Feb-07	13:20	-	29	-	32	-	36	-	35	-	29	-	34	-	38	-	37	29	34	34	36	36	35	36	37		
12-Feb-07	14:00	-	30	-	32	-	33	-	32.5	-	30	-	37	-	39	-	39	30	33	33	33	33	38	39	39		
14-Feb-07	13:15	-	32	-	34	-	37	-	36	-	32	-	39	-	41	-	41	32	36.5	36	37	37	41	41	41		
19-Feb-07	13:15	-	29	-	32	-	34	-	33	-	29	-	34	-	36	-	36	29	34	33	35	35	35	36	36		
21-Feb-07	13:00	-	27	-	29	-	31	-	30	-	27.3	-	30	-	32	-	32	27.3	29	31	32	32	32	32	32		
22-Feb-07	13:10	-	28	-	31	-	33.5	-	33	-	29	-	30	-	33	-	33	29	30	31	31	31	33	33	33		
27-Feb-07	14:15	-	28	-	30	-	34	-	33	-	28	-	34	-	35	-	35	28	32	33	34	34	35	35	35		
28-Feb-07	13:25	-	30	-	32.5	-	34	-	33	-	30	-	35	-	36	-	36	30	33	33	34	34	36	36	36		
6-Mar-07	13:00	-	31	-	32	-	34	-	33	-	31	-	34	-	35	-	35	31	32	33	34	34	35	35	35		
7-Mar-07	13:05	-	29	-	31	-	32	-	32	-	29	-	32	-	34	-	34	29	32	33	33	33	33	33	34		
8-Mar-07	13:30	-	29	-	33	-	34	-	33	-	29	-	34	-	37	-	36	31	32	33	34	34	36	37	37		
<b>PROMEDIO</b>	-	<b>29.70</b>	-	<b>32.02</b>	-	<b>34.11</b>	-	<b>33.33</b>	-	<b>29.93</b>	-	<b>34.26</b>	-	<b>36.48</b>	-	<b>36.22</b>	<b>29.80</b>	<b>33.15</b>	<b>33.17</b>	<b>34.22</b>	<b>33.91</b>	<b>35.65</b>	<b>35.83</b>	<b>36.17</b>			
<b>DELTA T</b>		<b>2.33</b>				<b>0.78</b>				<b>4.33</b>				<b>0.26</b>				<b>3.36</b>		<b>1.04</b>			<b>0.17</b>				
<b>Twb = 25,4</b>		<b>30.25</b>		<b>32</b>		<b>34.75</b>		<b>34.25</b>		<b>30.5</b>		<b>34.25</b>		<b>37</b>		<b>36.5</b>	<b>30.25</b>	<b>33.5</b>	<b>33.25</b>	<b>34.75</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>35.75</b>	<b>37</b>			
		<b>1.75</b>				<b>0.50</b>				<b>3.75</b>				<b>0.50</b>				<b>3.25</b>		<b>1.50</b>			<b>0.75</b>				

Presiones en Psi y Temperaturas en °C

TORNO COPIADOR DUBIED_INTEREJES										TORNO COPIADOR DETROIT_INTEREJES								CENTRADORA TCT_INTEREJES							
FECHA	HORA	INTERCAMBIADORES DE CALOR																							
		4								2								3							
		AGUA DE ENFRIAMIENTO				ACEITE HIDRÁULICO				AGUA DE ENFRIAMIENTO				ACEITE HIDRÁULICO				AGUA DE ENFRIAMIENTO				ACEITE HIDRÁULICO			
		Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout
21-Dec-06	12:40	-	30	-	32	-	45	-	44	-	31	-	32	-	45	-	43	-	31	10	32	-	37	-	34
22-Dec-06	12:30	-	32	-	34	-	44	-	42	-	31	-	32	-	45	-	44	-	34	10	37	-	41	-	38
26-Dec-06	14:30	-	31	-	33	-	45	-	44	-	30	-	31	-	45	-	44	-	31	11	32	-	37	-	34
27-Dec-06	12:15	-	32	-	34	-	44	-	43	-	31	-	32	-	45	-	44	-	31	10	33	-	38	-	34
28-Dec-06	14:45	-	32	-	34	-	45	-	44	-	31	-	32	-	46	-	45	-	33	10	35	-	47	-	41
1-Feb-07	14:15	-	32	-	35	-	47	-	35	-	32	-	32	-	47	-	47	-	34	10	37	-	42	-	39
2-Feb-07	12:30	-	35	-	38	-	48	-	38	-	33	-	34	-	48	-	47	-	36	10	40	-	44	-	42
3-Feb-07	12:05	-	34	-	37	-	47.5	-	37	-	32	-	33	-	47	-	47	-	33	10	35	-	43	-	39
5-Feb-07	14:40	-	34	-	42	-	46	-	44	-	32	-	33	-	46	-	45	-	34	10	36	-	42	-	38
6-Feb-07	13:20	-	35	-	38	-	49	-	48	-	33	-	34	-	47	-	46	-	35	10	39	-	42	-	39
7-Feb-07	13:25	-	32	-	36	-	48	-	47	-	32	-	33	-	47	-	46	-	32	10	36	-	41	-	38
8-Feb-07	13:25	-	34	-	37	-	47	-	47	-	33	-	33	-	51	-	50	-	36	10	39	-	43	-	40
9-Feb-07	13:40	-	32	-	35	-	45	-	44	-	31	-	31	-	48	-	47	-	32	10	37	-	40	-	37
12-Feb-07	14:10	-	33	-	33	-	36	-	36	-	33	-	33	-	43	-	43	-	36	10	41	-	42	-	36
14-Feb-07	13:55	-	33	-	33	-	33	-	33	-	32	-	34	-	47	-	46	-	33	10	37	-	41	-	37
19-Feb-07	13:45	-	29	-	33	-	44	-	43	-	29	-	29	-	42	-	42	-	31	10	34	-	37	-	34
21-Feb-07	13:40	-	31	-	33	-	46	-	44	-	28	-	29	-	43	-	42	-	29	10	32	-	37	-	33
22-Feb-07	13:20	-	32	-	36	-	46	-	45	-	31	-	32	-	46	-	45.5	-	32	10	34	-	39	-	35
27-Feb-07	14:15	-	33	-	41	-	49	-	48	-	32	-	33	-	46	-	45	-	33	10	36	-	46	-	41
28-Feb-07	14:05	-	34	-	40	-	48	-	47	-	32	-	33	-	45	-	44	-	32	10	36	-	42	-	37
6-Mar-07	13:45	-	33	-	39	-	46	-	46	-	32	-	33	-	46	-	44	-	33	10	39	-	44	-	38
7-Mar-07	13:15	-	33	-	38	-	47	-	46	-	34	-	32	-	45	-	44	-	32	10	37	-	38	-	37
8-Mar-07	13:25	-	32	-	38	-	47	-	46.5	-	35	-	32	-	46	-	44	-	33	10	41	-	41	-	37

<b>PROMEDIO</b>	-	<b>32.52</b>	-	<b>36.33</b>	-	<b>45.33</b>	-	<b>43.80</b>	-	<b>31.74</b>	-	<b>32.38</b>	-	<b>45.91</b>	-	<b>45.21</b>	-	<b>32.87</b>	<b>10.04</b>	<b>36.95</b>	-	<b>41.04</b>	-	<b>37.30</b>
<b>DELTA T</b>	<b>3.81</b>				<b>1.53</b>				<b>0.64</b>				<b>0.70</b>				<b>4.08</b>				<b>3.74</b>			

<b>Twb = 25,4</b>		<b>32.25</b>		<b>35.25</b>		<b>47.25</b>		<b>43.5</b>		<b>32</b>		<b>32.75</b>		<b>46.5</b>		<b>45.5</b>		<b>33</b>		<b>36</b>		<b>40.5</b>		<b>37.5</b>
	<b>3.00</b>				<b>3.75</b>				<b>0.75</b>				<b>1.00</b>				<b>3.00</b>				<b>3.00</b>			

Presiones en Psi y Temperaturas en °C

MAQUINA DE TEMPLE FDF DE LA LINEA JUNTAS FIJAS																																			
FECHA	HORA	INTERCAMBIADORES DE CALOR																						REGISTROS GENERALES											
		5a								5b								5c						T <sub>AGUA SE</sub>		T <sub>AGUA MAQ</sub>			T <sub>REFR MAQ</sub>						
		AGUA DE ENFRIAMIENTO				AGUA GENERADOR				AGUA DE ENFRIAMIENTO				REFRIGERANTE				AGUA DE ENFRIAMIENTO			REFRIGERANTE			T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>TK</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>TK</sub>				
		Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>TK</sub>	T <sub>in</sub>
21/12/2006	12:00	35	28	-	29	114	30	105	29	34.8	29	-	30	110	32	96	31	34.8	29	-	31	124.7	32	78.3	32	29	30	29	30	29	31	32	32		
22/12/2006	13:00	35	26	-	27	114	29	105	29	34.8	29	-	29	110	31	96	30	34.8	29	-	29	125	31	78.3	30	29	29	29	29	29	30	31	31		
26/12/2006	14:15	35	26	-	27	114	29	105	28	34.8	27	-	28	110	30	96	29	34.8	28	-	29	125	31	78.3	30	27	28	28	29	29	30	31	31		
27/12/2006	14:00	35	26	-	26	114	29	105	29	34.8	28	-	29	110	30	96	30	34.8	28	-	29	125	31	78.3	30	28	29	29	29	29	30	30	30		
28/12/2006	15:00	35	30	-	31	115	33	105	32	34.8	30	-	31	110	33	96	32	34.8	30	-	31	125	32	78.3	32	30	31	32	33	33	32	33	33		
01/02/2007	14:05	35	31	-	33	115	35	105	34	34.8	32	-	33	110	36	96	35	34.8	32	-	33	125	36	78.3	35	31	33	36	34	35	36	35	35		
02/02/2007	12:30	35	31	-	31	115	32	105	31	34.8	31	-	32	110	33	96	32	34.8	31	-	33	125	33	78.3	32	31	32	34	31	32	33	32	33		
03/02/2007	12:15	35	28	-	29	115	32	105	31	34.8	28	-	29	110	34	96	33	34.8	28	-	32	125	34	78.3	33	28	29	34	31	32	35	33	34		
05/02/2007	14:45	35	30	-	31	115	32	105	31	34.8	30	-	31	110	32	96	32	34.8	30	-	32	125	32	78.3	32	29	31	31	32	32	32	32	32		
06/02/2007	13:30	35.5	32	-	33	115	35	105	34	35	32	-	33	110	34	96	33	34.8	32	-	33	125	34	78.3	34	32	33	33	34	33	34	33	34		
07/02/2007	13:35	35.5	32	-	33	115	35	105	31	34.8	31	-	32	110	36	96	34.5	34.8	31	-	33	125	35	78.3	34	31	32.5	33	34	34	34	36	35.5		
08/02/2007	13:45	35	29.5	-	31	115	33	105	32	34.8	30	-	33	110	33	96	33	34.8	30	-	33	125	31	78.3	33	29.5	31	33	33	33	33	33	33		
09/02/2007	13:50	35	29	-	30	115	32	105	31	34.8	29	-	32	110	33	96	31	34.8	29	-	30	125	29	78.3	32	29	30	32	31	32	33	32	33		
12/02/2007	14:45	35	30	-	31	115	32	105	31	34.8	30	-	31	110	33	96	32	34.8	30	-	32	125	33	78.3	32	30	31	31	32	32	32	33	33		
14/02/2007	13:30	35	32	-	32.5	115	34	105	33	34.8	31	-	32	110	36	96	35	34.8	31	-	34	125	36	78.3	35.5	31	33	33	34	34	35.5	36	36		
19/02/2007	13:20	35	26.5	-	27	115	29	105	28	34.8	26	-	27	110	32	96	30.5	34.8	26	-	30	125	32	78.3	31.5	27	28	28	29	29	31	32	32		
21/02/2007	13:30	36	29	-	30	115	33	105	32	35.5	29	-	29	110	33	96	32	34.8	29	-	32	125	33	78.3	33	29	30	32	33	33	32	33	33		
22/02/2007	13:40	36	29	-	31	115	33	105	32	35	29	-	30	110	34	96	33	34.5	29	-	33	125	34	78.3	34	29	30	32	33	33	34	35	34		
27/02/2007	14:10	36	29	-	30	115	33	105	32	36	29	-	30	110	33	96	32	34.5	29	-	33	125	33	78.3	33	29	30	32	33	33	32	33	33		
28/02/2007	13:17	35	30	-	32	115	34	105	32	34.8	30	-	31	110	34	96	33	34.5	30	-	33	125	34	78.3	33	30	31	32	34	33	33	34	34		
06/03/2007	13:25	35	31	-	33	115	36	105	34	34.8	32	-	33	110	36	96	34	34.5	32	-	34	125	36	78.3	36	32	33.5	34	36	35	35	36	36		
07/03/2007	13:21	35	27.5	-	28.5	115	30	105	29	34.8	27.5	-	29	110	31	96	30	34.8	27.5	-	28.5	125	31	78.3	30	27.5	29	29	30	30	30	31	31		
08/03/2007	13:20	35.5	32	-	32.5	115	34	105	33	34.8	31	-	32	110	36	96	35	34.8	31	-	34	125	36	78.3	35.5	31	33	33	34	34	35.5	36	36		
<b>PROMEDIO</b>		<b>35.20</b>	<b>29.33</b>	<b>-</b>	<b>30.37</b>	<b>114.83</b>	<b>32.35</b>	<b>105.00</b>	<b>31.22</b>	<b>34.90</b>	<b>29.59</b>	<b>-</b>	<b>30.70</b>	<b>110.00</b>	<b>33.26</b>	<b>96.00</b>	<b>32.26</b>	<b>34.75</b>	<b>29.63</b>	<b>-</b>	<b>31.80</b>	<b>124.99</b>	<b>33.00</b>	<b>78.30</b>	<b>32.72</b>	<b>29.52</b>	<b>30.74</b>	<b>31.70</b>	<b>32.09</b>	<b>32.09</b>	<b>32.74</b>	<b>33.13</b>	<b>33.24</b>		
<b>DELTA T</b>		<b>1.04</b>				<b>1.13</b>				<b>1.11</b>				<b>1.00</b>				<b>2.17</b>				<b>0.28</b>				<b>1.22</b>		<b>0.39</b>			<b>0.39</b>				
<b>Twb = 25,4</b>		<b>35.25</b>	<b>30.75</b>		<b>32</b>	<b>114.75</b>	<b>33.75</b>	<b>105</b>	<b>32</b>	<b>34.85</b>	<b>31</b>		<b>32</b>	<b>110</b>	<b>34.5</b>	<b>96</b>	<b>33.375</b>	<b>34.8</b>	<b>31</b>		<b>32.5</b>	<b>124.925</b>	<b>34.25</b>	<b>78.3</b>	<b>33.75</b>	<b>30.75</b>	<b>32.13</b>	<b>32.75</b>	<b>33</b>	<b>32.75</b>	<b>33.75</b>	<b>34</b>	<b>34.13</b>		
		<b>1.25</b>				<b>1.75</b>				<b>1.00</b>				<b>1.13</b>				<b>1.50</b>				<b>0.50</b>				<b>1.38</b>		<b>0.25</b>			<b>0.25</b>				

Presiones en Psi y Temperaturas en °C

		RECTIFICADORA CINCINNATI_JUNTAS FIJAS								RECTIFICADORA SI-4A								RECTIFICADORA EXCELLO							
FECHA	HORA	INTERCAMBIADORES DE CALOR																							
		10								9								8							
		AGUA ENFRIAMIENTO				ACEITE HIDRÁULICO				AGUA ENFRIAMIENTO				REFRIGERANTE				AGUA ENFRIAMIENTO				REFRIGERANTE			
		Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout
21/12/2006	12:40	-	29	-	29	-	29	-	29	17.5	29	7.5	32	-	-	-	-	-	28	-	29	-	37	-	36
22/12/2006	12:30	-	30	-	30	-	30	-	30	17.5	32	7.5	34	-	-	-	-	-	31	-	32	-	38	-	37
26/12/2006	14:30	-	29	-	29	-	29	-	29	17.5	30	7.5	32	-	-	-	-	-	30	-	31	-	38	-	37
27/12/2006	12:15	-	28	-	28	-	28	-	28	17.5	28	7.5	31	-	-	-	-	-	28	-	29	-	36	-	35
28/12/2006	14:45	-	29	-	29	-	29	-	29	17.5	30	7.5	33	-	-	-	-	-	30	-	31	-	38	-	37
01/02/2007	14:15	-	32	-	33	-	46	-	43	17.5	36	7.5	37	-	-	-	-	-	36	-	38	-	46	-	45
02/02/2007	12:25	-	34	-	35	-	44	-	39	18	35	7.5	36	-	-	-	-	-	34	-	37	-	45	-	44
03/02/2007	12:10	-	30	-	30	-	34	-	33	18	34	7.5	35	-	-	-	-	-	34	-	34	-	47	-	47
05/02/2007	15:10	-	29	-	29	-	31	-	30	18	34	7.5	35	-	-	-	-	-	34	-	35	-	42	-	42
06/02/2007	13:25	-	31	-	31	-	41	-	39	18	36	7.5	37	-	-	-	-	-	36	-	36	-	43	-	42
07/02/2007	13:30	-	31	-	31	-	41	-	39	18	36	7.5	37	-	-	-	-	-	36	-	36	-	-	-	-
08/02/2007	15:40	-	31	-	32	-	43	-	40	18	36	7.5	36	-	-	-	-	-	36	-	36	-	-	-	-
09/02/2007	14:05	-	30	-	30	-	33	-	33	18	34	7.5	35	-	-	-	-	-	30	-	31	-	40	-	39.5
12/02/2007	14:30	-	31	-	31	-	31	-	31	18	36	7.5	36	-	-	-	-	-	31	-	33	-	40	-	39
14/02/2007	13:45	-	29	-	31	-	39	-	38	18	34	7.5	35	-	-	-	-	-	31	-	32	-	39	-	38
19/02/2007	14:00	-	28	-	28	-	38	-	38	18	32	7.5	32	-	-	-	-	-	29	-	31	-	36	-	35
21/02/2007	13:35	-	29	-	30	-	41	-	39	18	34	7.5	35	-	-	-	-	-	31	-	33	-	40	-	40
22/02/2007	13:47	-	29	-	29	-	30	-	30	18	34	7.5	36	-	-	-	-	-	29	-	29	-	32	-	32
27/02/2007	13:35	-	31	-	31	-	37	-	35	18	34	7.5	35	-	-	-	-	-	33	-	35	-	43	-	43
28/02/2007	14:35	-	32	-	32	-	36	-	36	18	34	7.5	35	-	-	-	-	-	31	-	32.5	-	40	-	39
06/03/2007	13:55	-	29	-	31	-	39	-	38	18	34	7.5	35	-	-	-	-	-	31	-	32	-	39	-	38
07/03/2007	14:24	-	28	-	29	-	38	-	37	18	29	7.5	29.5	-	-	-	-	-	30	-	32	-	38	-	38
08/03/2007	13:35	-	28	-	30	-	39	-	37	18	29	7.5	31	-	-	-	-	-	30	-	32	-	38	-	38
<b>PROMEDIO</b>	-	<b>29.87</b>	-	<b>30.35</b>	-	<b>35.91</b>	-	<b>34.78</b>	<b>17.87</b>	<b>33.04</b>	-	<b>34.33</b>	-	-	-	-	-	<b>31.70</b>	-	<b>32.89</b>	-	<b>39.76</b>	-	<b>39.48</b>	
<b>DELTA T</b>	<b>0.48</b>				<b>1.13</b>				<b>1.28</b>				<b>-</b>				<b>1.20</b>				<b>0.29</b>				
<b>Twb = 25,4</b>	<b>30.42</b>		<b>30.92</b>		<b>38.5</b>		<b>36.83</b>		<b>34.25</b>		<b>35.75</b>							<b>34</b>		<b>34.75</b>		<b>42</b>		<b>41</b>	
	<b>0.50</b>				<b>1.67</b>				<b>1.50</b>				<b>-</b>				<b>0.75</b>				<b>1.00</b>				

Presiones en Psi y Temperaturas en °C

HORNO DE CEMENTACION													GENERADOR DE GAS RX								SECADOR DE AIRE DEL COMPRESOR														
FECHA	HORA	INTERCAMBIADORES DE CALOR																																	
		13a								13b								14								12									
		AGUA ENFRIAMIENTO				GAS				AGUA ENFRIAMIENTO								AGUA ENFRIAMIENTO				GAS RX				AGUA ENFRIAMIENTO				AIRE					
Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout
21/12/2006	12:40	-	28	-	28	-	35	-	34	-	27	28	28	-	-	-	-	31	32	-	33	-	-	-	-	-	30	-	32	-	103	-	97		
22/12/2006	12:30	-	28	-	30	-	36	-	35	-	28	28	30	-	-	-	-	31	32	-	33	-	-	-	-	-	29	-	31	-	102	-	98		
26/12/2006	14:30	-	28	-	29	-	36	-	35	-	28	27	29	-	-	-	-	31	33	-	34	-	-	-	-	-	30	-	32	-	34	-	32		
27/12/2006	12:15	-	27	-	28	-	35	-	34	-	27	27	28	-	-	-	-	31	33	-	34	-	-	-	-	-	27	-	28	-	29	-	27		
28/12/2006	14:45	-	29	-	30	-	37	-	36	-	29	27	30	-	-	-	-	31	33	-	34	-	-	-	-	-	29	-	30	-	33	-	31		
01/02/2007	14:15	-	30	-	31	-	36	-	35	-	30	27	31	-	-	-	-	31	32	-	33	-	-	-	-	-	30	-	31	-	34	-	32		
02/02/2007	12:30	-	30	-	31	-	35	-	35	-	30	27	31	-	-	-	-	31	32	-	33	-	-	-	-	-	30	-	32	-	34	-	32		
03/02/2007	12:20	-	29	-	29	-	36	-	36	-	29	28	31	-	-	-	-	31	31	-	32	-	-	-	-	-	29	-	30	-	34	-	30		
05/02/2007	14:50	-	29	-	33	-	37	-	36	-	29	28	31	-	-	-	-	31	31	-	32	-	-	-	-	-	29	-	29	-	103	-	96		
06/02/2007	13:30	-	31	-	38	-	37	-	36	-	31	28	33	-	-	-	-	32	31	-	33	-	-	-	-	-	31	-	33	-	103	-	82		
07/02/2007	13:45	-	29	-	35	-	38	-	37	-	29	29	32	-	-	-	-	32.5	30	-	32	-	-	-	-	-	29	-	30	-	103	-	97		
08/02/2007	13:50	-	32	-	32	-	40	-	39	-	32	27	34	-	-	-	-	32	31	-	33	-	-	-	-	-	30	-	32	-	103	-	97		
09/02/2007	13:55	-	30	-	38	-	38	-	37	-	30	27	33	-	-	-	-	31	30	-	32	-	-	-	-	-	29	-	31	-	103	-	91		
12/02/2007	14:40	-	31	-	38	-	38	-	37	-	31	27	32	-	-	-	-	31	31	-	33	-	-	-	-	-	31	-	33	-	36	-	34		
14/02/2007	13:40	-	31	-	35	-	39	-	38	-	31	27	34	-	-	-	-	31	31	-	33	-	-	-	-	-	29	-	31	-	90	-	89		
19/02/2007	14:05	-	30	-	29	-	35	-	34	-	27	27	29	-	-	-	-	31	27	-	29	-	-	-	-	-	28	-	37	-	93	-	82		
21/02/2007	14:15	-	30	-	35	-	39	-	38	-	30	29	32	-	-	-	-	33	30	-	32	-	-	-	-	-	28	-	30	-	86	-	82		
22/02/2007	14:45	-	31	-	37	-	39	-	38	-	31	29	32	-	-	-	-	33	31	-	33	-	-	-	-	-	30	-	31	-	93	-	83		
27/02/2007	14:37	-	31	-	37	-	38	-	39	-	31	29	32	-	-	-	-	32	31	-	33	-	-	-	-	-	30	-	31	-	93	-	87		
28/02/2007	14:15	-	31	-	36	-	41	-	40	-	32	27	33	-	-	-	-	31	31	-	33	-	-	-	-	-	30	-	31	-	93	-	87		
06/03/2007	13:55	-	31	-	36	-	38	-	38	-	31	27	33	-	-	-	-	31	31	-	33	-	-	-	-	-	26	-	28	-	87	-	83		
07/03/2007	14:25	-	29	-	34	-	38	-	37	-	30	29	32	-	-	-	-	33	29	-	32	-	-	-	-	-	29	-	32	-	100	-	87		
<b>PROMEDIO</b>	-	<b>29.77</b>	-	<b>33.14</b>	-	<b>37.32</b>	-	<b>36.55</b>	-	<b>29.68</b>	<b>27.68</b>	<b>31.36</b>	-	-	-	-	<b>31.48</b>	<b>31.05</b>	-	<b>32.68</b>	-	-	-	-	-	<b>29.23</b>	-	<b>31.14</b>	-	<b>97.00</b>	-	<b>89.20</b>			
<b>DELTA T</b>		<b>3.36</b>				<b>0.77</b>				<b>1.68</b>				<b>-</b>				<b>1.64</b>		<b>-</b>					<b>1.91</b>		<b>7.80</b>								
<b>Twb = 25,4</b>		<b>29.5</b>		<b>33</b>		<b>36.5</b>		<b>35.5</b>		<b>29.25</b>		<b>31</b>					<b>31.63</b>	<b>31.25</b>		<b>32.75</b>						<b>30</b>		<b>31.5</b>		<b>85.75</b>		<b>77</b>			
		<b>3.50</b>				<b>1.00</b>				<b>1.75</b>				<b>-</b>				<b>1.50</b>		<b>-</b>					<b>1.50</b>		<b>8.75</b>								

Presiones en Psi y Temperaturas en °C

MAQUINA DE TEMPLE TOCCO 1_INTEREJES																																											
FECHA	HORA	INTERCAMBIADORES DE CALOR																								REGISTROS GENERALES																	
		7a								7b								7c								7d								T <sub>máq</sub>	T <sub>AGUA SE</sub>		T <sub>AGUA MAQ</sub>			T <sub>REFR MAQ</sub>			
		AGUA ENFRIAMIENTO				AGUA GENERADOR				AGUA ENFRIAMIENTO				AGUA GENERADOR				AGUA ENFRIAMIENTO				REFRIGERANTE				AGUA ENFRIAMIENTO				REFRIGERANTE					°C	T <sub>In</sub>	T <sub>Out</sub>	T <sub>In</sub>	T <sub>Out</sub>	T <sub>TK</sub>	T <sub>In</sub>	T <sub>Out</sub>	T <sub>TK</sub>
		Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout			Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout
21/12/06	12:30	-	32	-	35	70	38	-	37	-	32	-	38	-	37	-	33	-	36	-	44	-	43	-	33	-	37	-	43	-	42	40.8	33	37	37	38	38	42	44	44			
22/12/06	11:45	-	33	-	35	70	39	-	37	-	33	-	36	-	39	-	38	-	33	-	36	-	42	-	41	-	33	-	38	-	41	-	39	39	33	37	39	42	41	39	42	42	
26/12/06	14:00	-	29	-	32	70	38	-	37	-	29	-	34	-	34	-	33	-	30	-	33	-	39	-	38	-	30	-	34	-	39	-	38	29.5	30	33	33	34	34	38	39	39	
27/12/06	12:45	-	31	-	34	70	36	-	35	-	31	-	34	-	36	-	39	-	31	-	33	-	40	-	39	-	31	-	34	-	39	-	38	37.4	31	33	32	33	33	38	40	39	
28/12/06	15:00	-	30	-	31	70	32	-	31	-	30	-	32	-	33	-	33	-	32	-	33	-	33	-	32	-	32	-	33	-	32	-	31	29	32	33	31	32	32	32	33	33	
01/02/07	14:15	-	31	-	34	70	38	-	37	-	31	-	34	-	38	-	38	-	31	-	34	-	43	-	42	-	34	-	36	-	42	-	42	37.5	31	37	38	39	38	42	44	43	
02/02/07	12:00	-	32	-	35	70	38	-	37	-	32	-	37	-	38	-	38	-	32	-	34	-	42	-	42	-	34	-	36	-	42	-	41	38	32	37	37	38	37	42	43	42	
03/02/07	11:40	-	32	-	35	70	39	-	38	-	32	-	38	-	39	-	38	-	32	-	35	-	44	-	44	-	35	-	39	-	44	-	43	39.6	32	38	38	39	38	43	45	44	
05/02/07	15:10	-	29	-	31	70	32	-	31	-	29	-	32	-	32	-	31	-	32	-	32	-	33	-	33	-	32	-	32	-	33	-	33	32	29	31	29	31	31	32	32	32	
06/02/07	13:40	-	31	-	32	70	34	-	33	-	31	-	34	-	34	-	33	-	31	-	32	-	37	-	37	-	32	-	34	-	37	-	36	32.3	31	33	33	34	34	36	37	37	
07/02/07	14:05	-	30	-	31	70	36	-	35	-	30	-	35	-	35	-	34	-	30	-	33	-	41	-	39	-	33	-	34	-	39	-	38	38	30	34	35	36	36	38	41	40	
08/02/07	14:20	-	29	-	33	70	37	-	36	-	29	-	35	-	37	-	36	-	29	-	31	-	39	-	39	-	31	-	33	-	39	-	38	37	29	33	36	37	37	38	39	39	
09/02/07	14:15	-	29	-	34	70	36	-	33	-	29	-	35	-	36	-	35	-	29	-	31	-	39	-	39	-	31	-	34	-	39	-	38	36.8	29	33	35	36	36	38	39	39	
12/02/07	14:35	-	32	-	35	70	38	-	37	-	32	-	36	-	36	-	37	-	32	-	34	-	41	-	41	-	34	-	37	-	41	-	40	38	32	36	37	39	39	37	38	38	
14/02/07	13:35	-	32	-	34	70	38	-	37	-	32	-	37	-	38	-	38	-	32	-	34	-	41	-	40	-	34	-	36	-	40	-	39	37	32	37	36	37	37	39	41	40	
19/02/07	14:20	-	27	-	29	70	32	-	31	-	27	-	31	-	27	-	28	-	27	-	28	-	35	-	34	-	28	-	30	-	34	-	34	34.8	27	30	31	32	32	34	35	35	
21/02/07	13:50	-	28	-	32	70	36	-	34	-	28	-	34	-	36	-	35	-	28	-	31	-	38	-	38	-	31	-	33	-	38	-	37	36.7	28	33	34	36	35	37	38	38	
22/02/07	13:45	-	29	-	34	70	36	-	33	-	29	-	35	-	36	-	35	-	29	-	31	-	39	-	39	-	31	-	34	-	39	-	38	36.8	29	33	35	36	36	38	39	39	
27/02/07	14:05	-	29	-	31	70	36	-	34	-	29	-	34	-	36	-	34	-	29	-	31	-	37	-	36	-	31	-	34	-	36	-	36	36.1	29	33	34	36	36	36	37	37	
28/02/07	13:55	-	31	-	33	70	37	-	35	-	31	-	35	-	37	-	36	-	31	-	32	-	38	-	38	-	32	-	34	-	38	-	37	35.2	31	34	35	36.5	37	37	37	37	
06/03/07	14:10	-	31	-	33	70	38	-	36	-	31	-	35	-	38	-	38	-	31	-	32	-	36	-	35.5	-	32	-	33	-	35.5	-	35	33.9	31	34	37	38	37	35	36	36	
07/03/07	14:03	-	27	-	29	70	33	-	32	-	27	-	31	-	33	-	32	-	27	-	28	-	33	-	33	-	28	-	30	-	33	-	32	30.4	27	32	32	33	33	33	33	33	

PROMEDIO	-	30.18	-	32.82	-	36.23	-	34.82	-	30.18	-	34.64	-	35.68	-	35.27	-	30.50	-	32.45	-	38.82	-	38.30	-	31.91	-	34.32	-	38.34	-	37.50	35.72	30.36	34.14	34.73	36.02	35.77	37.45	38.73	38.45
DELTA T	2.64				1.41				4.45				0.41				1.95				0.52				2.41				0.84				35.72	3.77	1.30			1.27			

Twb = 25,4	31	33	36.5	35.5	31	35.25	36	35.5	31.25	33.75	41.25	40.25	33	35.25	40.25	39.5	37.15	31.25	35.25	35.75	36.75	36.5	39.5	41.5	41
	2.00		1.00		4.25		0.50		2.50		1.00		2.25		0.75		37.15	4.00	1.00			2.00			

Presiones en Psi y Temperaturas en °C

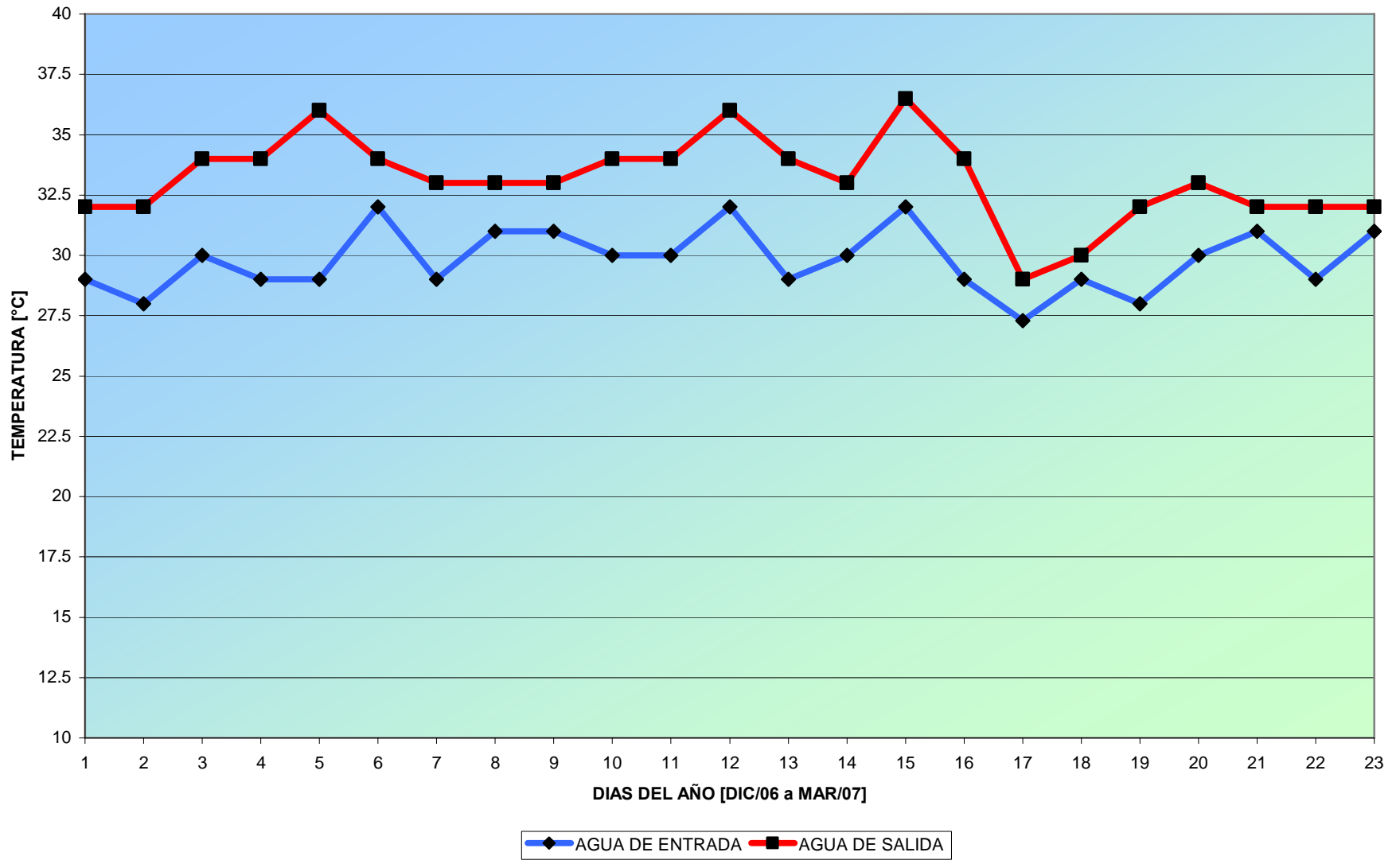
MÁQUINA DE VIDA

INTERCAMBIADORES DE CALOR																																									
FECHA	HORA	11a								11b								11c								11d								T <sub>AGUA SE</sub>							
		AGUA REFRIGERACION				ACEITE HIDRÁULICO				AGUA REFRIGERACION				ACEITE HIDRÁULICO				AGUA REFRIGERACION				ACEITE HIDRÁULICO				AGUA REFRIGERACION				ACEITE HIDRÁULICO				T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>						
		Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout	Pin	Tin	Pout	Tout
21/12/2006	12:40	22	33	-	38	-	42	-	39	21	33	-	38	-	42	-	39	21.33	33	-	42	-	60	-	52	25.33	37	-	46	-	59	-	53.5	33	39						
22/12/2006	12:30	22	33	-	38	-	40	-	38	21	33	-	38	-	40	-	39	22	32	-	42	-	57	-	53	22	32	-	42	-	52	-	49	33	38						
26/12/2006	14:15	22	32	-	33	-	40	-	39	21	32	-	33	-	39	-	38	22	32	-	32	-	58	-	52	-	32	-	32	-	53	-	49	32	33						
27/12/2006	12:45	22	28	-	28	-	28	-	28	21	28	-	28	-	28	-	28	22	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	32	33						
28/12/2006	15:00	22	28	-	28	-	28	-	28	21	28	-	28	-	28	-	28	22	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	28	28						
01/02/2007	14:55	22	28	-	28	-	28	-	28	21	28	-	28	-	28	-	28	22	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	28	28						
02/02/2007	13:30	22	28	-	28	-	28	-	28	21	28	-	28	-	28	-	28	22	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	-	28	28	28						
03/02/2007	11:45	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
05/02/2007	15:15	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
06/02/2007	14:45	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
07/02/2007	13:30	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
08/02/2007	13:42	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
09/02/2007	13:35	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
12/02/2007	14:10	22	26	-	26	-	26	-	26	21	26	-	26	-	26	-	26	22	26	-	26	-	26	-	26	-	26	-	26	-	26	-	26	26	26						
14/02/2007	13:55	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
19/02/2007	13:40	22	27	-	27	-	27	-	27	21	27	-	27	-	27	-	27	22	27	-	27	-	27	-	27	-	27	-	27	-	27	-	27	27	27						
21/02/2007	13:40	22	27	-	27	-	27	-	27	21	27	-	27	-	27	-	27	22	27	-	27	-	27	-	27	-	27	-	27	-	27	-	27	27	27						
22/02/2007	13:15	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
27/02/2007	14:10	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
28/02/2007	13:36	22	31	-	31	-	31	-	31	21	31	-	31	-	31	-	31	22	31	-	31	-	31	-	31	-	31	-	31	-	31	-	31	31	31						
06/03/2007	13:10	22	28	-	29	-	28	-	29	21	28	-	29	-	28	-	29	22	28	-	29	-	28	-	29	-	28	-	29	-	28	-	29	28	29						
07/03/2007	13:55	22	29	-	29	-	29	-	29	21	29	-	29	-	29	-	29	22	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	-	29	29	29						
08/03/2007	14:05	22	30	-	30	-	30	-	30	21	30	-	30	-	30	-	30	22	30	-	30	-	30	-	30	-	30	-	30	-	30	-	30	30	30						
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.00</b>	<b>29.09</b>	<b>-</b>	<b>29.61</b>	<b>-</b>	<b>30.13</b>	<b>-</b>	<b>29.91</b>	<b>21.00</b>	<b>29.09</b>	<b>-</b>	<b>29.61</b>	<b>-</b>	<b>30.09</b>	<b>-</b>	<b>29.91</b>	<b>21.97</b>	<b>29.04</b>	<b>-</b>	<b>29.91</b>	<b>-</b>	<b>32.43</b>	<b>-</b>	<b>31.70</b>	<b>-</b>	<b>29.22</b>	<b>-</b>	<b>30.09</b>	<b>-</b>	<b>31.96</b>	<b>-</b>	<b>31.46</b>	<b>29.26</b>	<b>29.87</b>							
<b>PROM. En Operación (Feb)</b>	<b>22.00</b>	<b>32.67</b>	<b>-</b>	<b>36.33</b>	<b>-</b>	<b>40.67</b>	<b>-</b>	<b>38.67</b>	<b>21.00</b>	<b>32.67</b>	<b>-</b>	<b>36.33</b>	<b>-</b>	<b>40.33</b>	<b>-</b>	<b>38.67</b>	<b>21.78</b>	<b>32.33</b>	<b>-</b>	<b>38.67</b>	<b>-</b>	<b>58.33</b>	<b>-</b>	<b>52.33</b>	<b>-</b>	<b>33.67</b>	<b>-</b>	<b>40.00</b>	<b>-</b>	<b>54.67</b>	<b>-</b>	<b>50.50</b>	<b>32.67</b>	<b>36.67</b>							
<b>DELTA T</b>	<b>3.67</b>				<b>2.00</b>				<b>3.67</b>				<b>1.67</b>				<b>6.33</b>				<b>6.00</b>				<b>6.33</b>				<b>4.17</b>				<b>4.00</b>								

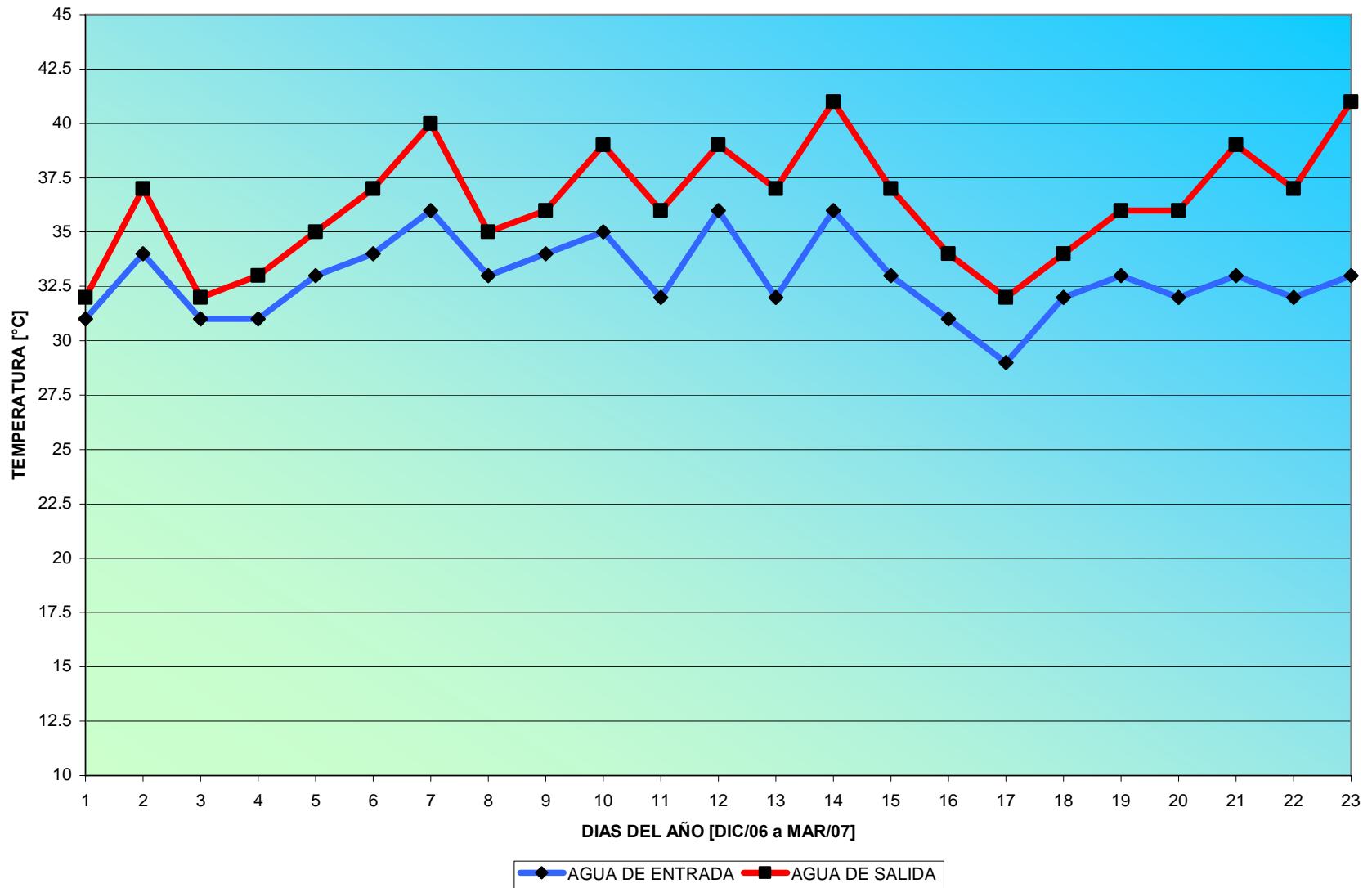
Presiones en Psi y Temperaturas en °C

**ANEXO I. GRÁFICOS DE TEMPERATURAS DEL AGUA DE  
CADA MÁQUINA**

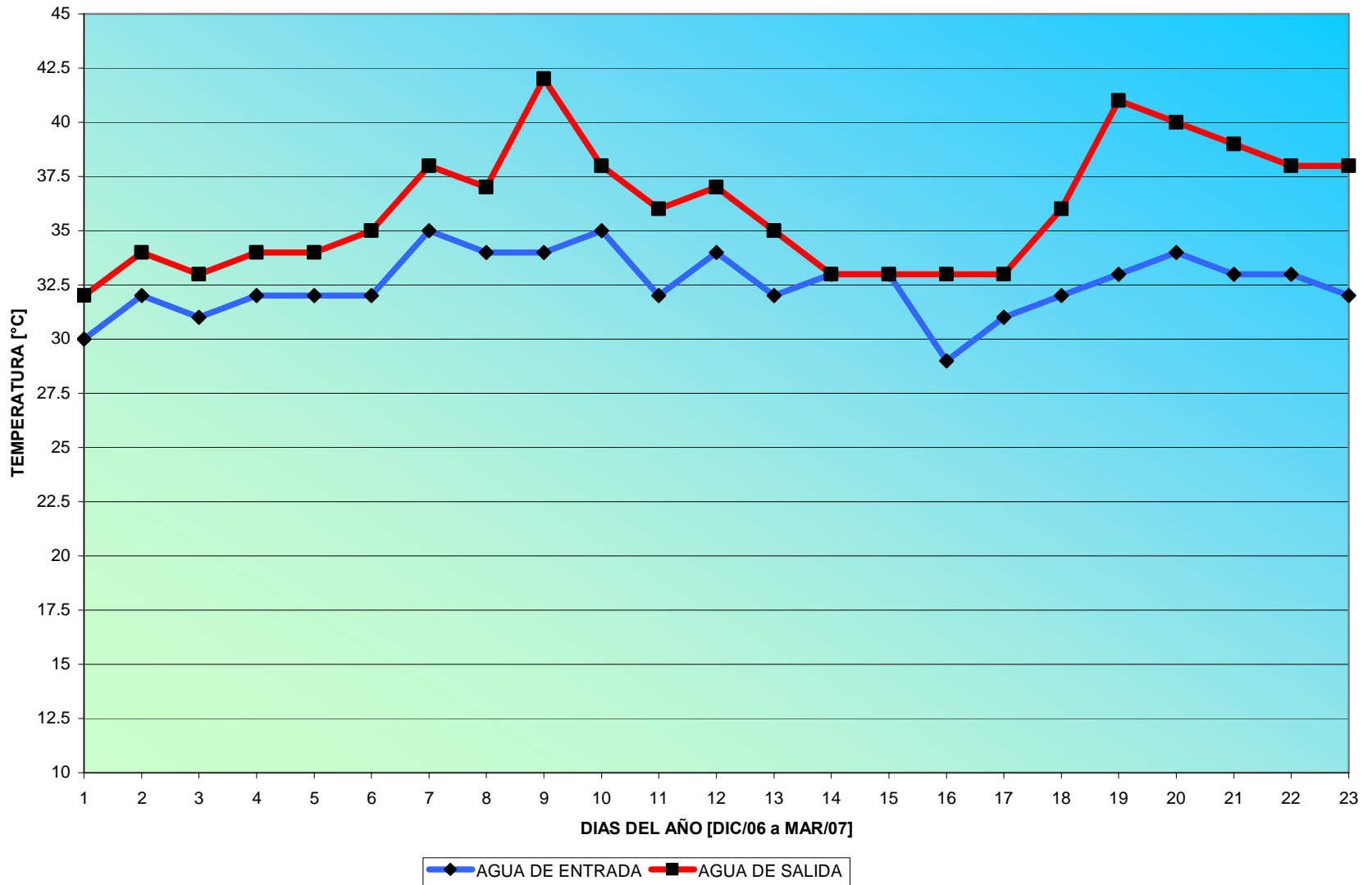
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN LA MÀQUINA DE TEMPLE EFD DE LA LINEA DE PRODUCCION TULIPAS



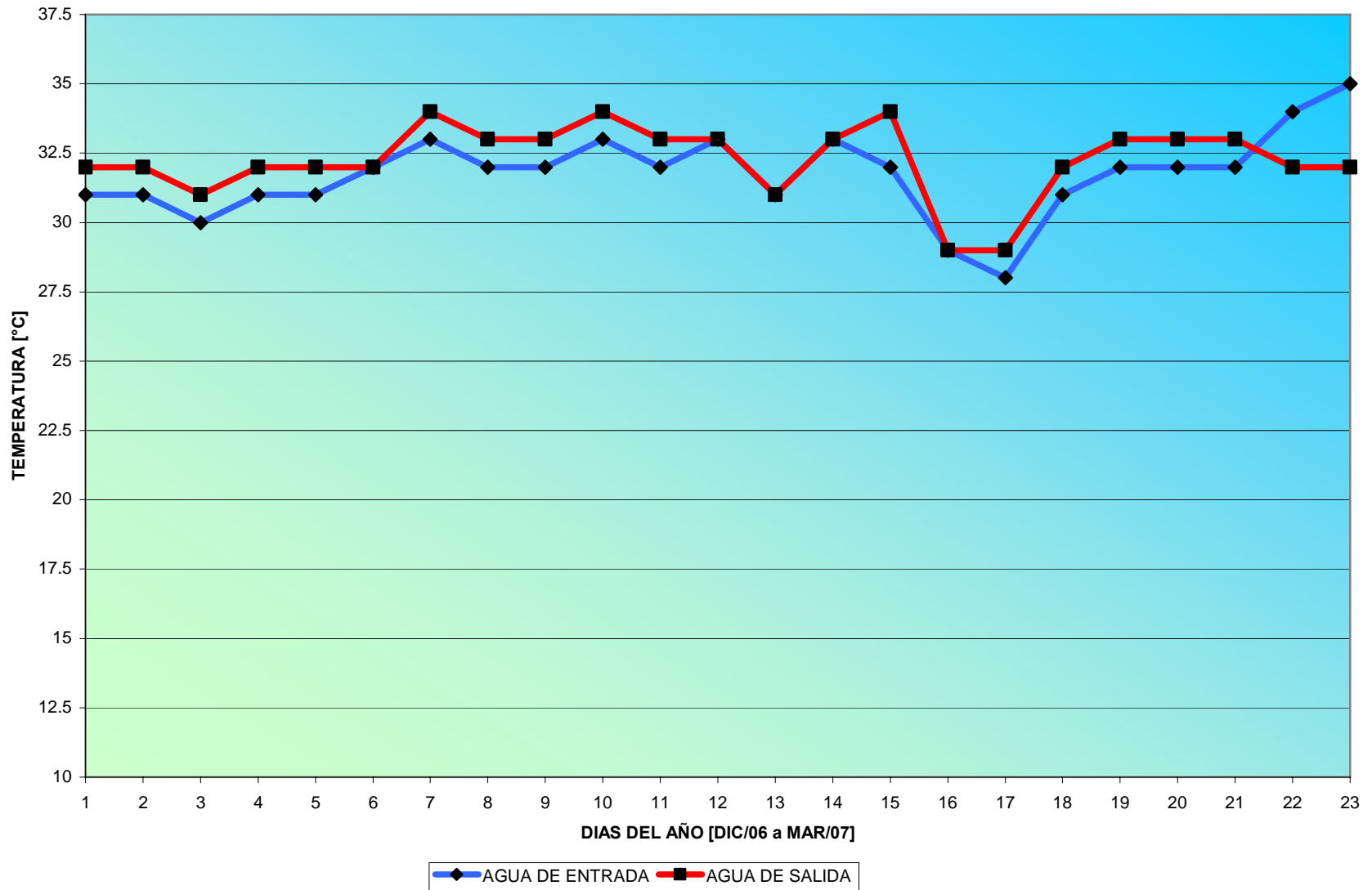
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA CENTRADORA TCT DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN INTEREJES



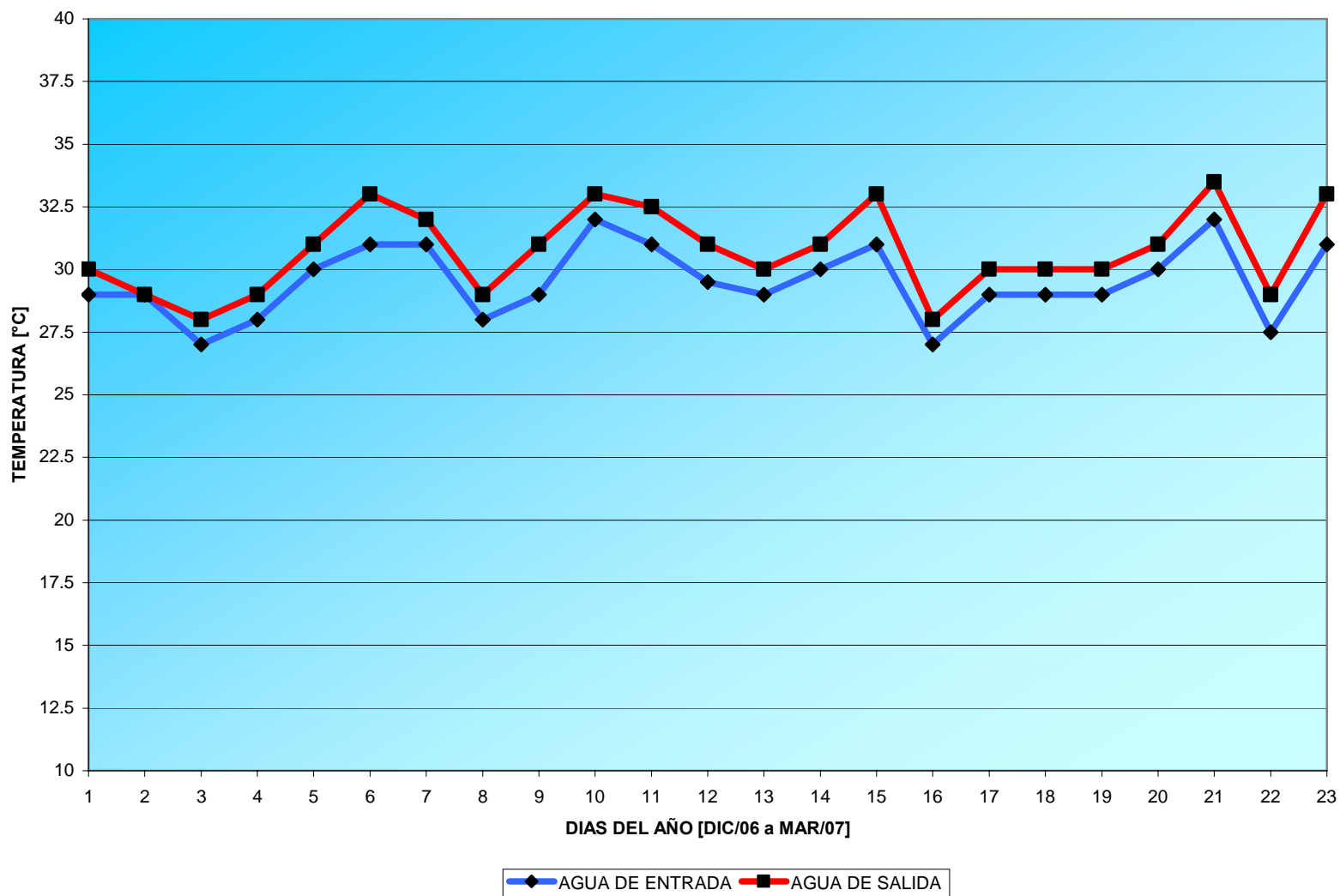
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL TORNO  
COPIADOR DUBIED DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN INTEREJES



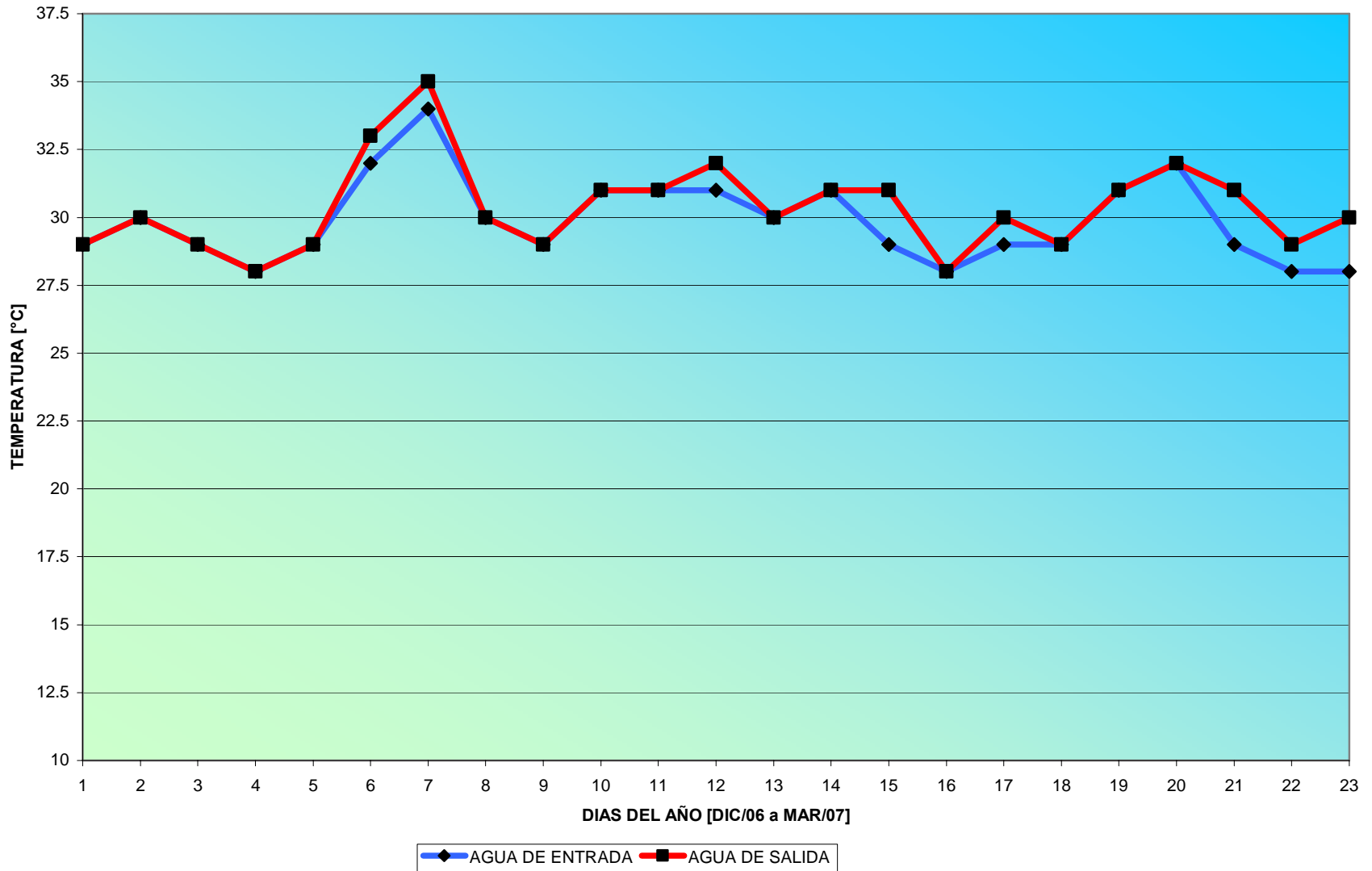
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL TORNO  
COPIADOR DETROIT DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN INTEREJES



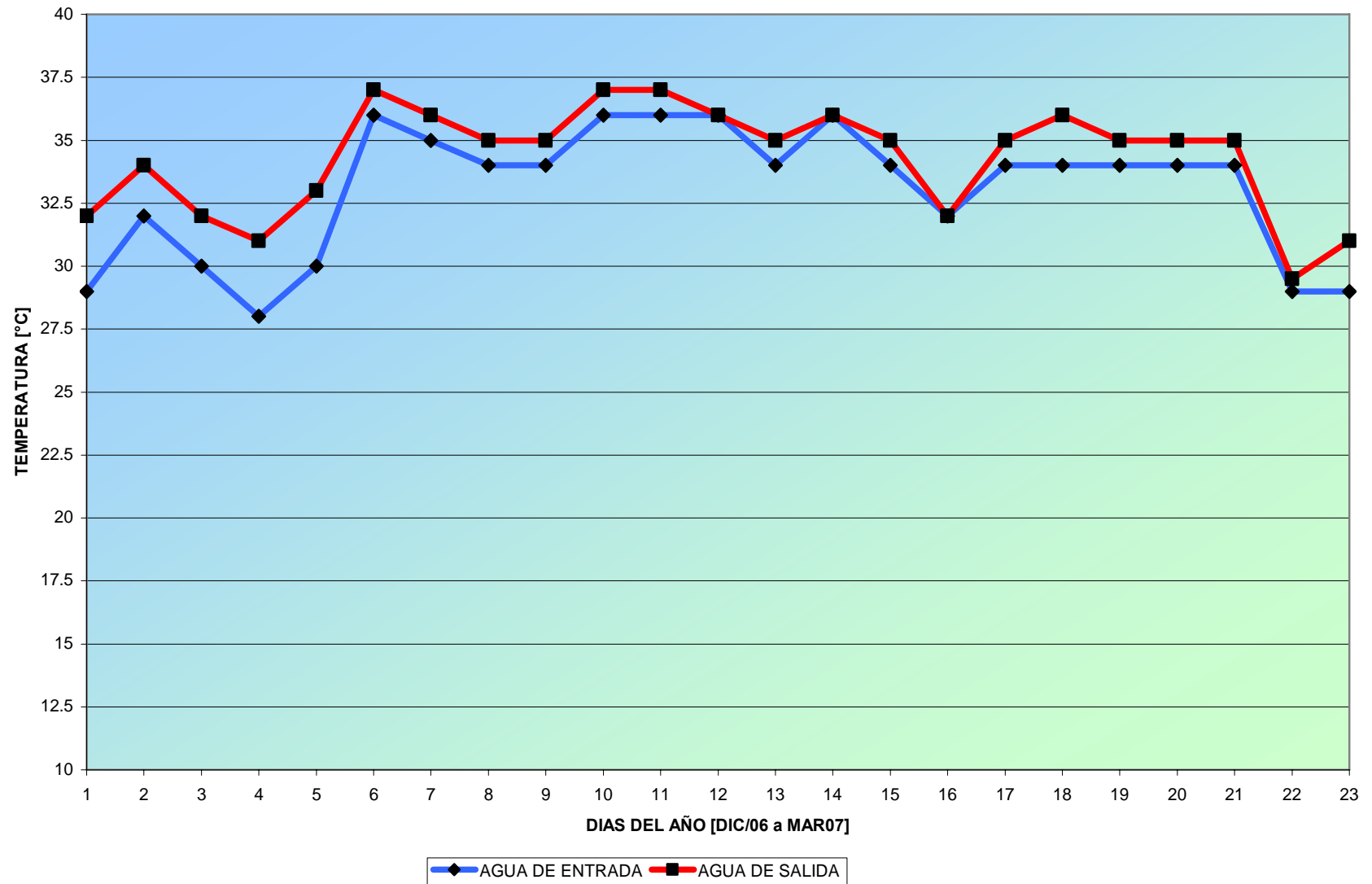
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN LA MÀQUINA DE TEMPLE FDF DE LA LINEA DE PRODUCCION JUNTAS FIJAS



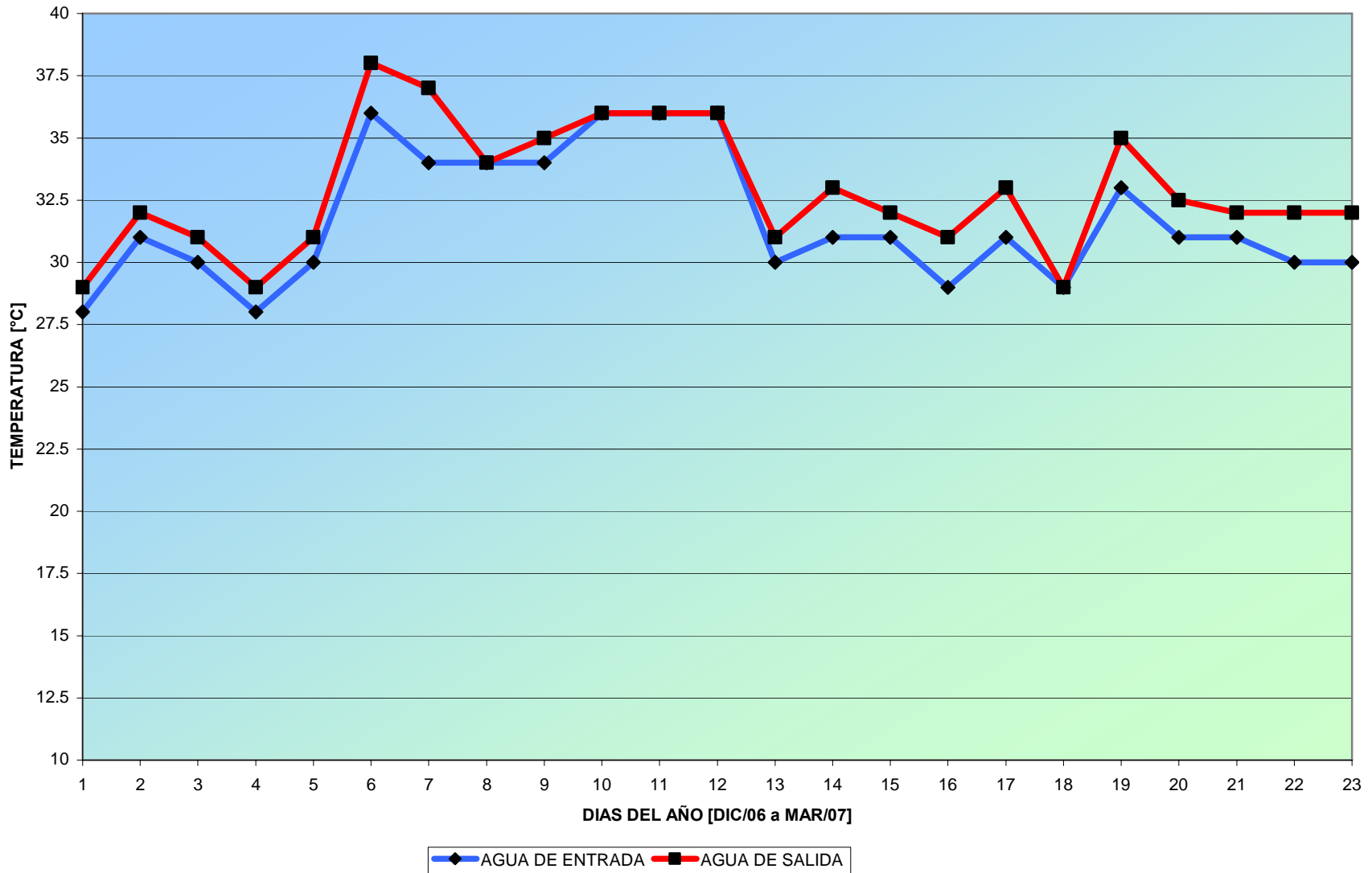
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA RECTIFICADORA CINCINNATI DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN JUNTAS FIJAS



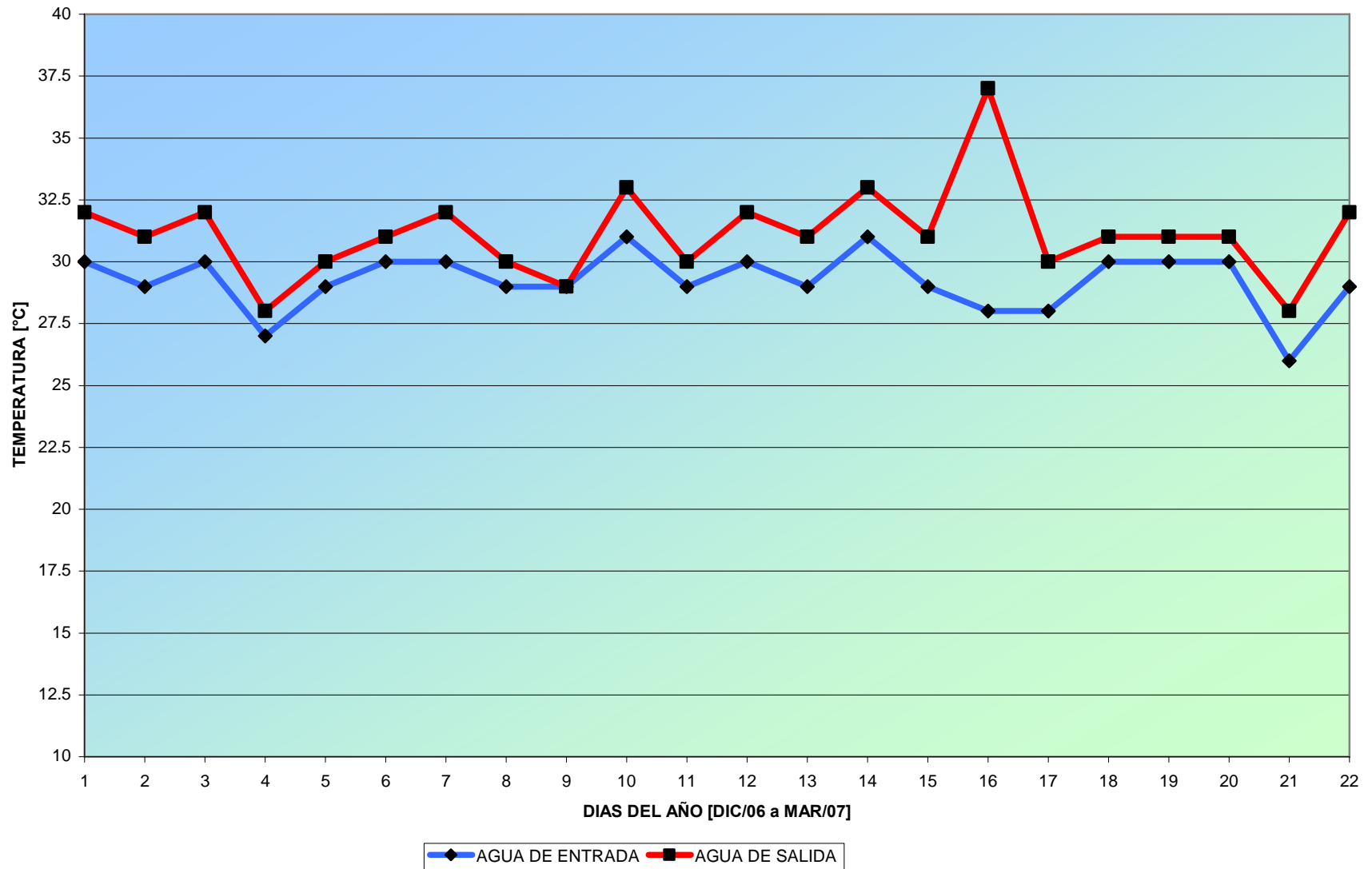
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA RECTIFICADORA SI-4A DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN JUNTAS FIJAS



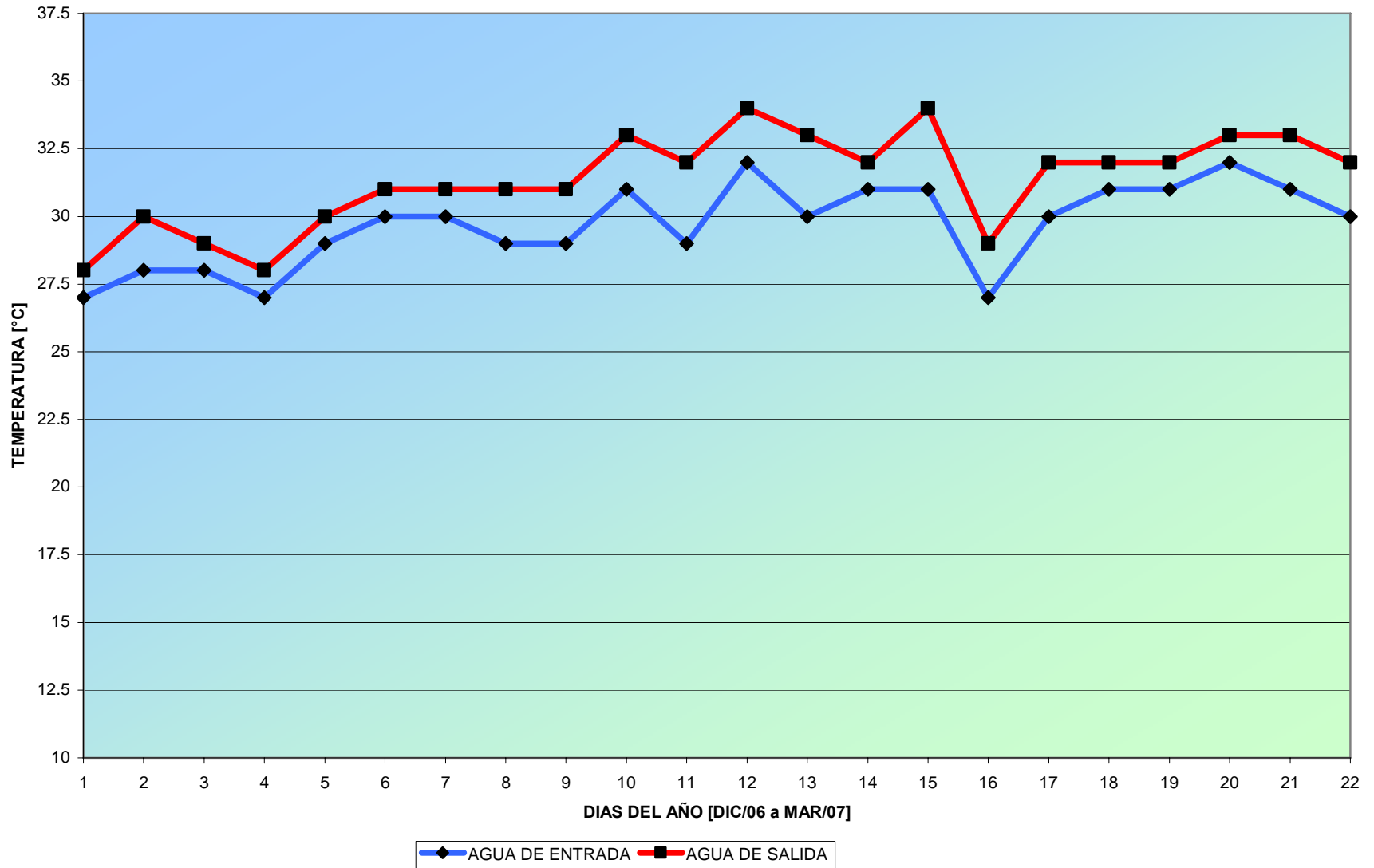
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA RECTIFICADORA EXCELLO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN JUNTAS FIJAS



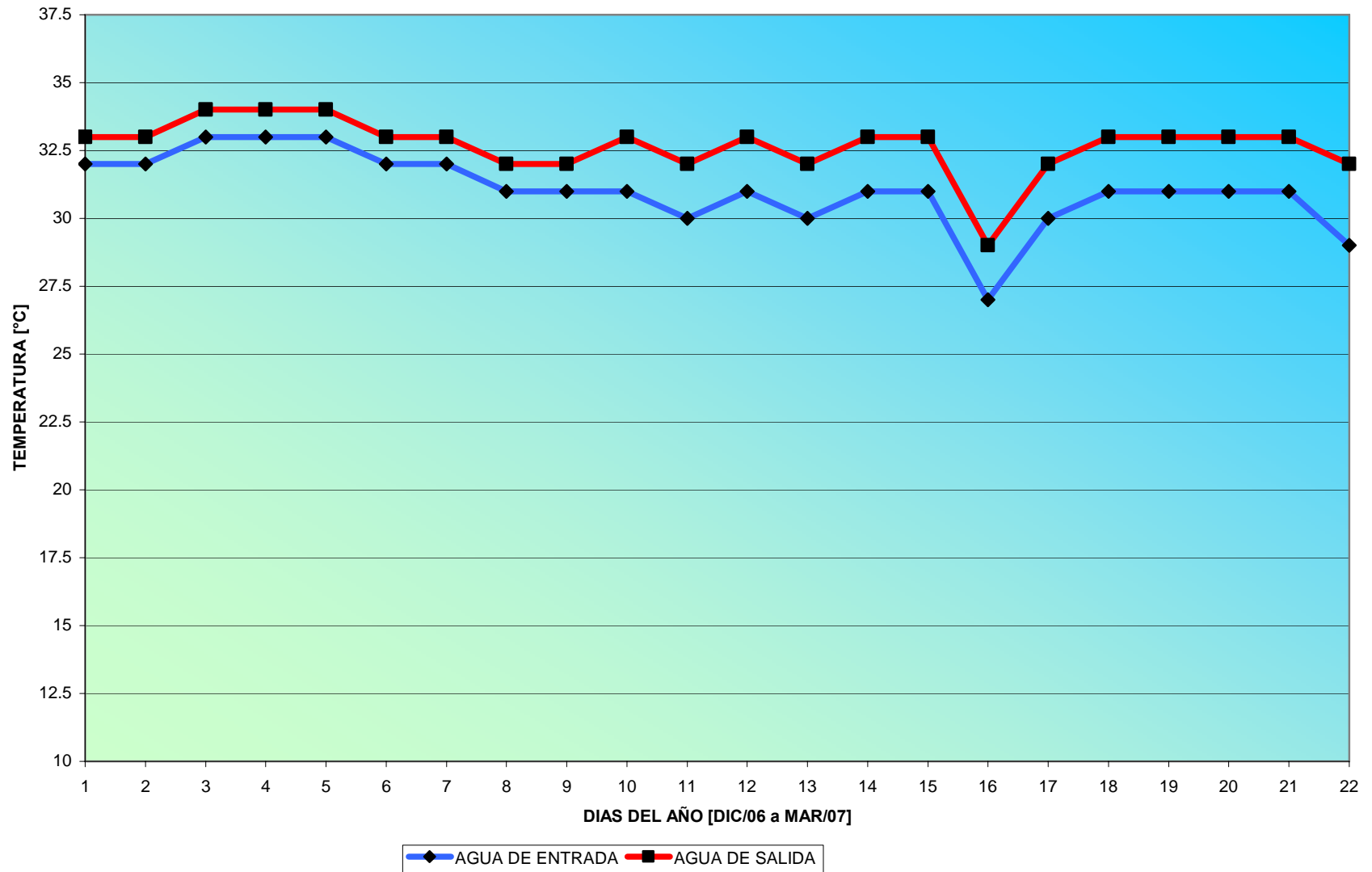
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL SECADOR  
DE AIRE DEL COMPRESOR DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN TRIPODES



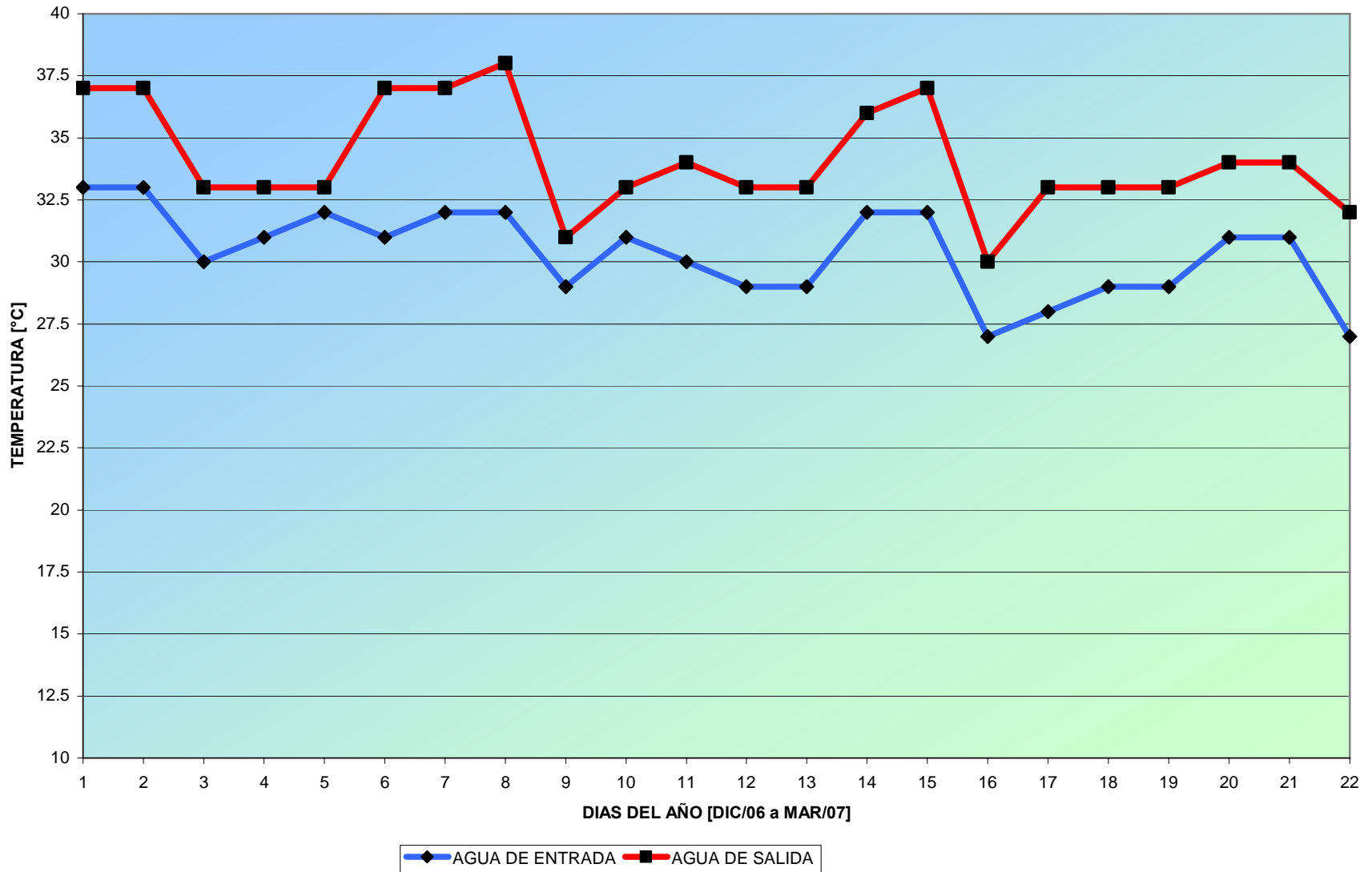
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL HORNO DE CEMENTACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN TRIPODES



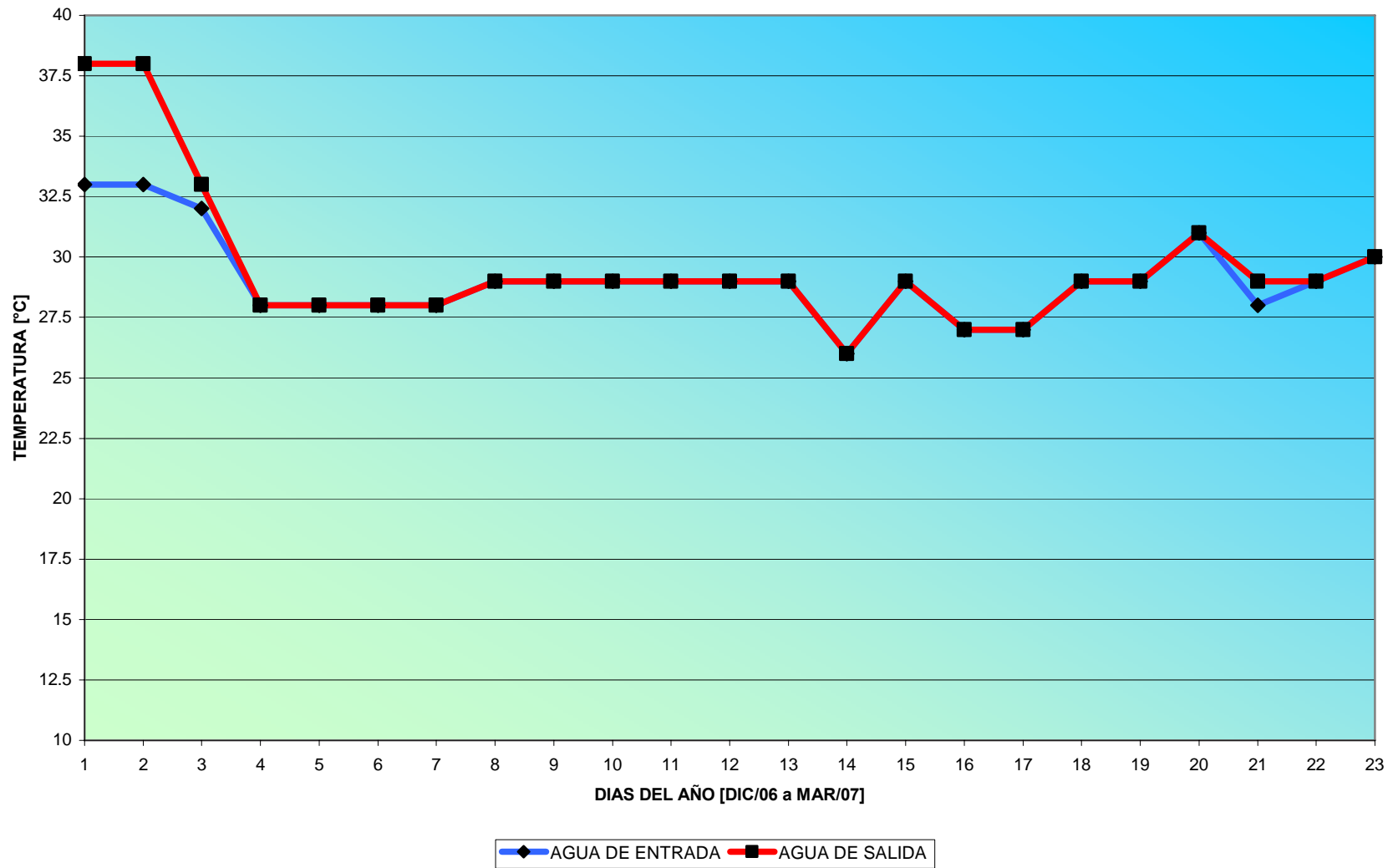
TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL GENERADOR DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN TRIPODES



TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA MÀQUINA DE TEMPLE TOCCO 1 DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN INTEREJES



TEMPERATURAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA MÁQUINA DE VIDA DE LA LÍNEA SERVICIOS



## **ANEXO J. PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL AIRE**

*Appendix A: Some thermophysical properties of selected materials*

Table A.6 Thermophysical properties of gases at atmospheric pressure (101325 Pa)

$T$ (K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)	$\mu$ (kg/m·s)	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	$k$ (W/m·K)	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
Air							
100	3.605	1039	$0.711 \times 10^{-5}$	$0.197 \times 10^{-5}$	0.00941	$0.251 \times 10^{-5}$	0.784
150	2.368	1012	1.035	0.437	0.01406	0.587	0.745
200	1.769	1007	1.333	0.754	0.01836	1.031	0.731
250	1.412	1006	1.606	1.137	0.02241	1.578	0.721
260	1.358	1006	1.649	1.214	0.02329	1.705	0.712
270	1.308	1006	1.699	1.299	0.02400	1.824	0.712
280	1.261	1006	1.747	1.385	0.02473	1.879	0.711
290	1.217	1006	1.795	1.475	0.02544	2.078	0.710
300	1.177	1007	1.857	1.578	0.02623	2.213	0.713
310	1.139	1007	1.889	1.659	0.02684	2.340	0.709
320	1.103	1008	1.935	1.754	0.02753	2.476	0.708
330	1.070	1008	1.981	1.851	0.02821	2.616	0.708
340	1.038	1009	2.025	1.951	0.02888	2.821	0.707
350	1.008	1009	2.090	2.073	0.02984	2.931	0.707
400	0.8821	1014	2.310	2.619	0.03328	3.721	0.704
450	0.7840	1021	2.517	3.210	0.03656	4.567	0.703
500	0.7056	1030	2.713	3.845	0.03971	5.464	0.704
550	0.6414	1040	2.902	4.524	0.04277	6.412	0.706
600	0.5880	1051	3.082	5.242	0.04573	7.400	0.708
650	0.5427	1063	3.257	6.001	0.04863	8.430	0.712
700	0.5040	1075	3.425	6.796	0.05146	9.498	0.715
750	0.4704	1087	3.588	7.623	0.05425	10.61	0.719
800	0.4410	1099	3.747	8.497	0.05699	11.76	0.723
850	0.4150	1110	3.901	9.400	0.05969	12.96	0.725
900	0.3920	1121	4.052	10.34	0.06237	14.19	0.728
950	0.3716	1131	4.199	11.30	0.06501	15.47	0.731
1000	0.3528	1142	4.343	12.31	0.06763	16.79	0.733
1100	0.3207	1159	4.622	14.41	0.07281	19.59	0.736
1200	0.2940	1175	4.891	16.64	0.07792	22.56	0.738
1300	0.2714	1189	5.151	18.98	0.08297	25.71	0.738
1400	0.2520	1201	5.403	21.44	0.08798	29.05	0.738
1500	0.2352	1211	5.648	23.99	0.09296	32.64	0.735

**ANEXO K. INFORME DE LA MEDICIÓN DEL FLUJO DE  
AGUA**

# INFORME DEL SERVICIO DE MEDICIÓN DE FLUJO DE AGUA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN LA PLANTA DE TRANSEJES GIRÓN

Realizó: Rayner Molina G.

Jeisson R. Pérez G.

La medición de flujo en todo el sistema se llevó a cabo en los días 2 y 9 de marzo del año 2007, para la cual se utilizó el medidor de flujo líquido ultrasónico, modelo PT878 PANAMETRIC (figura 1), con transductores de última tecnología especializados para agua.

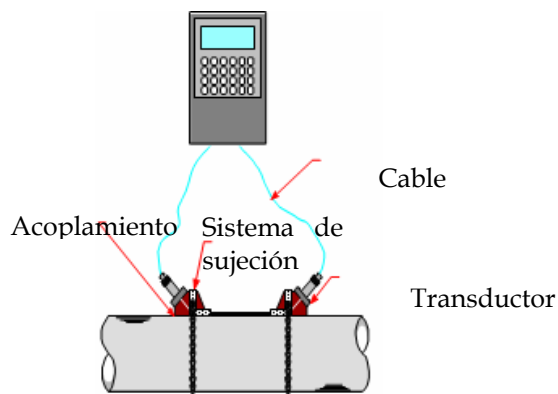
Figura 35. Medidor de flujo ultrasónico PT878 PANAMETRIC



El medidor consta de los componentes:

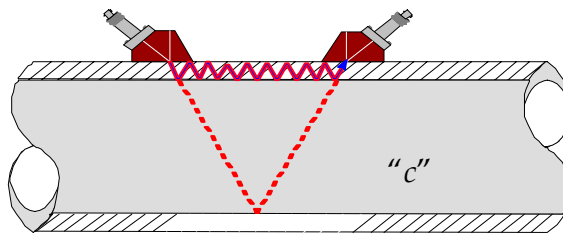
Cables, sistema de sujeción, transductores y acoplamiento, mostrados en la fig. 2

Figura 2. Componentes del medidor



El principio físico que utiliza este tipo de medidores es la reflexión y refracción de ondas ultrasónicas (frecuencia mayor a 20 kHz), las cuales son emitidas y recibidas por un par de transductores y que basándose en la velocidad del sonido propagada dentro del fluido y en la frecuencia de la onda emitida, se determina la velocidad del agua que fluye dentro de la tubería, ver figura 3.

Figura 3. Señal ultrasónica emitida y recibida por los transductores



Las mediciones fueron realizadas por la empresa EQUIPEM S.A. la cual estuvo representada por el Ing. David Cáceres, que estuvo presente en cada una de las mediciones, realizando el montaje adecuado, operación y toma de datos del medidor.

## 1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MEDICIÓN

Momentos previos de comenzar la medición de flujo se seleccionaron los diferentes puntos de la red donde era necesario conocer el flujo de agua, estos puntos estaban condicionados a la distribución de la red y los requerimientos del equipo de medición.

Como primera medida el informe muestra cada una de las consideraciones de montaje y técnicas que se deben de tener en cuenta para obtener la mejor toma de registro de datos.

## **1.1 PROPIEDADES DEL FLUIDO**

Debe permitir el paso libre de las ondas acústicas

La cantidad de sólidos suspendidos en el agua no debe ser superior de...

Debe de estar en una tubería a presión

Las paredes de las tuberías no deben tener material adhesivo ni pintura que dificulten la transmisión de la onda.

## **1.2 PRUEBAS DE PRECISIÓN Y CALIBRACIÓN**

### **1.2.1 Precisión**

Los medidores acústicos miden esencialmente la velocidad del agua, más no la totalidad de agua que pasa por cierta tubería. Este valor se infiere a partir de la velocidad y el flujo del agua con la ayuda de algoritmos matemáticos referentes a la mecánica de fluidos.

Los medidores ultrasónicos realizan mediciones diferenciales, lo que ocasiona que el cero de salida no tiene su correspondencia a un cero en la entrada, la cual lo hace inherente a la técnica de medición. Estos medidores operan con una resolución 0.003 m/s y un error cero 0.003 m/s.

### **1.2.2 Calibración**

En general, los medidores de flujo ultrasónico no requieren calibración en campo, siempre y cuando se sigan correctamente las recomendaciones técnicas del fabricante.

## 1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

### 1.3.1 Ventajas

- ✓ Alta precisión que puede ser obtenida independiente del flujo, velocidad y temperatura del líquido.
- ✓ Capacidad para medición bidireccional del flujo
- ✓ Generalmente no requieren calibración en campo
- ✓ El costo de la medición es independiente del diámetro de la tubería
- ✓ No tiene partes móviles lo que facilita su mantenimiento

### 1.3.2 Desventajas

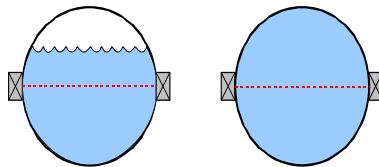
- ✓ Alto costo inicial
- ✓ Requiere de técnicos especializados para su operación
- ✓ Debe ser programado para cada material, diámetro y espesor de tubería

## 2. CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE LOS PUNTOS A MEDIR

A continuación se enumera cada uno de las consideraciones que se tuvieron en cuenta para la selección de los puntos:

### 2.1 TUBERÍA COMPLETAMENTE LLENA DEL LÍQUIDO

Figura 4. Nivel de agua en la tubería

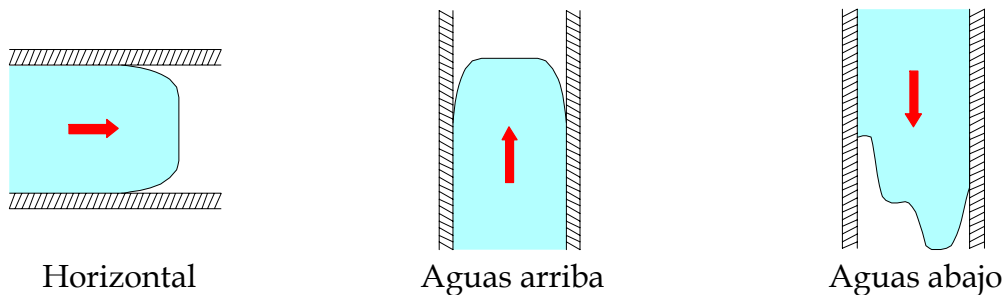


Como se puede notar en la figura 4, la señal recorre toda la parte interna de la tubería, y en caso que la tubería no esté totalmente llena o en un 75%, la señal se perdería o se lograría un valor con una exactitud muy baja. Es preciso mencionar que el programa del equipo está diseñado para detectar este tipo de inconvenientes y arrojar una serie de *errores* donde se identifica esta anomalía.

## 2.2 ORIENTACIÓN DEL FLUIDO

La medición se puede realizar en tuberías horizontales y verticales. En tuberías horizontales no hay ningún inconveniente, pero cuando se trata de verticales se hace necesario identificar el perfil del flujo aguas arriba y en ésta realizar la medida.

Figura 5. Perfiles de flujo de agua en tuberías



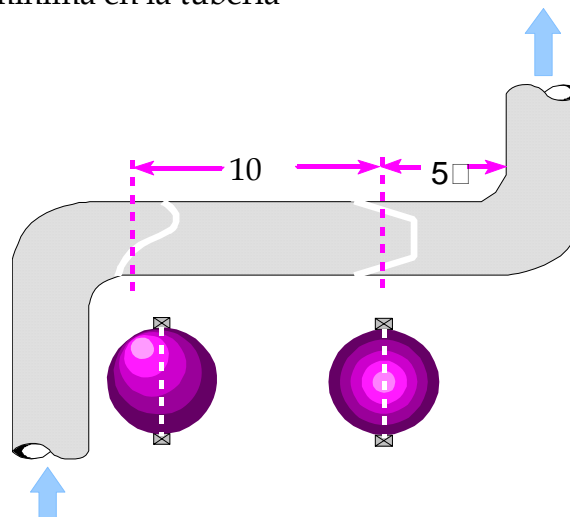
En la figura 5, se observa los diferentes perfiles del agua, donde se nota el por qué no se debe medir aguas abajo, ya que la señal se perdería o se obtendría un valor poco confiable, por la irregularidad del perfil.

La mayoría de los puntos medidos se tomo en tuberías horizontales con el fin de asegurar que la exactitud de la medición fuera la mejor posible.

### 2.3 DISTANCIA MÍNIMA DEL PUNTO A ACCESORIOS DE LA TUBERÍA

Durante la selección de los puntos hay que tener mucho cuidado con la distancia que separa el punto a medir con los accesorios instalados en la tubería (codos, universales, T's, válvulas, filtros, etc), ya que el fluido en partes cercanas a los accesorios no se encuentra totalmente desarrollado lo que ocasiona valores incorrectos o en algunos casos el medidor no arroja valor alguno. Ver figura 6

Figura 6. Distancia mínima en la tubería



Razón que dificultó la medición de flujo en algunos intercambiadores de calor. Casos que se pueden mencionar: Máquinas de temple Tocco1 y FDF, horno de cementación y máquina de vida. Para estas máquinas solo se determinó el caudal total que entra para todos los intercambiadores de calor.

Luego de evaluar cada una de las consideraciones, se procedió a seleccionar los puntos a medir.

### 3. CONSIDERACIONES PARA EL MONTAJE DEL EQUIPO

Después de haber seleccionado los puntos a medir se procedió a realizar el montaje recomendado por la *General Electric* para los transductores.

El medidor de flujo TP878 PANAMETRIC consta de dos pares de transductores, uno para medir tuberías con diámetros de rango  $\frac{1}{2}$ " a 2" y el otro para tuberías de 2" hasta 200", figura 7

Para realizar estas mediciones se utilizaron los dos pares de transductores, obteniendo resultados confiables.

Figura 7 Transductores del medidor de flujo TP878 PANAMETRIC



Transductores de  $\frac{1}{2}$ " a 2"



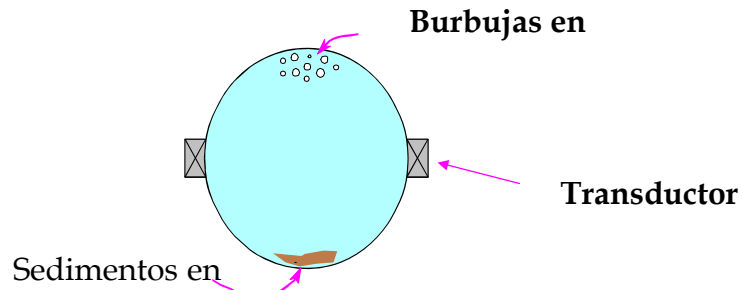
Transductores de 2" a 200"

A continuación se enumerarán cada una de las consideraciones de montaje:

#### 3.1 POSICIÓN DE LOS TRANSDUCTORES CON RESPECTO AL TUBO

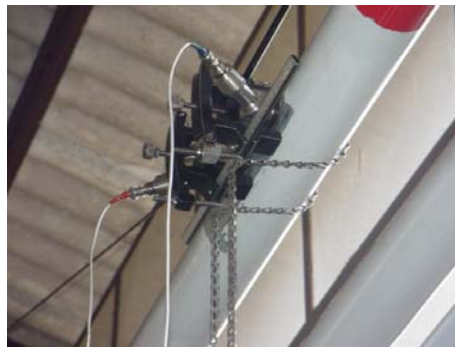
Cuando el montaje es en una tubería vertical, los transductores se colocan en cualquier parte circular de la tubería, pero cuando la medición se realiza en una tubería horizontal, el montaje debe realizarse en la parte intermedia de la misma, es decir en la parte lateral de la tubería. Ver figura 8

Figura 8 Posición de los transductores



Si los transductores se ubican en la parte superior o inferior de la tubería, la señal presentaría desviaciones y el equipo arrojaría una falsa medición o no arrojaría ningún valor. También hay que tener en cuenta que los transductores queden de la manera más alineada posible para obtener valores confiables, esto se facilita con dos reglillas que hacen parte del equipo. La figura 9 muestra uno de los múltiples montajes realizados.

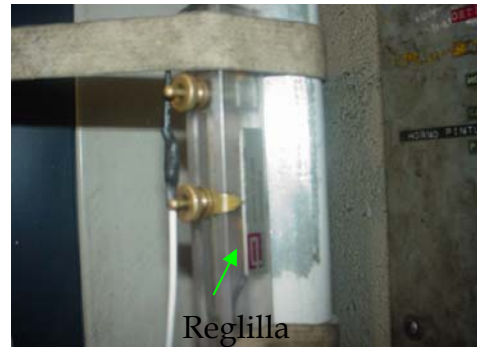
Figura 9. Montaje de los transductores en la planta



### 3.2 DISTANCIA ENTRE LOS TRANSDUCTORES

Esta distancia depende del diámetro interno de la tubería. El equipo tiene un programa que calcula automáticamente la distancia de separación de los dos transductores. Las reglillas utilizadas para la alineación también son útiles a la hora de medir la separación exacta de los transductores, figura 10.

Figura 360. Separación de transductores



Puesto que la tubería está expuesta a corrosión y adhesión de sedimentos en las partes laterales ocasionando variación del espesor, se utilizó un sensor para medir el espesor de las tuberías, figura 11, y poder calcular con exactitud el diámetro interno.

Figura 11. Sensor utilizado para medir el espesor de las tuberías



### 3.3 ACOPLAMIENTO ACÚSTICO

Para disminuir el margen de error de la medición, se utiliza un gel, que sirve para acoplar o fijar los transductores al tubo y su a la vez, ayuda para que las ondas ultrasónicas no se disminuyan o se pierdan durante la emisión. Ver figura 12

En cada uno de los puntos se aplicó una cantidad proporcional de gel, recomendada por el fabricante. Esta se aplica en la línea central de los

transductores, puesto que en esta zona es donde hay el mayor contacto con la tubería.

Figura 372. Gel utilizado para el acoplamiento acústico



### 3.4 PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL

Para obtener buenos resultados en la medición de flujo con el medidor es necesario tener presente la escala de intensidad de la señal y la velocidad del sonido en el medio, la cual es de 1484 m/s (4878,7 ft/s) a 20°C.

A continuación se muestra la escala de la intensidad de la señal con su respectiva

40 Hz Pobre → Marginal

50 Hz OK → Buena

60 Hz Muy Buena → Excelente

70 Hz Excelente

Durante la medición se verifica la velocidad del sonido, para asegurar que la tubería está completamente llena de agua y no haya aire acumulado.

En la mayoría de los puntos medidos, la frecuencia estuvo en un rango de oscilación de 58 a 62 Hz y la velocidad del sonido en un rango de 4700 a 5100 ft/s, lo que nos permite confiar en los resultados. En los resultados de la medición se muestran los valores de la intensidad de algunos puntos medidos y la velocidad del sonido.

## **4. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN**

Debido a que se realizaron dos mediciones en días diferentes, presentamos por separado cada uno de los resultados por día.

### **4.1 PRIMERA MEDICIÓN (Marzo 2 de 2007)**

El día viernes 2 de marzo se realizaron una serie de mediciones en los puntos principales de la red, en total fueron 14 puntos medidos.

Para esta prueba se mantuvieron encendidas las bombas centrífugas 1 y 2, y apagada la bomba 5, también se mantuvieron encendidas las bombas 3 y 4 (Bombas que impulsan el agua del tanque de agua caliente hacia la torre de enfriamiento).

En algunos puntos no fue posible la medición, puesto que el flujo es escaso y contiene aire acumulado (error presentado por el medidor). Tales puntos fueron: Tubería de agua caliente y fría en el horno de cementación y secador del compresor.

También se presentó inconveniente en las tuberías de la máquina de vida. Por investigaciones realizadas se determinó que el problema presentado fue debido a alta suciedad de los filtros instalados en la entrada de cada intercambiador.

En esta sección de medición se midió el flujo de agua entrante a la torre de enfriamiento y a la planta de producción.

A continuación en la tabla 1, se muestra los resultados de las mediciones realizadas el primer día:

Tabla 1. Resultados de la medición el día 2 de marzo

**Lugar: Rectificadora Cincinnati**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>	<b>Signal Up ()</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>
3/2/2007 16:06:39	<b>11.32</b>	1.08	61.53	5035.30
3/2/2007 16:06:49	<b>11.31</b>	1.08	61.53	5035.24
3/2/2007 16:07:00	<b>11.39</b>	1.09	61.53	5035.25
3/2/2007 16:07:09	<b>11.41</b>	1.09	61.53	5035.15
3/2/2007 16:07:19	<b>11.40</b>	1.09	61.53	5035.04
3/2/2007 16:07:29	<b>11.47</b>	1.10	61.53	5035.04
3/2/2007 16:07:39	<b>11.49</b>	1.10	61.53	5034.94
3/2/2007 16:07:49	<b>11.50</b>	1.10	61.53	5034.96

**Lugar: Templadora EFD**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>	<b>Signal Up ()</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>
3/2/2007 10:24:21	<b>28.50</b>	2.57	61.22	5077.81
3/2/2007 10:24:30	<b>28.44</b>	2.56	61.22	5077.68
3/2/2007 10:24:40	<b>28.77</b>	2.59	61.22	5077.82
3/2/2007 10:24:50	<b>28.76</b>	2.59	61.22	5077.58
3/2/2007 10:25:00	<b>28.65</b>	2.58	61.22	5077.41
3/2/2007 10:25:10	<b>28.34</b>	2.55	61.22	5077.71
3/2/2007 10:25:20	<b>28.30</b>	2.55	61.22	5077.43
3/2/2007 10:25:31	<b>28.62</b>	2.58	61.22	5077.63
3/2/2007 10:25:40	<b>28.66</b>	2.58	61.22	5077.42
3/2/2007 10:25:50	<b>28.71</b>	2.58	61.22	5077.52
3/2/2007 10:26:01	<b>28.83</b>	2.60	61.22	5077.37
3/2/2007 10:26:10	<b>29.11</b>	2.62	61.22	5077.61
3/2/2007 10:26:20	<b>29.17</b>	2.63	61.22	5077.15
3/2/2007 10:26:30	<b>28.98</b>	2.61	61.22	5077.38

**Lugar: Templadora EFD (IC Agua de enfriamiento generador)**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>	<b>Signal Up ()</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>
3/2/2007 10:39:57	18.56	1.67	61.83	5077.81
3/2/2007 10:40:07	18.56	1.67	61.83	5077.68
3/2/2007 10:40:17	18.65	1.68	61.83	5077.82
3/2/2007 10:40:27	18.63	1.68	61.83	5077.58
3/2/2007 10:40:37	18.53	1.67	61.83	5077.41
3/2/2007 10:40:48	18.61	1.68	61.83	5077.71
3/2/2007 10:40:57	18.67	1.68	61.83	5077.43
3/2/2007 10:41:07	18.77	1.69	61.83	5077.63
3/2/2007 10:41:17	18.76	1.69	61.83	5077.42
3/2/2007 10:41:27	18.68	1.68	61.83	5077.52
3/2/2007 10:41:37	18.77	1.69	61.83	5077.37
3/2/2007 10:41:47	18.76	1.69	61.83	5077.61
3/2/2007 10:41:58	18.87	1.70	61.83	5077.15
3/2/2007 10:42:07	18.89	1.70	61.83	5077.38
3/2/2007 10:42:17	18.96	1.71	61.83	5077.42
3/2/2007 10:42:27	18.96	1.71	61.83	5077.07
3/2/2007 10:42:37	18.95	1.71	61.83	5077.08
3/2/2007 10:42:47	18.95	1.71	61.83	5077.53

**Lugar: Tocco 1, Máq Vida, Rectificadoras, Fresadora, Horno, Genreador y secador**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>	<b>Signal Up ()</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>
3/2/2007 10:55:14	85.40	7.69	60.68	5062.21
3/2/2007 10:55:23	85.20	7.67	60.71	5062.07
3/2/2007 10:55:33	88.11	7.93	60.79	5061.45
3/2/2007 10:55:44	87.92	7.92	60.70	5062.05
3/2/2007 10:55:53	87.38	7.87	60.79	5062.16
3/2/2007 10:56:03	87.51	7.88	60.79	5062.21
3/2/2007 10:56:13	87.32	7.86	60.79	5061.90
3/2/2007 10:56:23	83.40	7.51	60.79	5061.95
3/2/2007 10:56:33	85.20	7.67	60.79	5061.82
3/2/2007 10:56:43	84.94	7.65	60.79	5061.59

3/2/2007 10:56:53	<b>85.89</b>	7.73	60.79	5062.02
3/2/2007 10:57:04	<b>87.06</b>	7.84	60.79	5061.87
3/2/2007 10:57:13	<b>86.80</b>	7.82	60.79	5061.90
3/2/2007 10:57:23	<b>86.59</b>	7.80	60.79	5062.20
3/2/2007 10:57:33	<b>86.82</b>	7.82	60.79	5061.52
3/2/2007 10:57:43	<b>86.74</b>	7.81	60.79	5061.86
3/2/2007 10:57:53	<b>86.32</b>	7.77	60.79	5061.76
3/2/2007 10:58:03	<b>84.46</b>	7.60	60.79	5061.44

**Lugar: Templadora FDF (IC Agua de enfriamiento refrigerante)**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>	<b>Signal Up ()</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>
3/2/2007 9:33:52	<b>70.54</b>	6.35	60.76	4905.06
3/2/2007 9:34:01	<b>70.53</b>	6.35	60.76	4905.08
3/2/2007 9:34:11	<b>70.40</b>	6.34	60.76	4905.10
3/2/2007 9:34:21	<b>70.40</b>	6.34	60.76	4905.04
3/2/2007 9:34:31	<b>70.41</b>	6.34	60.76	4905.08
3/2/2007 9:34:41	<b>70.57</b>	6.35	60.76	4905.06
3/2/2007 9:34:52	<b>70.44</b>	6.34	60.76	4904.66
3/2/2007 9:35:01	<b>70.31</b>	6.33	60.76	4904.64
3/2/2007 9:35:12	<b>70.20</b>	6.32	60.76	4904.59
3/2/2007 9:35:21	<b>70.29</b>	6.33	60.76	4905.08
3/2/2007 9:35:31	<b>70.36</b>	6.33	60.76	4905.06
3/2/2007 9:35:41	<b>70.61</b>	6.36	60.76	4904.66
3/2/2007 9:35:51	<b>70.59</b>	6.36	60.76	4904.64
3/2/2007 9:36:02	<b>70.64</b>	6.36	60.76	4905.08
3/2/2007 9:36:11	<b>70.64</b>	6.36	60.76	4905.06
3/2/2007 9:36:22	<b>70.81</b>	6.38	60.76	4904.66
3/2/2007 9:36:31	<b>71.05</b>	6.40	60.76	4904.64
3/2/2007 9:36:41	<b>70.91</b>	6.38	60.76	4905.08

**Lugar: Horno, Secador, Generador, Rectificadoras y Fresadora**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>	<b>Signal Up ()</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>
2/3/2007 15:07:12	<b>37.29</b>	60.79	27.06	5077.58

2/3/2007 15:07:22	<b>37.11</b>	60.79	28.84	5077.41
2/3/2007 15:07:32	<b>37.18</b>	60.79	26.78	5077.81
2/4/2007 15:07:42	<b>37.18</b>	60.79	28.44	5077.68
2/3/2007 15:07:52	<b>37.09</b>	60.79	27.84	5077.82
2/3/2007 15:08:02	<b>37.15</b>	60.79	29.47	5077.58
2/3/2007 15:08:12	<b>37.19</b>	60.79	28.75	5077.41
2/3/2007 15:08:22	<b>37.22</b>	60.79	26.78	5077.71
2/3/2007 15:08:32	<b>37.07</b>	60.79	27.97	5077.43
2/3/2007 15:08:42	<b>37.03</b>	60.79	27.88	5077.63
2/3/2007 15:08:52	<b>37.12</b>	60.79	27.81	5077.42
2/3/2007 15:09:02	<b>37.48</b>	60.68	29.06	5077.52
2/3/2007 15:09:12	<b>37.31</b>	60.71	28.97	5077.37

**Lugar: Entrada Planta [Bombas 1-5]**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>	<b>Signal Up ()</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>
3/2/2007 14:02:16	<b>213.26</b>	28.47	5.37	4846.27
3/2/2007 14:02:26	<b>213.52</b>	28.44	5.38	4846.20
3/2/2007 14:02:36	<b>213.75</b>	28.56	5.39	4846.24
3/2/2007 14:02:46	<b>213.95</b>	28.56	5.39	4846.30
3/2/2007 14:02:56	<b>214.18</b>	28.72	5.40	4846.32
3/2/2007 14:03:06	<b>214.14</b>	28.75	5.40	4846.29
3/2/2007 14:03:16	<b>213.59</b>	28.69	5.38	4846.25
3/2/2007 14:03:26	<b>213.51</b>	28.75	5.38	4846.26
3/2/2007 14:03:36	<b>213.08</b>	28.59	5.37	4846.29
3/2/2007 14:03:47	<b>212.43</b>	28.66	5.35	4846.29
3/2/2007 14:03:56	<b>212.29</b>	28.69	5.35	4846.35
3/2/2007 14:04:06	<b>212.46</b>	28.69	5.35	4846.31
3/2/2007 14:04:17	<b>212.06</b>	28.81	5.34	4846.36
3/2/2007 14:04:27	<b>212.80</b>	28.72	5.36	4846.32
3/2/2007 14:04:36	<b>212.67</b>	28.94	5.36	4846.35

**Lugar: Entrada Planta [Bombas 1-2]**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>	<b>Signal Up ()</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>
3/2/2007 13:44:47	<b>225.80</b>	5.69	58.31	4878.10
3/2/2007 13:44:58	<b>224.19</b>	5.65	58.31	4878.64
3/2/2007 13:45:07	<b>224.74</b>	5.66	58.31	4877.59
3/2/2007 13:45:17	<b>223.57</b>	5.63	58.45	4877.12
3/2/2007 13:45:27	<b>221.82</b>	5.59	58.33	4878.04
3/2/2007 13:45:37	<b>219.95</b>	5.54	58.38	4877.88
3/2/2007 13:45:47	<b>221.17</b>	5.57	58.38	4876.93
3/2/2007 13:45:57	<b>220.92</b>	5.57	58.38	4877.16
3/2/2007 13:46:08	<b>220.80</b>	5.56	58.38	4877.35
3/2/2007 13:46:17	<b>221.64</b>	5.59	58.38	4877.82
3/2/2007 13:46:27	<b>222.93</b>	5.62	58.38	4877.88
3/2/2007 13:46:37	<b>223.37</b>	5.63	58.38	4877.60
3/2/2007 13:46:47	<b>222.59</b>	5.61	58.38	4878.58
3/2/2007 13:46:58	<b>222.00</b>	5.60	58.38	4878.42
3/2/2007 13:47:07	<b>221.46</b>	5.58	58.38	4877.53
3/2/2007 13:47:18	<b>221.62</b>	5.59	58.52	4877.05
3/2/2007 13:47:27	<b>220.74</b>	5.56	58.41	4877.21

**Lugar: Entrada Planta [Bombas 1-2]**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>	<b>Signal Up ()</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>
3/2/2007 12:07:05	<b>245.33</b>	10.65	61.71	5020.19
3/2/2007 12:07:15	<b>245.71</b>	10.66	61.71	5020.45
3/2/2007 12:07:25	<b>245.83</b>	10.67	61.66	5020.17
3/2/2007 12:07:35	<b>246.37</b>	10.69	61.67	5020.19
3/2/2007 12:07:45	<b>246.56</b>	10.70	61.67	5021.18
3/2/2007 12:07:55	<b>246.46</b>	10.19	61.75	5020.04
3/2/2007 12:08:25	<b>245.73</b>	10.66	61.72	5019.95
3/2/2007 12:08:36	<b>245.94</b>	10.67	61.72	5020.06
3/2/2007 12:08:45	<b>246.21</b>	10.69	61.70	5020.32
3/2/2007 12:08:55	<b>245.85</b>	10.67	61.66	5020.49
3/2/2007 12:09:05	<b>246.20</b>	10.68	61.67	5020.65

3/2/2007 12:09:15	<b>246.41</b>	10.69	61.77	5020.56
-------------------	---------------	-------	-------	---------

**Lugar: Entrada Torre [Bomba 3]**

3/2/2007 12:10:56	<b>180.03</b>	7.81	60.00	5012.08
3/2/2007 12:11:05	<b>120.76</b>	5.24	59.71	5020.23
3/2/2007 12:11:15	<b>124.66</b>	5.41	59.15	5021.18
3/2/2007 12:11:25	<b>127.63</b>	5.54	59.91	5020.04
3/2/2007 12:11:35	<b>126.58</b>	5.49	59.91	5019.95
3/2/2007 12:11:45	<b>133.97</b>	5.81	59.91	5020.06
3/2/2007 12:11:55	<b>132.49</b>	5.75	59.84	5020.32
3/2/2007 12:12:06	<b>123.68</b>	5.37	59.92	5020.49
3/2/2007 12:12:15	<b>125.15</b>	5.43	67.03	5020.65
3/2/2007 12:12:25	<b>129.60</b>	5.62	61.55	5020.56

#### **4.2 SEGUNDA MEDICIÓN (Marzo 9 de 2007)**

Este día fue utilizado para finalizar de medir todos los flujos en la red y además para corroborar el valor medido en algunos puntos donde hubo duda de la medición anterior.

En total fueron medidos 26 puntos de todo el sistema, incluyendo el flujo de las bombas centrifugas del sistema (5 en total) y combinaciones posibles.

Cabe resaltar que mientras se tomaba mediciones de flujo, simultáneamente se tomaba datos acerca de las temperaturas del sistema y flujo de aire del ventilador.

A continuación en la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos en el segundo día de medición:

Tabla 2. Mediciones del segundo día

**Lugar: Entrada Torre de Enfriamiento**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>
3/9/2007 11:00:14	<b>263.61</b>	0.00	5071.63	10.46
3/9/2007 11:00:43	<b>262.69</b>	61.96	5071.84	10.43
3/9/2007 11:01:13	<b>263.71</b>	61.96	5071.92	10.47
3/9/2007 11:01:43	<b>263.74</b>	61.96	5071.95	10.47
3/9/2007 11:02:14	<b>263.76</b>	61.96	5072.04	10.47
3/9/2007 11:02:43	<b>263.59</b>	61.96	5072.34	10.46
3/9/2007 11:03:13	<b>262.69</b>	61.88	5072.22	10.43
3/9/2007 11:03:43	<b>263.27</b>	61.95	5072.26	10.45
3/9/2007 11:04:13	<b>263.47</b>	61.95	5072.15	10.46
3/9/2007 11:04:45	<b>263.32</b>	61.91	5072.35	10.45
3/9/2007 11:05:13	<b>262.71</b>	61.91	5072.25	10.43
3/9/2007 11:05:43	<b>262.19</b>	61.91	5072.40	10.41
3/9/2007 11:06:13	<b>262.03</b>	61.91	5072.75	10.40
3/9/2007 11:06:43	<b>262.50</b>	61.91	5072.54	10.42
3/9/2007 11:07:13	<b>262.76</b>	61.91	5072.74	10.43
3/9/2007 11:07:44	<b>262.21</b>	61.91	5072.91	10.41
3/9/2007 11:13:13	<b>261.79</b>	61.91	5073.07	10.39
3/9/2007 11:13:44	<b>261.49</b>	61.91	5073.19	10.39
3/9/2007 11:14:14	<b>262.90</b>	61.91	5073.03	10.44
3/9/2007 11:14:44	<b>262.89</b>	61.91	5073.01	10.44
3/9/2007 11:15:13	<b>263.15</b>	61.83	5073.21	10.44
3/9/2007 11:15:43	<b>262.97</b>	61.84	5073.17	10.44
3/9/2007 11:16:14	<b>262.93</b>	61.85	5073.06	10.44
3/9/2007 11:23:43	<b>258.80</b>	61.89	5073.32	10.27
3/9/2007 11:24:13	<b>260.50</b>	61.80	5073.57	10.34
3/9/2007 11:24:43	<b>261.70</b>	61.91	5073.39	10.39
3/9/2007 11:25:13	<b>261.56</b>	61.90	5073.55	10.38
3/9/2007 11:25:43	<b>260.97</b>	61.90	5073.53	10.36
3/9/2007 11:26:13	<b>261.42</b>	61.83	5073.37	10.38
3/9/2007 11:26:43	<b>261.67</b>	61.83	5073.87	10.39

3/9/2007 11:27:14	<b>261.39</b>	61.83	5073.80	10.38
3/9/2007 11:27:43	<b>262.68</b>	61.84	5073.53	10.43
3/9/2007 11:28:13	<b>262.07</b>	61.84	5073.80	10.40
3/9/2007 11:28:44	<b>262.63</b>	61.85	5073.89	10.43
3/9/2007 11:29:13	<b>259.61</b>	61.85	5073.99	10.30
3/9/2007 11:29:43	<b>260.45</b>	61.85	5073.81	10.34
3/9/2007 11:30:14	<b>265.51</b>	61.77	5076.74	10.54
3/9/2007 11:30:43	<b>263.79</b>	61.75	5073.95	10.50
3/9/2007 11:31:13	<b>263.13</b>	61.85	5074.14	10.44
3/9/2007 11:31:43	<b>261.43</b>	61.85	5073.78	10.38
3/9/2007 11:32:14	<b>261.70</b>	61.85	5073.94	10.39
3/9/2007 11:32:43	<b>262.31</b>	61.85	5073.78	10.41
3/9/2007 11:33:13	<b>261.35</b>	61.85	5074.04	10.37
3/9/2007 11:33:44	<b>261.36</b>	61.85	5074.36	10.37
3/9/2007 11:34:15	<b>260.71</b>	61.85	5074.12	10.35
3/9/2007 11:43:14	<b>252.94</b>	54.23	6327.22	10.04
3/9/2007 11:46:43	<b>151.37</b>	56.74	5082.83	6.01
3/9/2007 11:47:13	<b>150.02</b>	56.62	5083.09	5.95
3/9/2007 11:47:43	<b>149.26</b>	56.68	5112.53	5.92
3/9/2007 11:48:13	<b>147.00</b>	56.62	5111.65	5.84
3/9/2007 11:48:43	<b>145.77</b>	56.58	5112.62	5.79
3/9/2007 11:49:13	<b>149.31</b>	56.54	5112.67	5.93
3/9/2007 11:49:44	<b>152.13</b>	56.56	5112.30	6.04
3/9/2007 11:55:43	<b>268.37</b>	61.97	5076.63	10.65
3/9/2007 11:56:15	<b>268.34</b>	61.97	5076.51	10.65
3/9/2007 11:56:43	<b>268.64</b>	61.99	5076.47	10.66
3/9/2007 11:57:13	<b>268.50</b>	61.99	5076.55	10.65
3/9/2007 11:57:43	<b>268.79</b>	61.99	5076.64	10.67
3/9/2007 11:58:14	<b>268.86</b>	61.99	5076.60	10.67
3/9/2007 11:58:43	<b>129.82</b>	60.52	5043.42	5.15
3/9/2007 11:59:15	<b>132.07</b>	60.45	5043.42	5.24
3/9/2007 11:59:43	<b>147.20</b>	60.47	5043.64	5.84
3/9/2007 12:00:13	<b>139.91</b>	60.48	5042.96	5.58
3/9/2007 12:00:43	<b>141.55</b>	60.47	5044.86	5.62
3/9/2007 12:01:14	<b>265.66</b>	61.99	5076.67	10.55
3/9/2007 12:01:43	<b>269.74</b>	61.99	5076.74	10.70

3/9/2007 12:02:13	<b>265.33</b>	55.71	5076.85	10.53
3/9/2007 12:02:46	<b>253.64</b>	55.18	5967.93	10.07
3/9/2007 12:03:13	<b>253.64</b>	55.21	5099.73	10.07
3/9/2007 12:03:43	<b>130.02</b>	55.16	5718.64	5.16
3/9/2007 12:07:43	<b>260.35</b>	61.86	5078.17	10.33
3/9/2007 12:08:13	<b>258.40</b>	61.86	5077.93	10.26
3/9/2007 12:08:43	<b>258.12</b>	61.86	5078.11	10.25
3/9/2007 12:09:13	<b>258.22</b>	61.86	5078.14	10.25
3/9/2007 12:09:43	<b>256.67</b>	61.86	5078.07	10.19
3/9/2007 12:10:13	<b>256.35</b>	61.86	5077.92	10.18

**Lugar: Entrada Tocco 1**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>
3/9/2007 10:18:08	<b>48.24</b>	64.11	5005.35	6.90
3/9/2007 10:18:18	<b>48.23</b>	64.11	5005.31	6.89
3/9/2007 10:18:29	<b>48.17</b>	64.11	5005.34	6.89
3/9/2007 10:18:38	<b>48.20</b>	64.11	5005.36	6.89
3/9/2007 10:18:48	<b>48.22</b>	64.11	5005.32	6.90
3/9/2007 10:18:58	<b>48.21</b>	64.11	5005.38	6.89
3/9/2007 10:19:09	<b>48.14</b>	64.11	5005.40	6.89
3/9/2007 10:19:18	<b>48.13</b>	64.11	5005.35	6.88
3/9/2007 10:19:28	<b>48.09</b>	64.11	5005.38	6.88
3/9/2007 10:19:38	<b>48.03</b>	64.11	5005.40	6.87
3/9/2007 10:19:48	<b>48.09</b>	64.11	5005.38	6.88
3/9/2007 10:19:58	<b>48.15</b>	64.11	5005.45	6.89
3/9/2007 10:20:08	<b>48.21</b>	64.11	5005.42	6.90

**Lugar: Tubería de Tocco 1 y Máquina de Vida**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>
3/9/2007 10:27:38	<b>56.02</b>	63.68	5018.51	8.01
3/9/2007 10:27:48	<b>56.16</b>	63.68	5018.50	8.03
3/9/2007 10:27:58	<b>56.35</b>	63.68	5018.52	8.06
3/9/2007 10:28:08	<b>56.35</b>	63.68	5018.61	8.06

3/9/2007 10:28:18	<b>56.53</b>	63.68	5018.61	8.09
3/9/2007 10:28:29	<b>56.62</b>	63.68	5018.65	8.10
3/9/2007 10:28:39	<b>56.58</b>	63.68	5018.71	8.09
3/9/2007 10:28:48	<b>56.61</b>	63.68	5018.62	8.10
3/9/2007 10:28:58	<b>56.53</b>	63.68	5018.70	8.09
3/9/2007 10:29:08	<b>56.54</b>	63.68	5018.73	8.09
3/9/2007 10:29:18	<b>56.56</b>	63.68	5018.68	8.09
3/9/2007 10:29:28	<b>56.59</b>	63.68	5018.68	8.09
3/9/2007 10:29:38	<b>56.42</b>	63.68	5018.67	8.07

**Lugar: Entrada Planta**

Se realizó con diferentes combinaciones [1-2, 2-5, 1-5 y 1-2-5]

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Q Up ()</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>
3/9/2007 15:48:53	<b>222.15</b>	61.90	3212.00	5.22
3/9/2007 15:49:23	<b>222.69</b>	61.90	3218.00	5.24
3/9/2007 15:49:53	<b>222.43</b>	61.90	3248.00	5.23
3/9/2007 15:50:24	<b>221.94</b>	61.83	3369.00	5.22
3/9/2007 15:50:53	<b>222.59</b>	61.83	3395.00	5.23
3/9/2007 15:51:24	<b>224.23</b>	61.90	3214.00	5.27
3/9/2007 15:51:54	<b>223.88</b>	61.90	3205.00	5.26
3/9/2007 15:52:23	<b>223.18</b>	61.90	3189.00	5.25
3/9/2007 15:52:53	<b>223.93</b>	61.90	3241.00	5.27
3/9/2007 15:53:23	<b>223.88</b>	61.83	3244.00	5.26
3/9/2007 15:53:53	<b>224.02</b>	61.91	3214.00	5.27
3/9/2007 15:54:23	<b>223.09</b>	61.91	3183.00	5.25
3/9/2007 15:54:54	<b>222.85</b>	61.91	3154.00	5.24
3/9/2007 15:55:23	<b>222.45</b>	61.91	3224.00	5.23
3/9/2007 16:03:53	<b>224.30</b>	61.83	3374.00	5.27
3/9/2007 16:04:23	<b>213.63</b>	61.85	3410.00	5.02
3/9/2007 16:04:54	<b>208.18</b>	61.85	3395.00	4.90
3/9/2007 16:05:23	<b>205.47</b>	61.85	3490.00	4.83
3/9/2007 16:05:53	<b>204.07</b>	61.85	3507.00	4.80
3/9/2007 16:06:23	<b>202.16</b>	61.85	3522.00	4.75
3/9/2007 16:06:53	<b>202.03</b>	61.85	3514.00	4.75
3/9/2007 16:07:23	<b>201.62</b>	61.85	3514.00	4.74

3/9/2007 16:07:54	<b>202.17</b>	61.85	3520.00	4.75
3/9/2007 16:08:23	<b>202.01</b>	61.85	3516.00	4.75
3/9/2007 16:08:53	<b>201.62</b>	61.85	3500.00	4.74
3/9/2007 16:09:23	<b>201.42</b>	61.85	3519.00	4.74
3/9/2007 16:09:53	<b>202.28</b>	61.85	3522.00	4.76
3/9/2007 16:10:24	<b>202.34</b>	61.85	3509.00	4.76
3/9/2007 16:10:53	<b>201.50</b>	61.85	3521.00	4.74
3/9/2007 16:11:23	<b>201.63</b>	61.85	3524.00	4.74
3/9/2007 16:11:53	<b>201.70</b>	61.85	3510.00	4.74
3/9/2007 16:12:23	<b>201.91</b>	61.85	3514.00	4.75
3/9/2007 16:12:53	<b>201.33</b>	61.85	3517.00	4.73
3/9/2007 16:13:23	<b>201.11</b>	61.85	3516.00	4.73
3/9/2007 16:13:53	<b>201.29</b>	61.85	3505.00	4.73
3/9/2007 16:14:25	<b>201.64</b>	61.85	3504.00	4.74
3/9/2007 16:14:53	<b>201.09</b>	61.85	3516.00	4.73
3/9/2007 16:15:23	<b>228.61</b>	61.85	3374.00	5.38
3/9/2007 16:15:53	<b>225.64</b>	61.85	3354.00	5.31
3/9/2007 16:16:23	<b>201.82</b>	61.74	3411.00	4.75
3/9/2007 16:16:54	<b>200.56</b>	61.74	3389.00	4.72
3/9/2007 16:17:24	<b>200.85</b>	61.74	3396.00	4.72
3/9/2007 16:17:53	<b>200.96</b>	61.74	3396.00	4.73
3/9/2007 16:18:23	<b>200.00</b>	61.74	3388.00	4.70
3/9/2007 16:18:53	<b>199.95</b>	61.74	3404.00	4.70
3/9/2007 16:19:23	<b>200.50</b>	61.74	3428.00	4.71
3/9/2007 16:19:53	<b>201.06</b>	61.74	3397.00	4.73
3/9/2007 16:29:24	<b>261.38</b>	61.84	3321.00	6.15
3/9/2007 16:29:53	<b>254.05</b>	61.84	3299.00	5.97
3/9/2007 16:30:24	<b>254.25</b>	61.84	3311.00	5.98
3/9/2007 16:30:53	<b>253.25</b>	61.84	3318.00	5.95
3/9/2007 16:31:23	<b>253.03</b>	61.84	3313.00	5.95
3/9/2007 16:31:53	<b>253.86</b>	61.84	3326.00	5.97
3/9/2007 16:32:23	<b>254.24</b>	61.84	3329.00	5.98
3/9/2007 16:32:53	<b>253.25</b>	61.84	3324.00	5.96
3/9/2007 16:33:23	<b>259.76</b>	61.84	3279.00	6.11
3/9/2007 16:33:53	<b>256.94</b>	61.84	3329.00	6.04
3/9/2007 16:34:23	<b>255.52</b>	61.84	3323.00	6.01
3/9/2007 16:34:53	<b>254.59</b>	61.84	3342.00	5.99

3/9/2007 16:35:23	<b>254.33</b>	61.84	3320.00	5.98
3/9/2007 16:35:53	<b>253.41</b>	61.84	3332.00	5.96
3/9/2007 16:36:23	<b>254.02</b>	61.84	3340.00	5.97
3/9/2007 16:36:54	<b>253.49</b>	61.84	3349.00	5.96
3/9/2007 16:37:23	<b>253.03</b>	61.84	3346.00	5.95
3/9/2007 16:40:53	<b>222.90</b>	61.77	3383.00	5.24
3/9/2007 16:41:24	<b>226.67</b>	61.74	3275.00	5.33
3/9/2007 16:41:53	<b>226.98</b>	61.74	3198.00	5.34
3/9/2007 16:42:23	<b>228.71</b>	61.74	3426.00	5.38
3/9/2007 16:42:53	<b>206.17</b>	61.60	3443.00	4.85
3/9/2007 16:43:25	<b>205.57</b>	61.60	3487.00	4.83
3/9/2007 16:43:53	<b>204.87</b>	61.60	3500.00	4.82
3/9/2007 16:44:23	<b>205.04</b>	61.60	3509.00	4.82
3/9/2007 16:44:53	<b>205.66</b>	61.60	3514.00	4.84
3/9/2007 16:45:23	<b>204.77</b>	61.60	3500.00	4.82
3/9/2007 16:45:54	<b>205.48</b>	61.60	3531.00	4.83
3/9/2007 16:46:24	<b>205.23</b>	61.60	3512.00	4.83
3/9/2007 16:46:53	<b>204.69</b>	61.60	3493.00	4.81
3/9/2007 16:47:23	<b>205.37</b>	61.60	3515.00	4.83
3/9/2007 16:47:53	<b>205.01</b>	61.60	3548.00	4.82
3/9/2007 16:48:24	<b>204.82</b>	61.60	3516.00	4.82
3/9/2007 16:48:53	<b>204.87</b>	61.60	3506.00	4.82
3/9/2007 16:49:23	<b>205.12</b>	61.60	3549.00	4.82
3/9/2007 16:49:54	<b>205.91</b>	61.60	3502.00	4.84
3/9/2007 16:50:23	<b>205.41</b>	61.60	3540.00	4.83
3/9/2007 16:50:53	<b>204.86</b>	61.60	3537.00	4.82
3/9/2007 16:51:23	<b>204.58</b>	61.60	3531.00	4.81
3/9/2007 16:51:53	<b>203.42</b>	61.60	3545.00	4.78
3/9/2007 16:52:23	<b>227.49</b>	61.67	3520.00	5.35
3/9/2007 16:52:54	<b>228.41</b>	61.74	3240.00	5.37
3/9/2007 16:53:24	<b>230.00</b>	61.74	3200.00	5.41
3/9/2007 16:53:53	<b>232.53</b>	61.74	3187.00	5.47
3/9/2007 16:54:23	<b>255.50</b>	61.74	3615.00	6.01
3/9/2007 16:54:53	<b>255.42</b>	61.74	3642.00	6.01
3/9/2007 16:55:23	<b>231.22</b>	61.83	3529.00	5.44
3/9/2007 16:55:53	<b>231.21</b>	61.83	3529.00	5.44
3/9/2007 16:56:23	<b>230.24</b>	61.83	3526.00	5.41

3/9/2007 16:56:53	<b>230.18</b>	61.83	3546.00	5.41
3/9/2007 16:57:23	<b>230.28</b>	61.83	3576.00	5.41

**Lugar: Entrada Detroit**

Date/Time	Volume (gpm)	Signal Up (Hz)	Sndspd (f/s)	Velocity (ft/s)
3/9/2007 14:05:51	<b>9.34</b>	59.91	4868.62	3.05
3/9/2007 14:06:06	<b>9.37</b>	59.91	4869.24	3.06
3/9/2007 14:06:21	<b>9.37</b>	59.91	4868.95	3.06
3/9/2007 14:06:38	<b>9.53</b>	59.91	4869.01	3.11
3/9/2007 14:06:51	<b>9.57</b>	59.91	4868.93	3.12
3/9/2007 14:07:06	<b>9.61</b>	59.91	4869.05	3.13
3/9/2007 14:07:21	<b>9.67</b>	59.91	4868.84	3.16
3/9/2007 14:07:37	<b>10.09</b>	59.91	4869.00	3.29
3/9/2007 14:07:51	<b>9.80</b>	59.91	4868.81	3.20
3/9/2007 14:08:06	<b>9.67</b>	59.97	4868.65	3.15

**Lugar: Entrada Dubied**

Date/Time	Volume (gpm)	Signal Up (Hz)	Sndspd (f/s)	Velocity (ft/s)
3/9/2007 14:16:21	<b>0.48</b>	59.49	5121.79	0.16
3/9/2007 14:16:36	<b>0.50</b>	59.49	5121.64	0.16
3/9/2007 14:16:51	<b>0.48</b>	59.49	5121.70	0.16
3/9/2007 14:17:06	<b>0.50</b>	59.49	5121.78	0.16
3/9/2007 14:17:21	<b>0.49</b>	59.49	5121.85	0.16
3/9/2007 14:17:36	<b>0.47</b>	59.49	5121.74	0.15
3/9/2007 14:17:52	<b>0.50</b>	59.49	5121.77	0.16
3/9/2007 14:18:06	<b>0.52</b>	59.49	5121.81	0.17
3/9/2007 14:18:21	<b>0.53</b>	59.49	5121.99	0.17
3/9/2007 14:18:36	<b>0.54</b>	59.49	4757.81	0.18
3/9/2007 14:18:51	<b>0.49</b>	0.00	4787.62	0.16
3/9/2007 14:19:06	<b>0.49</b>	53.38	4719.89	0.16
3/9/2007 14:19:21	<b>0.49</b>	53.46	5878.87	0.16
3/9/2007 14:19:36	<b>0.49</b>	53.13	4817.88	0.16

**Lugar: Entrada Dubied**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>
3/9/2007 14:20:36	<b>0.43</b>	57.20	5002.35	0.14
3/9/2007 14:20:52	<b>0.43</b>	85.56	12262.92	0.14
3/9/2007 14:21:06	<b>0.43</b>	57.08	12262.92	0.14
3/9/2007 14:21:21	<b>0.43</b>	57.20	12262.92	0.14
3/9/2007 14:21:36	<b>0.43</b>	57.20	4957.30	0.14
3/9/2007 14:21:52	<b>0.40</b>	57.20	5024.58	0.13
3/9/2007 14:22:06	<b>0.27</b>	57.20	5024.55	0.09
3/9/2007 14:22:21	<b>0.17</b>	57.72	5024.49	0.06
3/9/2007 14:22:37	<b>0.11</b>	57.74	5035.61	0.04
3/9/2007 14:22:51	<b>0.07</b>	57.63	5035.76	0.02
3/9/2007 14:23:06	<b>0.05</b>	57.71	5035.89	0.02
3/9/2007 14:23:21	<b>0.03</b>	85.65	5035.81	0.01
3/9/2007 14:23:36	<b>0.02</b>	57.20	5035.99	0.01
3/9/2007 14:23:52	<b>0.01</b>	57.61	5036.22	0.00

**Lugar: Entrada Dubied**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>
3/9/2007 14:45:22	<b>0.25</b>	58.44	5089.00	0.08
3/9/2007 14:45:36	<b>0.63</b>	58.44	5089.60	0.20
3/9/2007 14:45:51	<b>0.50</b>	58.44	5096.26	0.16
3/9/2007 14:46:06	<b>0.41</b>	58.44	5098.49	0.14
3/9/2007 14:46:21	<b>0.31</b>	58.44	5091.91	0.10
3/9/2007 14:46:36	<b>0.27</b>	58.44	5086.39	0.09
3/9/2007 14:46:52	<b>0.26</b>	58.44	5083.14	0.09
3/9/2007 14:47:06	<b>0.21</b>	58.44	5081.31	0.07
3/9/2007 14:47:21	<b>0.19</b>	58.44	5081.11	0.06
3/9/2007 14:47:36	<b>0.34</b>	58.44	5080.76	0.11
3/9/2007 14:47:51	<b>0.32</b>	58.44	5080.26	0.11
3/9/2007 14:48:06	<b>0.22</b>	58.56	5079.66	0.07

**Lugar: Entrada Dubied**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>
3/9/2007 14:53:51	<b>0.23</b>	61.06	4904.48	0.08
3/9/2007 14:54:07	<b>0.28</b>	61.06	4904.41	0.09
3/9/2007 14:54:21	<b>0.29</b>	61.06	4904.55	0.09
3/9/2007 14:54:37	<b>0.32</b>	61.06	4904.95	0.11
3/9/2007 14:54:51	<b>0.27</b>	61.14	4905.20	0.09
3/9/2007 14:55:06	<b>0.33</b>	61.14	4905.24	0.11
3/9/2007 14:55:21	<b>0.36</b>	61.14	4905.08	0.12
3/9/2007 14:55:36	<b>0.41</b>	61.14	4905.14	0.13
3/9/2007 14:55:51	<b>0.38</b>	61.14	4905.29	0.12
3/9/2007 14:56:07	<b>0.31</b>	61.14	4905.33	0.10
3/9/2007 14:56:22	<b>0.34</b>	61.14	4905.39	0.11
3/9/2007 14:56:36	<b>0.30</b>	61.14	4905.39	0.10
3/9/2007 14:56:52	<b>0.28</b>	61.14	4905.35	0.09
3/9/2007 14:57:06	<b>0.27</b>	61.14	4905.18	0.09
3/9/2007 14:57:22	<b>0.34</b>	61.14	4905.28	0.11

**Lugar: Entrada EFD**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>
3/9/2007 12:45:17	<b>106.07</b>	61.29	5080.71	9.57
3/9/2007 12:45:32	<b>106.42</b>	61.29	5080.18	9.60
3/9/2007 12:45:47	<b>106.26</b>	61.29	5080.86	9.59
3/9/2007 12:46:02	<b>106.19</b>	61.29	5080.29	9.58
3/9/2007 12:46:17	<b>106.11</b>	61.29	5080.33	9.57
3/9/2007 12:46:32	<b>106.15</b>	61.29	5080.48	9.58
3/9/2007 12:46:47	<b>106.11</b>	61.29	5080.47	9.57
3/9/2007 12:47:02	<b>106.24</b>	61.29	5080.56	9.58
3/9/2007 12:47:17	<b>106.10</b>	61.29	5080.71	9.57
3/9/2007 12:47:33	<b>106.19</b>	61.29	5080.12	9.58
3/9/2007 12:47:47	<b>106.21</b>	61.29	5080.67	9.58
3/9/2007 12:48:03	<b>106.30</b>	61.29	5080.46	9.59
3/9/2007 12:48:17	<b>106.55</b>	61.29	5080.42	9.61

3/9/2007 12:48:32	<b>106.62</b>	61.29	5080.72	9.62
3/9/2007 12:48:47	<b>106.69</b>	61.29	5080.23	9.62
3/9/2007 12:49:02	<b>106.71</b>	61.29	5080.76	9.63

**Lugar: Entrada Tocco 1, Máq. Vida, Horno, Secador, Generador, Rectificadoras y fresadora**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>	<b>Velocity (ft/s)</b>
3/9/2007 9:42:42	<b>87.50</b>	60.79	5058.58	5.35
3/9/2007 9:42:52	<b>87.11</b>	60.79	5058.34	5.33
3/9/2007 9:43:02	<b>87.01</b>	60.79	5058.36	5.32
3/9/2007 9:43:12	<b>86.48</b>	60.79	5058.44	5.29
3/9/2007 9:43:23	<b>85.76</b>	60.79	5058.14	5.25
3/9/2007 9:43:32	<b>86.16</b>	60.79	5058.21	5.27
3/9/2007 9:43:43	<b>86.34</b>	60.79	5058.26	5.28
3/9/2007 9:43:52	<b>87.00</b>	60.79	5058.40	5.32
3/9/2007 9:44:02	<b>86.58</b>	60.79	5057.97	5.30
3/9/2007 9:44:12	<b>87.18</b>	60.79	5057.88	5.33
3/9/2007 9:44:22	<b>87.00</b>	60.79	5057.98	5.32

**Lugar: Entrada Horno, Secador de aire del compresor y Generador de gas RX**

<b>Date/Time</b>	<b>Volume (gpm)</b>	<b>Signal Up (Hz)</b>	<b>Sndspd (f/s)</b>	<b>Error #</b>
3/9/2007 8:46:39	-	57.94	-	2.00
3/9/2007 8:46:50	-	57.82	-	2.00
3/9/2007 8:47:00	-	57.82	-	2.00
3/9/2007 8:47:30	-	59.70	-	5.00
3/9/2007 8:47:39	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:47:49	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:47:59	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:48:10	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:48:19	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:48:29	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:48:39	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:48:49	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:48:59	-	60.19	-	0.00

3/9/2007 8:49:09	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:49:19	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:49:29	-	60.19	-	0.00
3/9/2007 8:49:39	-	60.11	-	0.00
3/9/2007 8:49:49	-	56.79	-	2.00

NOTA: CUANDO SE PRESENTA ALGUN TIPO DE ERROR ,SEA POR PROCESO, INSTALACIÓN , PROGRAMACIÓN EL EQUIPO NO REGISTRA EL FLUJO.

## 5. CAUSAS DE ERROR

Listado de las principales causas de error en la medición de flujo con el medidor ultrasónico PANAMETRIC PT878:

Mala selección de los transductores con respecto al diámetro

Dirección del flujo no adecuado

Temperatura del fluido fuera del rango del equipo, si la temperatura es muy alta se comienza a formar burbujas debido a la evaporación del fluido

Vibraciones en la tubería a la cual se le está realizando la medida

Corrosión en la parte internas de la tubería (Pérdida de la señal)

Nivel de agua muy

Poca distancia entre el punto a medir y accesorios de la

Mala programación del equipo

Poco gel aplicada para el acoplamiento acústico

**FOTOS DE ALGUNOS PUNTOS DONDE SE REALIZÓ LA MEDICIÓN  
MARZO 2 DE 2007**

Línea de retorno máquinas de temple FDF y EFD, tornos Dubied, Detroit y TCT



Línea de agua fría Horno, generador, secador de aire, rectificadoras cincinnati, excell-o y SI-4A



Línea de agua fría Maquina de temple Tocco 1



Línea de agua de enfriamiento del generador y transformadores de la máquina de temple EFD



Línea de agua fría Maquina de vida



Línea de agua caliente de la máquina de temple EFD



**FOTOS DE ALGUNOS PUNTOS DONDE SE REALIZÓ LA MEDICIÓN  
MARZO 9 DE 2007**

Línea caliente del horno de cementación



Línea de agua fría máquinas de temple, rectificadoras, horno, generador y secador



Línea de agua de entrada de la torre de enfriamiento



Línea de agua fría para toda la planta



Línea de agua caliente de la máquina de temple FDF



Medición del caudal de aire del ventilador de la torre de enfriamiento



## **ANEXO L. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN EPANET**

**ANEXO E. SIMULACIÓN DE LA RED EN EPANET**

```
*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Análisis Hidráulico y de Calidad           *
*                               para Redes de Distribución de Agua         *
*                               Version 2.0                                *
*                               *                                           *
* Traducción: Grupo REDHISP,UPV      Financ: Grupo Aguas de Valencia *
*****
```

**1. DATOS DE ENTRADA DE LA SIMULACIÓN**

```
Número de Nudos Caudal  306
Número de Embalses      1
Número de Depósitos     1
Número de Tuberías      259
Número de Bombas        3
Número de Válvulas      75
Unidades de Caudal      LPS
Unidades de presión     m
Fórmula Pérdidas Carga Hazen-William
Parámetro de Calidad    Ninguno

Coef. de rugosidad de tuberías  100
Coef. de rugosidad IC           85
Coef. de pérdidas menores      Ver fórmulas utilizadas en CRANE,
                               División de ingeniería, Flujo de fluidos
                               en válvulas, accesorios y tuberías,
                               McGraw-Hill, 1987. Apéndice A, 48-A p.
```

**Información requerida para la simulación**

Tabla de Líneas y Nudos:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
1	TKcold	1	0,8	52,5
5	TKcold	10	0,9	52,5
12	16	13	0,425	77,93
13	12	17	0,425	77,93
14	23	24	0,425	52,5
15	24	18	0,2	77,93
16	22	20	0,35	77,93
17	19	13	0,15	77,93
18	13	3	0,425	77,93
19	30	25	2,2	77,93
20	28	29	0,6	77,93
21	27	28	0,25	52,5
22	TKcold	26	0,9	52,5
23	12	32	2,25	77,93
24	21	12	0,25	77,93
26	33	32	0,15	77,93
27	35	32	0,7	77,93
29	36	TKcold	0,7	77,93
31	38	43	34	102,26
32	25	37	0,45	77,93
33	37	38	0,2	77,93
34	37	39	1	77,93
35	40	TKcold	0,65	77,93
38	43	44	20	102,26
39	43	45	1	62,71
40	72	46	29,7	62,71
41	45	47	5	52,5
44	49	51	20	40,89
45	46	49	8	40,89
46	46	52	17	62,71
48	51	53	7,7	40,89
51	53	2	0,3	40,89
53	52	5	18	52,5
54	5	6	0,6	12,7
55	5	15	5	52,5
59	6	7	5	15,8
60	246	311	8,3	26,64
61	7	9	8	15,8
63	55	130	0,3	15,8
64	54	41	0,8	52,5
66	57	128	0,2	26,64

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
67	52	58	0,25	62,71
69	59	61	7	52,5
79	44	68	35	77,93
80	298	69	0,2	52,5
81	70	103	2,7	52,5
86	68	74	20	77,93
87	235	80	0,3	26,64
88	75	76	0,4	26,64
91	75	78	0,6	26,64
95	80	81	4	26,64
97	74	83	10	77,93
98	83	84	0,2	77,93
100	84	85	0,15	52,5
102	83	87	7,5	52,5
103	87	88	0,5	52,5
105	88	89	8	26,64
106	297	91	10	40,89
107	91	92	0,45	40,89
109	93	94	0,3	52,5
Toc7c	94	95	1	52,5
111	53	259	0,5	40,89
114	96	99	4,8	40,38
161	183	100	0,25	52,5
EFD1a	71	101	1	52,5
Toc7b	99	105	1	40,89
Toc7a	303	304	1	40,89
119	51	63	0,5	40,89
120	108	66	0,2	40,89
121	109	110	1,5	40,89
Toc6a	110	111	1	40,89
122	110	112	0,3	40,89
Toc6b	112	113	1	40,89
124	112	114	0,3	40,89
Toc6c	114	115	1	40,89
125	109	116	2	15,8
126	117	118	0,5	15,8
130	118	121	1,5	15,8
133	108	124	3,8	40,89
134	125	126	0,7	40,89
Toc6d	126	127	1	40,89
Cincl10	128	129	1	26,64
SI9	130	131	1	15,8
Exce8	132	133	1	26,64
135	86	134	21,25	52,5
137	135	136	0,6	52,5
139	136	137	1,2	40,89

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
FDF5a	139	140	1	52,5
140	138	139	1,5	40,89
141	136	141	3,3	52,5
142	141	142	0,4	52,5
143	141	144	0,7	52,5
49	58	147	6,5	35,05
83	147	148	0,15	35,05
85	149	150	6,2	35,05
Comp12	150	151	1	15,8
101	147	152	10	35,05
110	152	153	7,7	35,05
145	154	155	0,6	35,05
146	155	156	0,5	35,05
148	156	161	0,3	26,64
149	156	157	0,5	35,05
VH	157	158	0,1	35,05
151	158	159	0,3	35,05
152	162	159	0,5	26,64
153	159	163	0,9	35,05
Hor13a	163	164	1	35,05
154	155	267	1	15,8
Hor13b	165	166	1	15,8
155	152	167	16,2	35,05
156	201	169	4	20,93
Gen14a	169	170	1	20,93
157	170	171	0,15	20,93
Gen14b	171	172	1	20,93
159	103	102	1,8	52,5
160	103	104	3,5	52,5
EFD1b	100	180	1	52,5
162	179	178	2,6	52,5
163	101	176	0,3	52,5
164	177	178	2,9	52,5
168	178	181	2,7	52,5
171	180	185	0,3	52,5
172	187	186	0,3	40,89
173	182	187	0,25	52,5
174	186	188	35	77,93
175	189	186	20	77,93
177	190	189	1,7	26,64
178	192	191	2,5	26,64
180	193	192	0,6	26,64
183	195	192	0,4	26,64
DTRT2	198	197	1	26,64
184	197	196	4	26,64
185	77	198	4	26,64
186	79	200	3	26,64

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
DUBD4	200	199	1	26,64
187	199	194	3	26,64
188	206	189	10	77,93
190	202	191	4	26,64
TCT3	205	204	1	26,64
191	82	205	0,5	26,64
192	204	203	0,95	26,64
194	207	206	0,2	77,93
196	208	207	0,15	52,5
197	140	210	2	52,5
200	225	212	0,5	52,5
201	146	214	0,7	52,5
202	145	214	0,4	52,5
203	214	215	2,5	52,5
205	215	216	0,2	26,64
206	217	218	1,8	26,64
207	218	219	1,3	26,64
211	218	221	1	26,64
214	215	223	0,25	52,5
215	211	225	1,25	52,5
216	224	225	1,1	52,5
217	213	209	21,25	52,5
218	226	206	7,5	52,5
219	227	226	0,5	52,5
221	228	227	8	26,64
222	188	230	20	102,26
223	231	230	29,7	62,71
225	233	232	0,1	40,89
226	232	231	8	40,89
230	237	305	1,2	40,89
233	238	237	0,4	40,89
236	240	307	10	40,89
237	95	240	0,6	40,89
238	241	256	3,95	40,89
240	105	241	1,8	40,89
243	244	239	0,3	40,89
246	127	143	0,7	40,89
248	119	118	1,5	15,8
89	129	173	0,2	26,64
96	174	175	33	26,64
115	247	248	1,25	52,5
127	249	248	0,15	52,5
229	131	254	0,3	15,8
249	133	313	0,15	26,64
250	255	252	8	15,8
251	252	253	5	15,8
252	248	251	5	52,5

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
253	253	251	0,6	15,8
256	251	258	18	52,5
257	258	231	17	62,71
258	111	237	0,4	40,89
259	113	238	0,4	40,89
260	115	238	0,4	40,89
FDF5c	144	146	1	52,5
263	164	260	0,2	35,05
264	261	262	1,25	35,05
Filtro	263	264	0,1	15,8
265	166	263	5,5	15,8
267	264	265	0,6	15,8
268	266	262	0,35	15,8
270	262	269	7,7	35,05
FiltrG	270	271	0,1	20,93
272	172	270	2	20,93
310	310	272	0,3	35,05
274	273	269	16,2	35,05
278	151	275	6,2	35,05
279	269	277	10	35,05
280	276	277	0,15	35,05
281	277	274	6,6	35,05
282	274	258	0,25	62,71
283	4	278	47	40,89
285	278	279	0,3	26,64
286	280	281	2	26,64
287	281	282	0,3	26,64
288	281	283	0,3	26,64
Vid11c	282	284	1	40,89
Vid11d	283	285	1	40,89
289	284	286	0,3	26,64
290	285	286	0,3	26,64
291	286	287	2	26,64
292	287	245	47	40,89
294	278	288	0,3	26,64
295	289	290	2,5	26,64
296	290	292	0,3	26,64
297	290	291	0,3	26,64
Vid11a	292	293	1	40,89
Vid11b	291	294	1	40,89
298	293	295	0,3	26,64
299	294	295	0,3	40,89
300	295	287	2,5	26,64
301	230	TKhot	40	102,26
28	80	75	2,5	26,64

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm	
52	31	25	0,425	77,93	
93	41	42	0,2	35,05	
128	42	56	33	26,64	
36	168	201	0,3	35,05	
37	7	246	0,3	15,8	
193	91	48	3,95	40,89	
231	68	298	0,3	40,89	
158	184	71	0,3	52,5	
228	74	299	1,7	26,64	
FDF5b	142	145	1	52,5	
232	236	8	1,25	40,89	
234	64	108	1,25	40,89	
235	60	309	0,5	40,89	
245	65	109	0,3	40,89	
261	67	236	3,8	40,89	
304	96	303	0,45	40,89	
305	304	241	1,1	40,89	
307	308	239	0,5	40,89	
308	239	309	7,7	40,89	
309	309	232	20	40,89	
311	271	310	0,25	20,93	
312	312	132	0,15	26,64	
313	314	315	8,3	26,64	
314	315	252	0,3	15,8	
75	175	97	0,2	35,05	
269	106	15	0,15	52,5	
58	191	11	0,3	26,64	
254	98	96	0,3	40,89	
273	257	240	0,3	40,89	
276	268	165	4,65	15,8	
302	15	296	0,3	40,89	
76	236	306	0,3	40,89	
Toc7d	92	93	1	52,5	
6	10	23	Sin Valor	Sin Valor	Bomba
7	1	22	Sin Valor	Sin Valor	Bomba
9	26	27	Sin Valor	Sin Valor	Bomba
2	17	16	Sin Valor	77,93	
Válvula					
3	18	19	Sin Valor	77,93	
Válvula					
4	20	21	Sin Valor	77,93	
Válvula					
8	29	30	Sin Valor	77,93	
Válvula					

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
10 Válvula	35	36	Sin Valor	77,93
30 Válvula	39	40	Sin Valor	77,93
42 Válvula	47	59	Sin Valor	52,5
43 Válvula	49	50	Sin Valor	40,89
50 Válvula	2	4	Sin Valor	40,89
56 Válvula	106	14	Sin Valor	52,5
57 Válvula	296	54	Sin Valor	52,5
62 Válvula	9	55	Sin Valor	15,8
65 Válvula	56	57	Sin Valor	26,64
71 Válvula	61	62	Sin Valor	52,5
131 Válvula	69	70	Sin Valor	52,5
84 Válvula	76	77	Sin Valor	26,64
90 Válvula	78	79	Sin Valor	26,64
94 Válvula	81	82	Sin Valor	26,64
99 Válvula	85	86	Sin Valor	52,5
104 Válvula	89	90	Sin Valor	26,64
116 Válvula	116	117	Sin Valor	15,8
123 Válvula	119	120	Sin Valor	15,8
129 Válvula	121	122	Sin Valor	15,8
132 Válvula	124	125	Sin Valor	40,89
136 Válvula	134	135	Sin Valor	52,5
138 Válvula	137	138	Sin Valor	40,89
11 Válvula	34	33	Sin Valor	77,93

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
47	148	149	Sin Valor	35,05
Válvula				
108	153	154	Sin Valor	35,05
Válvula				
147	161	162	Sin Valor	26,64
Válvula				
150	167	168	Sin Valor	35,05
Válvula				
165	185	179	Sin Valor	52,5
Válvula				
166	176	177	Sin Valor	52,5
Válvula				
167	181	182	Sin Valor	52,5
Válvula				
169	102	183	Sin Valor	52,5
Válvula				
170	104	184	Sin Valor	52,5
Válvula				
176	11	190	Sin Valor	26,64
Válvula				
179	194	193	Sin Valor	26,64
Válvula				
182	196	195	Sin Valor	26,64
Válvula				
189	203	202	Sin Valor	26,64
Válvula				
195	209	208	Sin Valor	52,5
Válvula				
198	210	211	Sin Valor	52,5
Válvula				
199	212	213	Sin Valor	52,5
Válvula				
204	216	217	Sin Valor	26,64
Válvula				
208	219	220	Sin Valor	26,64
Válvula				
210	221	222	Sin Valor	26,64
Válvula				
213	223	224	Sin Valor	52,5
Válvula				
220	229	228	Sin Valor	26,64
Válvula				
224	234	233	Sin Valor	40,89
Válvula				
244	245	244	Sin Valor	40,89
Válvula				

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
82 Válvula	173	174	Sin Valor	26,64
92 Válvula	97	247	Sin Valor	52,5
117 Válvula	249	250	Sin Valor	52,5
271 Válvula	272	273	Sin Valor	35,05
277 Válvula	275	276	Sin Valor	35,05
284 Válvula	279	280	Sin Valor	26,64
293 Válvula	288	289	Sin Valor	26,64
25 Válvula	3	31	Sin Valor	77,93
144 Válvula	259	297	Sin Valor	40,89
227 Válvula	299	235	Sin Valor	26,64
70 Válvula	63	64	Sin Valor	40,89
72 Válvula	8	60	Sin Valor	40,89
73 Válvula	66	65	Sin Valor	40,89
74 Válvula	143	67	Sin Valor	40,89
77 Válvula	305	306	Sin Valor	40,89
112 Válvula	307	308	Sin Valor	40,89
113 Válvula	311	312	Sin Valor	26,64
118 Válvula	313	314	Sin Valor	26,64
68 Válvula	48	98	Sin Valor	40,89
255 Válvula	256	257	Sin Valor	40,89
275 Válvula	267	268	Sin Valor	15,8
78 Válvula	45	72	Sin Valor	62,71

## ➤ Resultados de la simulación

Resultados en los Nudos:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
1	0,0	-0,67	-1,32	0,00
10	0,0	-0,69	-0,94	0,00
12	0,0	41,67	40,32	0,00
<b>13</b>	<b>0,0</b>	<b>41,50</b>	<b>40,15</b>	<b>0,00</b>
16	0,0	41,56	40,21	0,00
17	0,0	41,61	40,26	0,00
18	0,0	41,56	40,41	0,00
19	0,0	41,52	40,27	0,00
20	0,0	41,75	40,40	0,00
21	0,0	41,70	40,35	0,00
22	0,0	41,80	40,95	0,00
23	0,0	41,96	41,66	0,00
24	0,0	41,59	40,99	0,00
<b>25</b>	<b>0,0</b>	<b>40,93</b>	<b>39,48</b>	<b>0,00</b>
26	0,0	0,10	-0,55	0,00
27	0,0	20,53	19,68	0,00
28	0,0	20,53	19,48	0,00
29	0,0	20,53	19,38	0,00
30	0,0	40,93	39,68	0,00
32	0,0	41,67	41,22	0,00
33	0,0	41,67	41,40	0,00
34	0,0	41,67	41,47	0,00
35	0,0	41,67	41,27	0,00
37	0,0	40,71	39,26	0,00
38	0,0	40,47	39,02	0,00
39	0,0	40,71	39,96	0,00
40	0,0	0,10	-0,55	0,00
43	0,0	36,10	28,95	0,00
44	0,0	34,86	27,71	0,00
45	0,0	35,93	29,63	0,00
46	0,0	30,76	24,46	0,00
47	0,0	35,93	29,63	0,00
49	0,0	28,84	22,54	0,00
50	0,0	28,84	22,54	0,00
51	0,0	24,05	17,75	0,00
52	0,0	29,56	23,26	0,00
53	0,0	22,21	15,91	0,00
2	0,0	22,20	15,90	0,00
4	0,0	22,20	15,90	0,00
5	0,0	29,22	22,92	0,00
6	0,0	25,05	18,95	0,00
7	0,0	19,96	14,06	0,00
132	0,0	19,19	18,74	0,00
<b>9</b>	<b>0,0</b>	<b>19,33</b>	<b>17,08</b>	<b>0,00</b>
14	0,0	29,18	23,08	0,00

## Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
15	0,0	29,18	22,88	0,00
54	0,0	29,17	22,87	0,00
55	0,0	19,33	17,13	0,00
130	0,0	19,31	19,01	0,00
56	0,0	21,76	19,96	0,00
<b>57</b>	<b>0,0</b>	<b>20,74</b>	<b>18,99</b>	<b>0,00</b>
128	0,0	20,69	20,24	0,00
58	0,0	29,47	23,17	0,00
59	0,0	35,93	29,63	0,00
61	0,0	35,93	34,73	0,00
62	0,0	35,93	34,78	0,00
68	0,0	26,64	19,49	0,00
69	0,0	25,10	18,40	0,00
<b>70</b>	<b>0,0</b>	<b>19,57</b>	<b>12,95</b>	<b>0,00</b>
74	0,0	25,68	18,53	0,00
75	0,0	21,17	16,57	0,00
76	0,0	21,12	16,52	0,00
<b>77</b>	<b>0,0</b>	<b>21,12</b>	<b>16,52</b>	<b>0,00</b>
78	0,0	21,06	16,46	0,00
79	0,0	21,06	16,46	0,00
81	0,0	21,39	18,14	0,00
82	0,0	21,39	18,24	0,00
83	0,0	25,48	18,33	0,00
84	0,0	25,47	18,62	0,00
85	0,0	25,35	18,75	0,00
86	0,0	25,35	18,85	0,00
87	0,0	25,48	18,58	0,00
88	0,0	25,48	18,78	0,00
89	0,0	25,48	20,98	0,00
90	0,0	25,48	20,98	0,00
<b>91</b>	<b>0,0</b>	<b>20,99</b>	<b>16,84</b>	<b>0,00</b>
92	0,0	20,96	16,26	0,00
93	0,0	20,93	16,33	0,00
94	0,0	20,93	16,63	0,00
95	0,0	20,91	16,71	0,00
96	0,0	20,91	16,06	0,00
99	0,0	20,91	17,06	0,00
100	0,0	17,65	13,15	0,00
101	0,0	17,32	13,52	0,00
102	0,0	17,70	12,85	0,00
103	0,0	18,02	11,82	0,00
104	0,0	17,54	12,69	0,00
105	0,0	20,90	16,35	0,00
108	0,0	20,91	14,61	0,00
109	0,0	20,91	14,61	0,00
110	0,0	20,91	15,66	0,00

## Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
111	0,0	20,91	15,66	0,00
112	0,0	20,91	15,91	0,00
113	0,0	20,91	15,91	0,00
114	0,0	20,91	16,16	0,00
115	0,0	20,91	16,16	0,00
116	0,0	20,91	15,06	0,00
117	0,0	20,91	15,11	0,00
118	0,0	20,91	15,41	0,00
119	0,0	20,91	15,41	0,00
120	0,0	20,91	16,16	0,00
121	0,0	20,91	15,41	0,00
122	0,0	20,91	16,16	0,00
124	0,0	20,91	15,61	0,00
125	0,0	20,91	15,66	0,00
126	0,0	20,91	16,41	0,00
127	0,0	20,91	16,41	0,00
129	0,0	20,39	19,94	0,00
130	0,0	19,31	19,01	0,00
131	0,0	19,20	18,90	0,00
133	0,0	19,13	18,68	0,00
134	0,0	22,36	20,96	0,00
135	0,0	22,36	21,01	0,00
<b>136</b>	<b>0,0</b>	<b>22,27</b>	<b>21,57</b>	<b>0,00</b>
137	0,0	22,17	21,47	0,00
138	0,0	21,62	20,92	0,00
139	0,0	21,50	19,80	0,00
140	0,0	21,46	19,06	0,00
141	0,0	22,09	21,69	0,00
142	0,0	22,08	21,93	0,00
144	0,0	22,08	21,93	0,00
145	0,0	22,06	21,21	0,00
146	0,0	22,06	21,21	0,00
147	0,0	25,53	19,23	0,00
148	0,0	25,52	19,32	0,00
149	0,0	24,92	18,72	0,00
<b>150</b>	<b>0,0</b>	<b>24,28</b>	<b>24,13</b>	<b>0,00</b>
151	0,0	17,55	17,40	0,00
152	0,0	23,05	16,75	0,00
153	0,0	22,00	21,00	0,00
154	0,0	21,17	20,22	0,00
<b>155</b>	<b>0,0</b>	<b>21,09</b>	<b>20,69</b>	<b>0,00</b>
156	0,0	21,03	20,63	0,00
157	0,0	20,97	20,57	0,00
158	0,0	20,96	20,56	0,00
159	0,0	20,92	20,52	0,00
161	0,0	21,03	20,63	0,00
162	0,0	20,92	20,52	0,00

## Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
163	0,0	20,82	20,42	0,00
164	0,0	20,66	20,26	0,00
165	0,0	20,71	16,71	0,00
166	0,0	20,62	16,62	0,00
167	0,0	22,69	18,69	0,00
168	0,0	22,58	18,63	0,00
169	0,0	21,47	17,97	0,00
170	0,0	21,10	17,60	0,00
171	0,0	21,05	17,55	0,00
172	0,0	20,68	17,18	0,00
176	0,0	17,27	12,47	0,00
177	0,0	17,27	12,42	0,00
178	0,0	16,88	10,68	0,00
179	0,0	17,35	12,50	0,00
180	0,0	17,40	13,60	0,00
181	0,0	15,33	8,71	0,00
182	0,0	15,33	8,63	0,00
183	0,0	17,70	12,90	0,00
184	0,0	17,54	12,74	0,00
185	0,0	17,35	12,55	0,00
186	0,0	14,60	7,45	0,00
187	0,0	15,19	8,29	0,00
188	0,0	6,38	-0,77	0,00
189	0,0	15,56	8,41	0,00
190	0,0	17,90	12,50	0,00
191	0,0	18,32	13,17	0,00
192	0,0	19,61	15,01	0,00
193	0,0	19,72	15,12	0,00
194	0,0	19,72	15,12	0,00
195	0,0	19,65	15,05	0,00
196	0,0	20,12	15,52	0,00
197	0,0	20,55	18,40	0,00
198	0,0	20,69	18,54	0,00
199	0,0	20,26	18,41	0,00
<b>200</b>	<b>0,0</b>	<b>20,51</b>	<b>18,66</b>	<b>0,00</b>
<b>201</b>	<b>0,0</b>	<b>22,57</b>	<b>18,82</b>	<b>0,00</b>
202	0,0	19,39	16,14	0,00
203	0,0	20,64	17,49	0,00
204	0,0	20,89	18,09	0,00
<b>205</b>	<b>0,0</b>	<b>21,25</b>	<b>18,45</b>	<b>0,00</b>
206	0,0	15,76	8,61	0,00
207	0,0	15,77	8,92	0,00
208	0,0	15,89	9,29	0,00
209	0,0	17,11	10,61	0,00
210	0,0	21,41	20,36	0,00
211	0,0	21,41	20,36	0,00
212	0,0	21,31	19,96	0,00

## Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
213	0,0	20,10	18,70	0,00
214	0,0	22,05	21,40	0,00
215	0,0	21,91	21,26	0,00
216	0,0	21,91	21,26	0,00
217	0,0	21,91	21,26	0,00
218	0,0	21,91	19,91	0,00
219	0,0	21,91	19,91	0,00
220	0,0	21,91	19,91	0,00
221	0,0	21,91	19,91	0,00
222	0,0	21,91	19,91	0,00
223	0,0	21,90	21,25	0,00
224	0,0	21,44	20,79	0,00
225	0,0	21,38	20,33	0,00
226	0,0	15,76	8,86	0,00
227	0,0	15,76	9,06	0,00
228	0,0	15,76	11,26	0,00
229	0,0	15,76	11,26	0,00
230	0,0	5,14	-2,01	0,00
231	0,0	10,31	4,01	0,00
232	0,0	12,23	5,93	0,00
233	0,0	12,23	5,93	0,00
234	0,0	12,23	5,93	0,00
236	0,0	20,91	14,61	0,00
237	0,0	20,91	15,66	0,00
238	0,0	20,91	15,91	0,00
239	0,0	18,86	12,56	0,00
240	0,0	20,87	16,57	0,00
241	0,0	20,90	16,05	0,00
244	0,0	18,87	12,57	0,00
245	0,0	19,05	12,75	0,00
173	0,0	20,35	18,60	0,00
174	0,0	19,32	17,52	0,00
175	0,0	11,98	5,68	0,00
247	0,0	11,90	5,60	0,00
248	0,0	11,89	5,59	0,00
249	0,0	11,89	5,59	0,00
250	0,0	11,89	5,59	0,00
251	0,0	11,85	5,55	0,00
252	0,0	18,55	12,65	0,00
253	0,0	13,46	7,36	0,00
254	0,0	19,18	16,98	0,00
255	0,0	19,18	16,93	0,00
258	0,0	11,51	5,21	0,00
260	0,0	20,64	20,24	0,00
261	0,0	19,98	19,58	0,00
262	0,0	19,84	19,44	0,00

## Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
263	0,0	20,25	19,85	0,00
264	0,0	20,07	19,67	0,00
265	0,0	20,03	19,63	0,00
266	0,0	19,86	19,46	0,00
269	0,0	18,78	12,48	0,00
270	0,0	20,13	16,53	0,00
271	0,0	19,34	15,69	0,00
272	0,0	19,25	15,30	0,00
273	0,0	19,14	15,14	0,00
274	0,0	11,52	5,22	0,00
275	0,0	16,92	10,72	0,00
276	0,0	16,32	10,12	0,00
277	0,0	16,30	10,00	0,00
<b>278</b>	<b>0,0</b>	<b>20,79</b>	<b>20,54</b>	<b>0,00</b>
279	0,0	20,77	20,52	0,00
280	0,0	20,77	20,47	0,00
281	0,0	20,62	20,12	0,00
282	0,0	20,62	20,12	0,00
283	0,0	20,62	20,12	0,00
284	0,0	20,61	20,11	0,00
285	0,0	20,61	20,11	0,00
286	0,0	20,61	20,11	0,00
287	0,0	20,46	20,36	0,00
288	0,0	20,77	20,52	0,00
289	0,0	20,77	20,47	0,00
290	0,0	20,62	20,32	0,00
291	0,0	20,62	20,12	0,00
292	0,0	20,62	20,12	0,00
293	0,0	20,62	20,12	0,00
294	0,0	20,61	20,11	0,00
295	0,0	20,61	20,31	0,00
80	0,0	22,46	17,31	0,00
3	0,0	41,30	39,85	0,00
31	0,0	41,13	39,68	0,00
41	0,0	29,16	22,86	0,00
42	0,0	29,10	22,80	0,00
201	0,0	22,57	18,82	0,00
246	0,0	19,78	13,88	0,00
259	0,0	22,15	15,85	0,00
297	0,0	22,15	15,85	0,00
298	0,0	25,22	18,32	0,00
71	0,0	17,50	13,00	0,00
235	0,0	23,34	17,99	0,00
299	0,0	23,34	17,94	0,00
8	0,0	20,91	14,61	0,00
60	0,0	17,02	10,72	0,00

## Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad	
63	0,0	24,05	17,75	0,00	
64	0,0	20,91	14,61	0,00	
65	0,0	20,91	14,61	0,00	
66	0,0	20,91	14,61	0,00	
67	0,0	20,91	15,61	0,00	
143	0,0	20,91	15,66	0,00	
303	0,0	20,91	16,36	0,00	
304	0,0	20,91	17,06	0,00	
305	0,0	20,91	15,06	0,00	
306	0,0	20,91	15,01	0,00	
307	0,0	19,71	13,41	0,00	
308	0,0	18,92	12,62	0,00	
309	0,0	17,02	10,72	0,00	
310	0,0	19,26	15,51	0,00	
311	0,0	19,39	17,89	0,00	
<b>312</b>	<b>0,0</b>	<b>19,20</b>	<b>17,75</b>	<b>0,00</b>	
313	0,0	19,12	17,67	0,00	
314	0,0	19,12	17,62	0,00	
315	0,0	18,73	12,83	0,00	
97	0,0	11,97	5,67	0,00	
106	0,0	29,18	22,88	0,00	
11	0,0	17,90	12,55	0,00	
48	0,0	20,96	15,86	0,00	
98	0,0	20,91	15,86	0,00	
256	0,0	20,87	15,82	0,00	
257	0,0	20,87	15,77	0,00	
267	0,0	21,02	19,02	0,00	
268	0,0	21,02	18,97	0,00	
296	0,0	29,17	22,87	0,00	
72	0,0	35,93	29,63	0,00	
TKcold	-22,9	0,10	0,00	0,00	Embalse
TKhot	22,9	0,00	0,00	0,00	Depósito

## Resultados en las Líneas:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
1	11,7	5,42	961,41	Abierta
5	11,1	5,14	872,33	Abierta
12	11,7	2,46	140,38	Abierta
13	11,7	2,46	140,39	Abierta
<b>14</b>	<b>11,1</b>	<b>5,14</b>	<b>872,33</b>	<b>Abierta</b>
15	11,1	2,33	127,36	Abierta
<b>16</b>	<b>11,7</b>	<b>2,46</b>	<b>140,39</b>	<b>Abierta</b>
17	11,1	2,33	127,37	Abierta

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
18	22,9	4,80	483,03	Abierta
19	0,0	0,00	0,00	Abierta
20	0,0	0,00	0,00	Abierta
21	0,0	0,00	0,00	Abierta
22	0,0	0,00	0,00	Abierta
23	0,0	0,00	0,00	Abierta
24	11,7	2,46	140,38	Abierta
26	0,0	0,00	0,00	Abierta
27	0,0	0,00	0,00	Abierta
29	0,0	0,00	0,00	Abierta
<b>31</b>	<b>22,9</b>	<b>2,78</b>	<b>128,59</b>	<b>Abierta</b>
32	22,9	4,80	483,04	Abierta
33	22,9	4,80	1185,79	Abierta
34	0,0	0,00	0,00	Abierta
35	0,0	0,00	0,00	Abierta
<b>38</b>	<b>15,4</b>	<b>1,88</b>	<b>62,03</b>	<b>Abierta</b>
<b>39</b>	<b>7,4</b>	<b>2,41</b>	<b>174,01</b>	<b>Abierta</b>
40	7,4	2,41	174,01	Abierta
41	0,0	0,00	0,00	Abierta
44	2,9	2,19	239,49	Abierta
<b>45</b>	<b>2,9</b>	<b>2,19</b>	<b>239,49</b>	<b>Abierta</b>
<b>46</b>	<b>4,6</b>	<b>1,48</b>	<b>70,54</b>	<b>Abierta</b>
48	2,9	2,19	239,49	Abierta
<b>51</b>	<b>0,9</b>	<b>0,71</b>	<b>29,92</b>	<b>Abierta</b>
<b>53</b>	<b>1,4</b>	<b>0,65</b>	<b>18,95</b>	<b>Abierta</b>
<b>54</b>	<b>0,5</b>	<b>4,06</b>	<b>6942,53</b>	<b>Abierta</b>
<b>55</b>	<b>0,9</b>	<b>0,41</b>	<b>8,17</b>	<b>Abierta</b>
59	0,5	2,62	1018,37	Abierta
60	0,4	0,69	46,90	Abierta
<b>61</b>	<b>0,1</b>	<b>0,66</b>	<b>78,28</b>	<b>Abierta</b>
63	0,1	0,66	78,28	Abierta
64	0,9	0,41	8,17	Abierta
66	0,9	1,60	222,41	Abierta
<b>67</b>	<b>3,2</b>	<b>1,02</b>	<b>339,71</b>	<b>Abierta</b>
69	0,0	0,00	0,00	Abierta
79	15,4	3,23	234,87	Abierta
80	8,9	4,10	573,30	Abierta
81	8,9	4,10	573,29	Abierta
<b>86</b>	<b>6,6</b>	<b>1,37</b>	<b>47,70</b>	<b>Abierta</b>
87	2,4	4,30	2946,83	Abierta
88	0,6	1,08	107,62	Abierta
91	0,8	1,44	182,48	Abierta
95	1,0	1,77	267,34	Abierta
<b>97</b>	<b>4,2</b>	<b>0,87</b>	<b>20,54</b>	<b>Abierta</b>
98	4,2	0,87	20,55	Abierta
100	4,2	1,92	842,21	Abierta

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
102	0,0	0,00	0,00	Abierta
103	0,0	0,00	0,00	Abierta
105	0,0	0,00	0,00	Abierta
106	1,9	1,48	115,57	Abierta
107	1,5	1,12	69,30	Abierta
109	1,5	0,68	20,51	Abierta
<b>Toc7c</b>	<b>1,5</b>	<b>0,68</b>	<b>20,51</b>	<b>Abierta</b>
<b>111</b>	<b>1,9</b>	<b>1,48</b>	<b>115,57</b>	<b>Abierta</b>
114	0,2	0,13	1,35	Abierta
161	4,8	2,21	181,85	Abierta
<b>EFD1a</b>	<b>4,1</b>	<b>1,89</b>	<b>185,39</b>	<b>Abierta</b>
<b>Toc7b</b>	<b>0,2</b>	<b>0,13</b>	<b>1,71</b>	<b>Abierta</b>
<b>Toc7a</b>	<b>0,3</b>	<b>0,23</b>	<b>4,87</b>	<b>Abierta</b>
119	0,0	0,00	0,00	Abierta
120	0,0	0,00	0,00	Abierta
121	0,0	0,00	0,00	Abierta
<b>Toc6a</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>Abierta</b>
122	0,0	0,00	0,00	Abierta
<b>Toc6b</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>Abierta</b>
124	0,0	0,00	0,00	Abierta
Toc6c	0,0	0,00	0,00	Abierta
125	0,0	0,00	0,00	Abierta
126	0,0	0,00	0,00	Abierta
130	0,0	0,00	0,00	Abierta
133	0,0	0,00	0,00	Abierta
134	0,0	0,00	0,00	Abierta
Toc6d	0,0	0,00	0,00	Abierta
<b>Cinc10</b>	<b>0,9</b>	<b>1,60</b>	<b>300,52</b>	<b>Abierta</b>
<b>SI9</b>	<b>0,1</b>	<b>0,66</b>	<b>105,77</b>	<b>Abierta</b>
<b>Exce8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,69</b>	<b>63,37</b>	<b>Abierta</b>
135	4,2	1,92	140,69	Abierta
137	4,2	1,92	140,69	Abierta
139	1,6	1,23	83,11	Abierta
<b>FDF5a</b>	<b>1,6</b>	<b>0,75</b>	<b>33,24</b>	<b>Abierta</b>
140	1,6	1,23	83,11	Abierta
141	2,5	1,17	56,32	Abierta
142	1,4	0,62	17,57	Abierta
143	1,2	0,55	13,74	Abierta
49	3,2	3,28	606,36	Abierta
<b>83</b>	<b>1,2</b>	<b>1,26</b>	<b>102,68</b>	<b>Abierta</b>
85	1,2	1,26	102,67	Abierta
<b>Comp12</b>	<b>1,2</b>	<b>6,18</b>	<b>6725,04</b>	<b>Abierta</b>
<b>101</b>	<b>1,9</b>	<b>2,02</b>	<b>247,71</b>	<b>Abierta</b>
<b>110</b>	<b>1,4</b>	<b>1,47</b>	<b>137,36</b>	<b>Abierta</b>
145	1,4	1,47	137,36	Abierta
146	1,3	1,35	116,78	Abierta

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
148	0,0	0,00	0,00	Abierta
149	1,3	1,35	116,78	Abierta
VH	1,3	1,35	157,78	Abierta
151	1,3	1,35	116,78	Abierta
152	0,0	0,00	0,00	Abierta
153	1,3	1,35	116,78	Abierta
<b>Hor13a</b>	<b>1,3</b>	<b>1,35</b>	<b>157,80</b>	<b>Abierta</b>
154	0,1	0,61	67,62	Abierta
<b>Hor13b</b>	<b>0,1</b>	<b>0,61</b>	<b>91,37</b>	<b>Abierta</b>
<b>155</b>	<b>0,5</b>	<b>0,55</b>	<b>22,32</b>	<b>Abierta</b>
156	0,5	1,55	275,85	Abierta
<b>Gen14a</b>	<b>0,5</b>	<b>1,55</b>	<b>371,70</b>	<b>Abierta</b>
157	0,5	1,55	275,08	Abierta
<b>Gen14b</b>	<b>0,5</b>	<b>1,55</b>	<b>371,70</b>	<b>Abierta</b>
159	4,8	2,21	181,85	Abierta
160	4,1	1,89	137,21	Abierta
<b>EFD1b</b>	<b>4,8</b>	<b>2,21</b>	<b>245,71</b>	<b>Abierta</b>
162	4,8	2,21	181,85	Abierta
163	4,1	1,89	137,21	Abierta
164	4,1	1,89	137,21	Abierta
168	8,9	4,10	573,29	Abierta
171	4,8	2,21	181,85	Abierta
172	8,9	6,76	1936,80	Abierta
173	8,9	4,10	573,29	Abierta
174	15,4	3,23	234,87	Abierta
175	6,6	1,37	47,70	Abierta
177	2,4	4,30	1379,46	Abierta
178	1,4	2,53	515,46	Abierta
180	0,8	1,44	182,47	Abierta
183	0,6	1,08	107,62	Abierta
<b>DTRT2</b>	<b>0,6</b>	<b>1,08</b>	<b>145,41</b>	<b>Abierta</b>
184	0,6	1,08	107,62	Abierta
185	0,6	1,08	107,62	Abierta
186	0,8	1,44	182,47	Abierta
<b>DUBD4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,44</b>	<b>246,56</b>	<b>Abierta</b>
187	0,8	1,44	182,48	Abierta
188	4,2	0,87	20,54	Abierta
190	1,0	1,77	267,34	Abierta
<b>TCT3</b>	<b>1,0</b>	<b>1,77</b>	<b>361,23</b>	<b>Abierta</b>
191	1,0	1,77	267,34	Abierta
192	1,0	1,77	267,34	Abierta
194	4,2	0,87	20,55	Abierta
196	4,2	1,92	842,21	Abierta
197	1,6	0,75	24,60	Abierta
200	4,2	1,92	140,69	Abierta
201	1,2	0,55	13,74	Abierta

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
202	1,4	0,62	17,57	Abierta
203	2,5	1,17	56,32	Abierta
205	0,0	0,00	0,00	Abierta
206	0,0	0,00	0,00	Abierta
207	0,0	0,00	0,00	Abierta
211	0,0	0,00	0,00	Abierta
214	2,5	1,17	56,32	Abierta
215	1,6	0,75	24,60	Abierta
216	2,5	1,17	56,32	Abierta
217	4,2	1,92	140,69	Abierta
218	0,0	0,00	0,00	Abierta
219	0,0	0,00	0,00	Abierta
221	0,0	0,00	0,00	Abierta
222	15,4	1,88	62,03	Abierta
223	7,4	2,41	174,01	Abierta
225	0,0	0,00	0,00	Abierta
226	2,9	2,19	239,50	Abierta
230	0,0	0,00	0,00	Abierta
233	0,0	0,00	0,00	Abierta
236	1,9	1,48	115,57	Abierta
237	1,5	1,12	69,30	Abierta
238	0,5	0,36	8,30	Abierta
240	0,2	0,13	1,27	Abierta
243	0,9	0,71	29,92	Abierta
246	0,0	0,00	0,00	Abierta
248	0,0	0,00	0,00	Abierta
89	0,9	1,60	222,41	Abierta
96	0,9	1,60	222,41	Abierta
115	0,9	0,41	8,17	Abierta
127	0,0	0,00	0,00	Abierta
229	0,1	0,66	78,27	Abierta
249	0,4	0,69	46,90	Abierta
250	0,1	0,66	78,28	Abierta
251	0,5	2,62	1018,35	Abierta
252	0,9	0,41	8,17	Abierta
253	0,5	2,62	2684,62	Abierta
256	1,4	0,65	18,95	Abierta
257	4,6	1,48	70,54	Abierta
258	0,0	0,00	0,00	Abierta
259	0,0	0,00	0,00	Abierta
260	0,0	0,00	0,00	Abierta
<b>FD5c</b>	<b>1,2</b>	<b>0,55</b>	<b>18,56</b>	<b>Abierta</b>
263	1,3	1,35	116,78	Abierta
264	1,3	1,35	116,78	Abierta
Filtro	0,1	0,61	1745,50	Abierta
265	0,1	0,61	67,62	Abierta

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
267	0,1	0,61	67,62	Abierta
268	0,1	0,61	67,62	Abierta
270	1,4	1,47	137,36	Abierta
FiltrG	0,5	1,55	7962,32	Abierta
272	0,5	1,55	275,09	Abierta
310	0,5	0,55	22,32	Abierta
274	0,5	0,55	22,32	Abierta
278	1,2	1,26	102,67	Abierta
279	1,9	2,02	247,71	Abierta
280	1,2	1,26	102,68	Abierta
281	3,2	3,28	724,38	Abierta
282	3,2	1,02	35,65	Abierta
283	0,9	0,71	29,92	Abierta
285	0,5	0,88	73,39	Abierta
286	0,5	0,88	73,39	Abierta
287	0,2	0,44	20,32	Abierta
288	0,2	0,44	20,32	Abierta
<b>Vid11c</b>	<b>0,2</b>	<b>0,19</b>	<b>3,41</b>	<b>Abierta</b>
<b>Vid11d</b>	<b>0,2</b>	<b>0,19</b>	<b>3,41</b>	<b>Abierta</b>
289	0,2	0,44	20,33	Abierta
290	0,2	0,44	20,33	Abierta
291	0,5	0,88	73,39	Abierta
292	0,9	0,71	29,92	Abierta
294	0,4	0,79	60,54	Abierta
295	0,4	0,79	60,54	Abierta
296	0,2	0,35	13,44	Abierta
297	0,2	0,44	20,43	Abierta
<b>Vid11a</b>	<b>0,2</b>	<b>0,15</b>	<b>2,25</b>	<b>Abierta</b>
<b>Vid11b</b>	<b>0,2</b>	<b>0,19</b>	<b>3,43</b>	<b>Abierta</b>
298	0,2	0,35	13,44	Abierta
299	0,2	0,19	2,53	Abierta
300	0,4	0,79	60,54	Abierta
301	22,9	2,78	128,59	Abierta
28	1,4	2,53	515,46	Abierta
52	22,9	4,80	483,03	Abierta
93	0,9	0,93	281,48	Abierta
128	0,9	1,60	222,49	Abierta
36	0,5	0,55	22,32	Abierta
<b>37</b>	<b>0,4</b>	<b>1,97</b>	<b>597,41</b>	<b>Abierta</b>
193	0,5	0,36	8,30	Abierta
<b>231</b>	<b>8,9</b>	<b>6,76</b>	<b>4730,40</b>	<b>Abierta</b>
158	4,1	1,89	137,21	Abierta
<b>228</b>	<b>2,4</b>	<b>4,30</b>	<b>1379,47</b>	<b>Abierta</b>
<b>FDF5b</b>	<b>1,4</b>	<b>0,62</b>	<b>23,74</b>	<b>Abierta</b>
232	0,0	0,00	0,00	Abierta
234	0,0	0,00	0,00	Abierta

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado	
235	0,0	0,00	0,00	Abierta	
245	0,0	0,00	0,00	Abierta	
261	0,0	0,00	0,00	Abierta	
304	0,3	0,23	3,61	Abierta	
305	0,3	0,23	3,61	Abierta	
307	1,9	1,48	115,57	Abierta	
308	2,9	2,19	239,49	Abierta	
309	2,9	2,19	239,50	Abierta	
311	0,5	1,55	298,45	Abierta	
312	0,4	0,69	46,90	Abierta	
313	0,4	0,69	46,90	Abierta	
314	0,4	1,97	597,39	Abierta	
75	0,9	0,93	58,45	Abierta	
269	0,0	0,00	0,00	Abierta	
58	2,4	4,30	1379,46	Abierta	
254	0,5	0,36	8,30	Abierta	
273	0,5	0,36	8,30	Abierta	
276	0,1	0,61	67,62	Abierta	
302	0,9	0,68	27,59	Abierta	
76	0,0	0,00	0,00	Abierta	
<b>Toc7d</b>	<b>1,5</b>	<b>0,68</b>	<b>27,72</b>	<b>Abierta</b>	
<b>6</b>	<b>11,1</b>	<b>0,00</b>	<b>-42,65</b>	<b>Marcha</b>	<b>Bomba</b>
<b>7</b>	<b>11,7</b>	<b>0,00</b>	<b>-42,47</b>	<b>Marcha</b>	<b>Bomba</b>
<b>9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>Parada</b>	<b>Bomba</b>
2	11,7	2,46	0,04	Abierta	Válvula
3	11,1	2,33	0,04	Abierta	Válvula
4	11,7	2,46	0,04	Abierta	Válvula
8	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
10	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
30	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
42	0,0	0,00	0,00	Abierta	Válvula
43	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
50	0,9	0,71	0,00	Abierta	Válvula
56	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
57	0,9	0,41	0,00	Abierta	Válvula
62	0,1	0,66	0,00	Abierta	Válvula
65	0,9	1,60	1,02	Abierta	Válvula
71	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
131	8,9	4,10	5,53	Abierta	Válvula
84	0,6	1,08	0,00	Abierta	Válvula
90	0,8	1,44	0,00	Abierta	Válvula
94	1,0	1,77	0,00	Abierta	Válvula
99	4,2	1,92	0,00	Abierta	Válvula
104	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
116	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
123	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado	
129	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
132	0,0	0,00	0,00	Abierta	Válvula
136	4,2	1,92	0,00	Abierta	Válvula
138	1,6	1,23	0,55	Abierta	Válvula
11	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
47	1,2	1,26	0,60	Abierta	Válvula
108	1,4	1,47	0,82	Abierta	Válvula
147	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
150	0,5	0,55	0,12	Abierta	Válvula
165	4,8	2,21	0,00	Abierta	Válvula
166	4,1	1,89	0,00	Abierta	Válvula
167	8,9	4,10	0,00	Abierta	Válvula
169	4,8	2,21	0,00	Abierta	Válvula
170	4,1	1,89	0,00	Abierta	Válvula
176	2,4	4,30	0,00	Abierta	Válvula
179	0,8	1,44	0,00	Abierta	Válvula
182	0,6	1,08	0,47	Abierta	Válvula
189	1,0	1,77	1,25	Abierta	Válvula
195	4,2	1,92	1,21	Abierta	Válvula
198	1,6	0,75	0,00	Abierta	Válvula
199	4,2	1,92	1,21	Abierta	Válvula
204	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
208	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
210	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
213	2,5	1,17	0,45	Abierta	Válvula
220	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
224	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
244	0,9	0,71	0,18	Abierta	Válvula
82	0,9	1,60	1,02	Abierta	Válvula
92	0,9	0,41	0,07	Abierta	Válvula
117	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
181	0,1	0,66	0,00	Abierta	Válvula
262	1,3	1,31	0,66	Abierta	Válvula
266	0,1	0,61	0,17	Abierta	Válvula
271	0,5	0,55	0,12	Abierta	Válvula
277	1,2	1,26	0,60	Abierta	Válvula
284	0,5	0,88	0,00	Abierta	Válvula
293	0,4	0,79	0,00	Abierta	Válvula
25	22,9	4,80	0,17	Abierta	Válvula
144	1,9	1,48	0,00	Abierta	Válvula
227	2,4	4,30	0,00	Abierta	Válvula
70	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
72	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
73	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
74	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
77	0,0	0,00	0,00	Cerrada	Válvula

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado	
112	1,9	1,48	0,79	Abierta	Válvula
113	0,4	0,69	0,19	Abierta	Válvula
118	0,4	0,69	0,00	Abierta	Válvula
68	0,5	0,36	0,05	Abierta	Válvula
255	0,5	0,36	0,00	Abierta	Válvula
275	0,1	0,61	0,00	Abierta	Válvula
78	7,4	2,41	0,00	Abierta	Válvula

A continuación en las figuras 1 y 2, se muestran fotos del software antes y durante la simulación, además en las figuras 3 y 4, se exponen los circuitos propuestos de la alternativa 5, para los grupos A y B.

Figura 1. Antes de la simulación

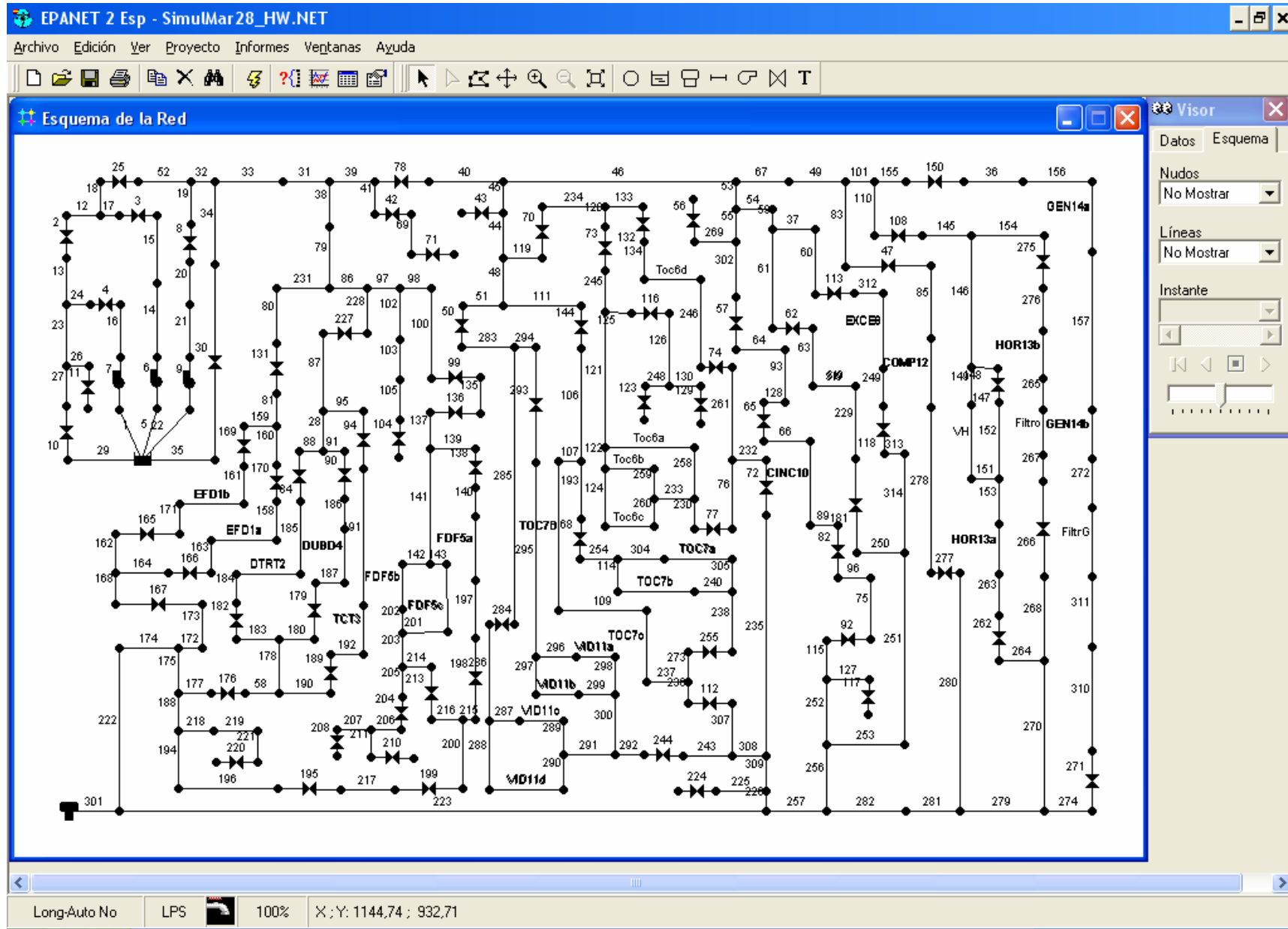
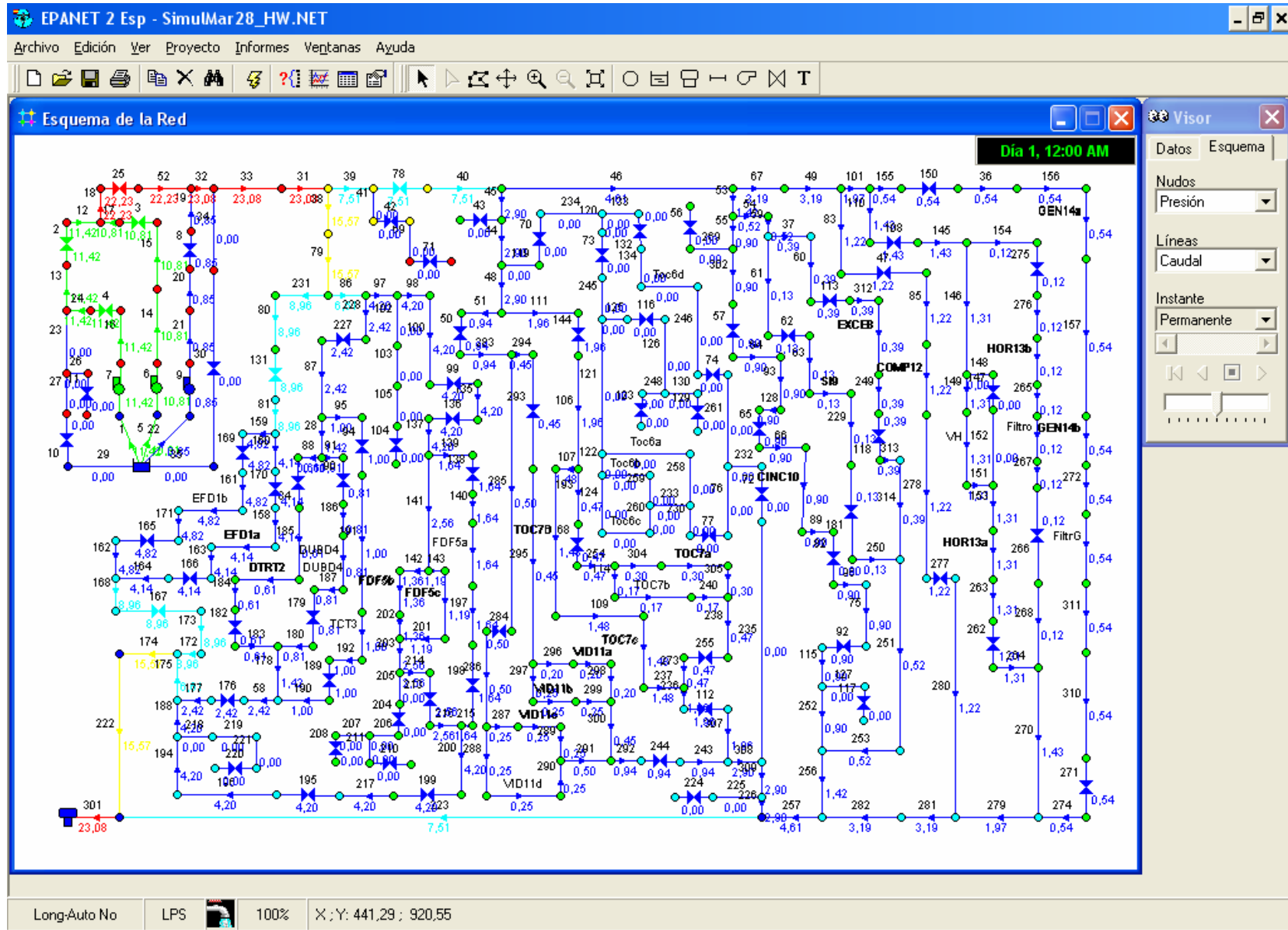
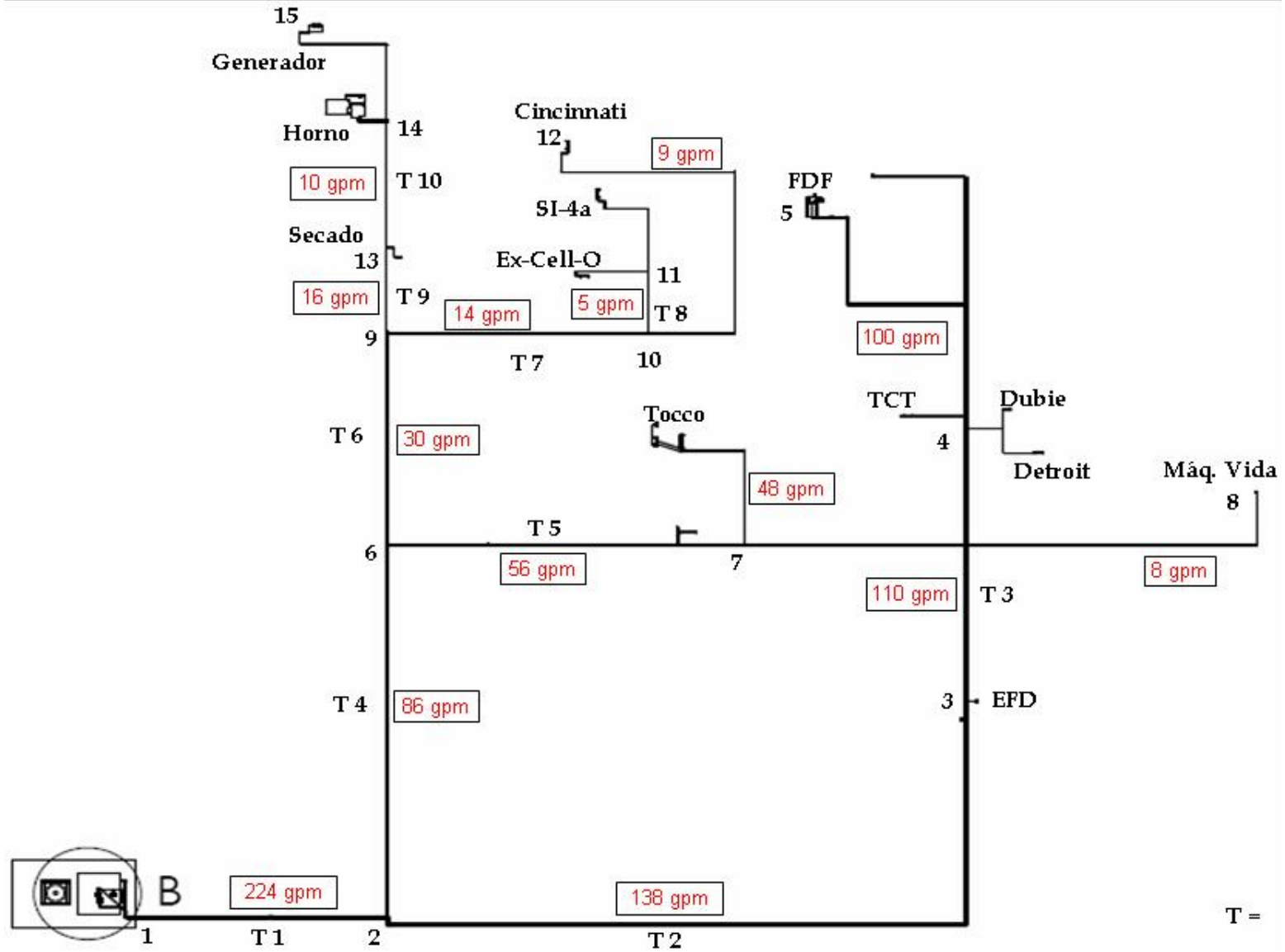


Figura 2. Durante la simulación



**ANEXO M. TRAMOS DE LA RED DE TUBERÍAS DEL  
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**

## TRAMOS DE LA RED DE TUBERÍAS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO



**ANEXO N. FORMATOS DE INSPECCIÓN Y OPERACIÓN  
INDICADOS POR EL CTI**

## INFORMACIÓN BÁSICA REQUERIDA PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Marcar: ✓ si la informacion esta disponible

No marcar si la informacion no esta disponible

Informacion especifica del equipo de diseño		Datos de campo	
Plano de localizacion general	✓	Bitacora de datos de operación (flujo de agua y temperaturas de entrada y salida del agua)	✓
Diagrama de balance de agua de enfriamiento		Consumos actuales de potencia en motores de bombas y ventilador de la torre	✓
Requerimientos actuales de agua de enfriamiento a cada planta involucrada en la torre	✓	Numero de ventiladores	✓
Planos de dimensiones estructurales de la torre	✓	Datos de placa del motor del ventilador	✓
Arreglo de los eliminadores y soportes		Datos de placa de las bombas	✓
Planos de chimenea y ventiladores		Record de condiciones climatologicas de los ultimos meses (temperatura de bulbo humedo y seco)	✓
Hoja de datos de la torre, bombas y ventiladores	✓	Numero de bombas	✓
Curva de operación de la torre	✓	Prueba de comportamiento	
Curva de operación de las bombas y ventiladores		Inspeccion visual	✓
Eficiencia del ventilador		Flujo de aire de la torre	✓
Costo del agua de reposicion, energia electrica	✓	Consumo de energia electrica (Voltaje y amperaje)	

FORMATO N°1

INFORMACIÓN GENERAL DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

<i>Nombre de la planta:</i>	
DANA TRANSEJES COLOMBIA	
<b>Variable</b>	<b>Valor o características</b>
<i>Condiciones de operación de la torre</i>	
Flujo de agua (Q)	65 m <sup>3</sup> /h (286 gpm)
Temperatura de agua caliente (T <sub>1</sub> ):	33°C
Temperatura de agua fría (T <sub>2</sub> ):	28°C
Temperatura de bulbo húmedo (T <sub>wb</sub> ):	25°C
<i>Datos generales de la torre</i>	
Marca y modelo:	Marca: Sulzer - Tipo: EWK - 441/09/5.5
Tipo de torre:	Flujo agua-aire: Contraflujo
Relleno:	Tipo: Salpiqueo y panal Material: PVC
Numero de celdas:	1 celda
Numero de Ventiladores:	1 ventilador
Potencia del motor y ventilador BHP (HP):	5.5 HP

**FORMATO N°2**  
**HOJA DE DATOS DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO**

<b>Cliente:</b> DANA TRANSEJES COLOMBIA
<b>Planta:</b> Bucaramanga
<b>Fecha de construcción:</b> 1987

**Características de diseño**

<b>Marca:</b> Sulzer
<b>Tipo:</b> EWK-441/09/5.5

	Unidades	Celda unica
<b>Flujo de agua a enfriar:</b>	gpm	286
<b>Temperatura de agua caliente:</b>	°C	33
<b>Temperatura de agua fría:</b>	°C	28
<b>Temperatura de bulbo húmedo:</b>	°C	25
<b>Rango de enfriamiento:</b>	°C	5
<b>Aproximación:</b>	°C	3
<b>BHP ventilador:</b>		5,5 HP
<b>Perdida de evaporación:</b>	gpm	3.5
<b>Elevación sobre el nivel del mar:</b>	m	786
<b>Valor característico de torre:</b>		
<b>Relación de flujo de agua/aire:</b>	lb agua/ lb aire	

<b>Detalles estructurales</b>		
<b>Número de celdas:</b>		1 celda
<b>Número de ventiladores:</b>		1 ventilador
<b>Dimensiones (I x w x h):</b>	m	1,5x1,5x3.4
<b>Relleno (I x w x h):</b>	m	1,4x1,4x0,9
<b>Altura chimenea:</b>	m	2

<b>Equipo mecánico</b>		
<b>Ventilador: Fabricante:</b>		Helios
<b>Tipo y Modelo:</b>		Tipo: HWD - 150/10
<b>Diámetro y número de aspas:</b>		5
<b>Material:</b>		Fibra de vidrio
<b>rpm.</b>		
<b>Aire total real</b>		16 m <sup>3</sup> /h
<b>Potencia del motor.</b>		5.5 HP

FORMATO N°3

HOJA DE INSPECCION PARA LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

<b>Propietario:</b> DANA Transejes Colombia				<b>Fecha de inspección:</b> Octubre 17 de 2007			
<b>Planta:</b> Principal				<b>Inspeccionada por:</b> Rayner M./Jeisson P.			
<b>Ubicación:</b> Girón - Santander				<b>Torre marca y tipo:</b> Sulzer tipo EWK-441/09/5.5			
<b>Tipo de tratamiento de agua:</b> Ninguno				<b>Fecha de instalación:</b> Junio 25 de 1987			
<b>Condiciones de diseño:</b>							
<b>Flujo (gpm):</b> 286				<b>Temperatura Agua Caliente (°C):</b> 33			
<b>Temperatura Agua Fria (°C):</b> 28				<b>Temperatura Bulbo Húmedo (°C):</b> 25			
<i>Marcar con un (X) la columna que corresponde a la condición actual</i>							
<b>Condiciones actuales: 1. Bueno. 2. Regular. 3. Malo</b>							
	1	2	3		1	2	3
<b>ESTRUCTURA EXTERNA</b>				<b>ESTRUCTURA INTERNA</b>			
1. Paredes exteriores:	X			9. Relleno (tipo y arreglo)		X	
2. Persianas (Material):		X		10. Toberas:		X	
3. Sellos de persianas y paredes:			X	11. Malla del ventilador:		X	
4. Base del ventilador:	X			12. Deposito de agua fria:		X	
5. Sistema de distribución:			X	13. Soporte del equipo mecanico:	X		
6. Valvulas de control de flujo:			X				
7. Sistema de rocío y toberas:		X					
8. Aspas del ventilador:		X					
<b>EQUIPO MECANICO</b>				<b>OTROS</b>			
18. Ventilador	X			21. Cableado			X
19. Diámetro y tipo:	X			22. Datos de placa HP/RPM:	12	900	
20. Motor del ventilador:	X			23. Fases/Voltios/ Amperios:	3	440	17
<b>Notas:</b> Motor diferente al de diseño No existen válvulas de control de flujo							

FORMATO N°4

VARIACIONES PERMITIDAS POR EL CTI

Variable	Desviaciones permitidas por Código CTI	Valor diseño	Valor prueba	Desviación entre prueba y diseño
TBH	+/- 8,33°C	25°C	25,4°C	1.6°C
Rango	+/- 20,0 %	5°C	4.5°C	10.0%
Flujo	+/- 10,0 %	286 gpm	264 gpm	-7.7%

FORMATO N°5

HOJA DE DATOS PARA LA PRUEBA DE COMPORTAMIENTO

<b>Cliente:</b> DANA TRANSEJES COLOMBIA
<b>Fecha de prueba:</b> 09 de Marzo de 2007
<b>Marca y tipo de la Torre:</b> Sulzer - EWK 441/09/5.5

Prueba	Hora	Temperatura de Bulbo húmedo	Temperatura de agua caliente	Temperatura de agua fría
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				

Promedio: 

--	--	--

Este formato se expone en el libro en el inciso de Toma de temperaturas

Variable	Simbolo	Diseño		Prueba	
		SI	Inglés	SI	Inglés
Flujo de agua	Q	65 m <sup>3</sup> /h	286 gpm	59.9 m <sup>3</sup> /h	256 gpm
Temperatura de agua caliente	T1	33.0°C	91.4°F	30.5°C	76.9°F
Temperatura de agua fria	T2	28.0°C	82.4°F	26.0°C	78.8°F
Temperatura de bulbo húmedo	Twb	25.0°C	77.0°F	25.4°C	77.7°F
Rango de enfriamiento (T1 - T2)	-	5.0°C	9.0°F	4.5°C	8.1°F
Aproximación (TAF - THB)	-	3.0°C	5.4°F	0.6°C	1.1°F
Potencia del freno del ventilador	P	5.5 kW	7.4 HP	9 kW	12.1 HP

**ANEXO O. FLUJO DE AGUA EN TUBERÍAS DE ACERO DE  
CÉDULA 40**



## **ANEXO P. TORRE DE ENFRIAMIENTO RECOMENDADA**



*The best just got better.*



# Engineering Brochure

**T-Model Cooling Towers  
A Manufacturer for 42 Years**

MEMBER



196 Lower Cherry Street  
Macon, GA 31201  
800-752-1905  
478-755-1905  
800-203-4925 FAX  
478-755-8304 FAX  
[www.coolingtowersystems.com](http://www.coolingtowersystems.com)  
[info@coolingtowersystems.com](mailto:info@coolingtowersystems.com)



## The Cooling Tower Systems Tower

### Design Features:

The non-rusting FRP casing and basin, circular in shape, eliminates special installation requirements. Prevailing wind directions will not affect tower performance.

### Casing:

Easy access through casing simplifies cleaning. Individual fiberglass panels are stainless steel bolted together for periodic wash down and general clean up. The CTS FRP cooling tower is designed for durability and long life even under the most severe environmental weather conditions.

### Fan Blades:

Aerodynamically designed propeller type fan blades are used to conserve power and assure quiet operations. CTS models T-25 through T-230 feature a factory-balanced ABS plastic blade. CTS models T-240 and above feature an all aluminum alloy adjustable fan.

### Fan Drive:

CTS models T-25 through T-2200 have direct drive fan motors. CTS models T-2225 and larger feature a unique belt drive, designed to reduce noise levels, with optional gear drives.

### Water Distribution System:

CTS models T-25 through T-260 use an ABS plastic sprinkler with stainless steel shaft. CTS models T-270 and above use an aluminum alloy sprinkler head. Both types of sprinkler head require little or no head pressure loss and minimum maintenance.

### Inlet Louvers:

Non-rusting PVC plastic mesh provides easy access to sump while preventing foreign objects from entering water basin.

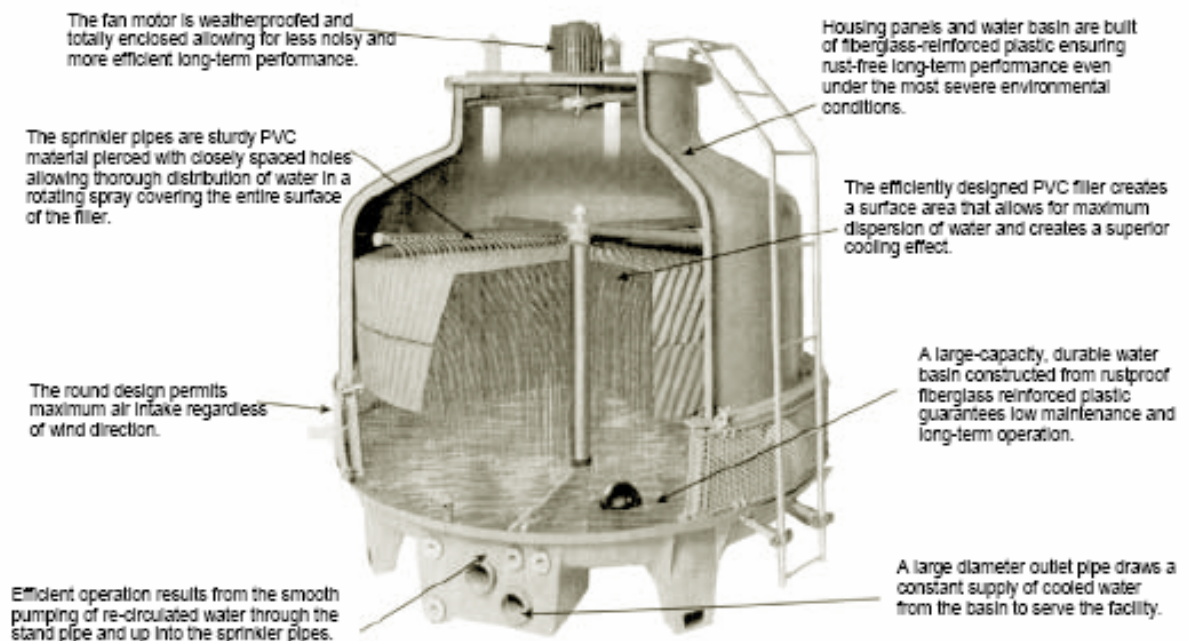
### Ladder:

Provided for maintenance and inspection accessibility to fan and sprinkler systems. (Models T-240 and above.)

### Fill Material:

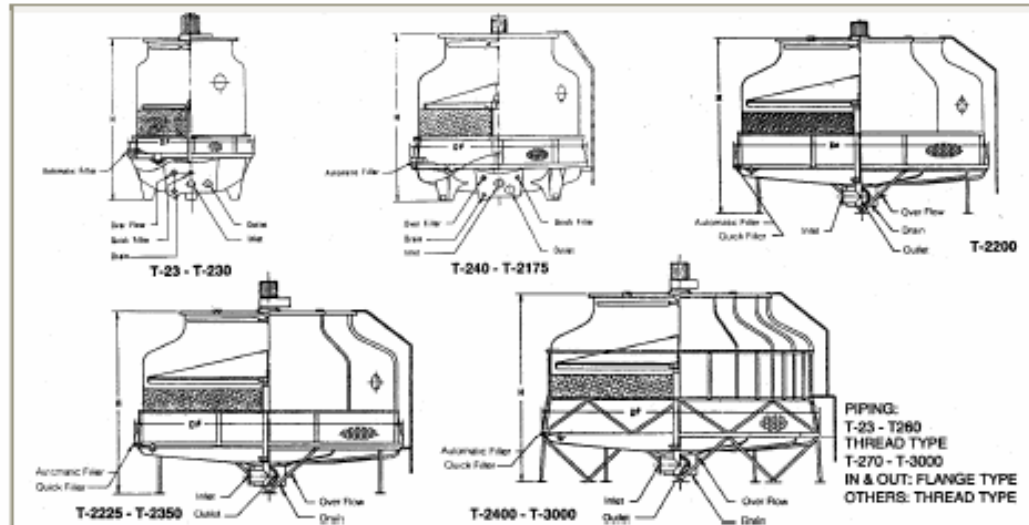
Honeycomb heat-embossed PVC is formed to permit high heat transfer efficiency. The CTS fill is suitable for operation with inlet water temperatures of 125° F. For higher temperatures, contact your representative for quote.

## Engineered for Cost Efficiency & High Performance



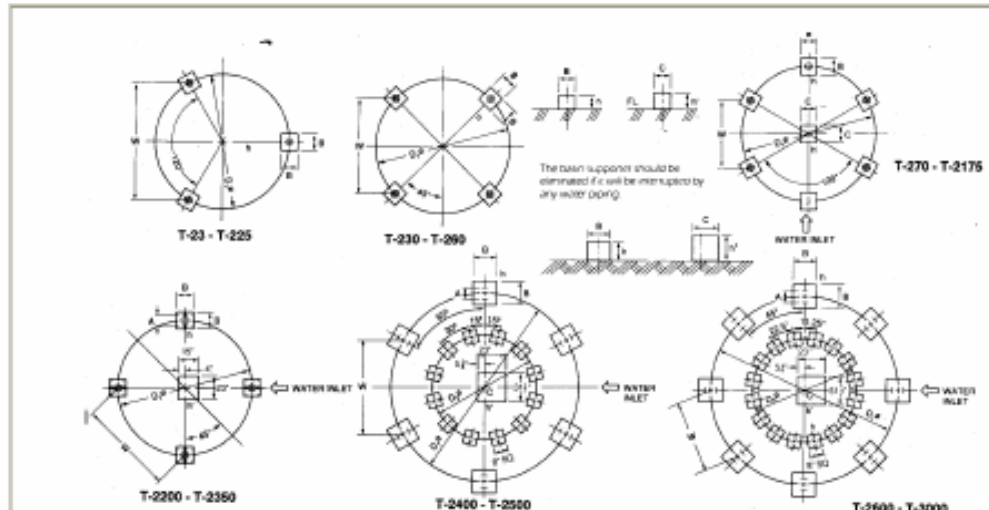
## Dimensions and Pipe Connections

*The best just got better.*



T MODEL	DIMENSIONS (IN)		PIPE CONNECTIONS (IN)						FAN MOTOR (HP)	FAN DIAMETER (INCH)	AIR VOLUME (CFM)	NOMINAL WATER FLOW (GPM)
	HEIGHT	DIA.	IN	OUT	O	Dr	FLOAT	G				
T-25	52	33 1/2	1 1/2	1 1/2	1	3/4	1/2	-	1/8 *	19 1/2	2118	15
T-26	56	33 1/2	1 1/2	1 1/2	1	3/4	1/2	-	1/8 *	19 1/2	2648	23
T-210	54	41 3/4	1 1/2	1 1/2	1	3/4	1/2	-	1/4 *	26 3/8	3531	30
T-215	59	46	2	2	1	1	1/2	-	1/4 *	26 3/8	4767	44
T-220	63	54 3/8	2	2	1	1	1/2	-	1/2 **	30 1/4	6356	58
T-225	70 15/16	54 3/8	2 1/2	2 1/2	1	1	1/2	-	3/4 ***	30 1/4	7000	73
T-230	68 3/8	62 1/4	2 1/2	2 1/2	1	1	1/2	-	1 ***	30 1/4	8100	88
T-240	74 1/2	71 5/8	2 1/2	2 1/2	1	1	3/4	-	1 1/2 ***	38 1/4	9800	118
T-250	74 1/2	78 3/4	3	3	1	1	3/4	-	1 1/2 ***	38 1/4	11500	148
T-260	74 11/16	78 3/4	3	3	1	1	3/4	-	1 1/2 ***	46	14700	177
T-270	79 3/8	85 5/8	4	4	1	1	3/4	-	1 1/2 ***	46	17500	207
T-280	79 3/8	85 5/8	4	4	1	1	3/4	-	2 ***	46	18900	237
T-2100	85 1/16	104 3/8	4	4	1	1	1	-	3 ***	57 7/8	24500	295
T-2125	87	120 1/8	6	6	2	1	1	-	3 ***	57 7/8	29060	369
T-2150	90	130	6	6	2	2	1	-	5 ***	68 7/8	33260	446
T-2175	97 7/8	130	6	6	2	2	1	-	5 ***	68 7/8	40250	518
T-2200	117 3/4	148 3/8	6	6	2	2	1 1/4	1 1/4	5 ***	68 7/8	43760	592
T-2225	125 5/8	148 3/8	6	6	2	2	1 1/4	1 1/4	7 1/2 ***	93	61270	656
T-2250	125 5/8	148 3/8	8	8	2	2	1 1/4	1 1/4	7 1/2 ***	93	61270	737
T-2300	131 7/8	174 3/4	8	8	2	2	1 1/4	1 1/4	10 ***	93	77020	883
T-2350	133 1/2	188 5/8	8	8	2	2	1 1/4	1 1/4	10 ***	93	77020	1036
T-2400	153 1/8	203 7/8	8	8	4	2	2	2	15 ***	117	91030	1190
T-2500	154 11/16	219 5/8	10	10	4	2	2	2	15 ***	117	91030	1505
T-2600	171 5/8	259 7/8	10	10	4	2	2	2	20 ***	133 1/8	125000	1777
T-2700	181 5/16	259 7/8	10	10	4	2	2	2	20 ***	133 1/8	125000	2101
T-2800	194 11/16	299 1/4	12	12	4	3	2	2	30 ***	141	175000	2370
T-3000	202 1/2	299 1/4	12	12	4	3	2	2	30 ***	141	175000	3011

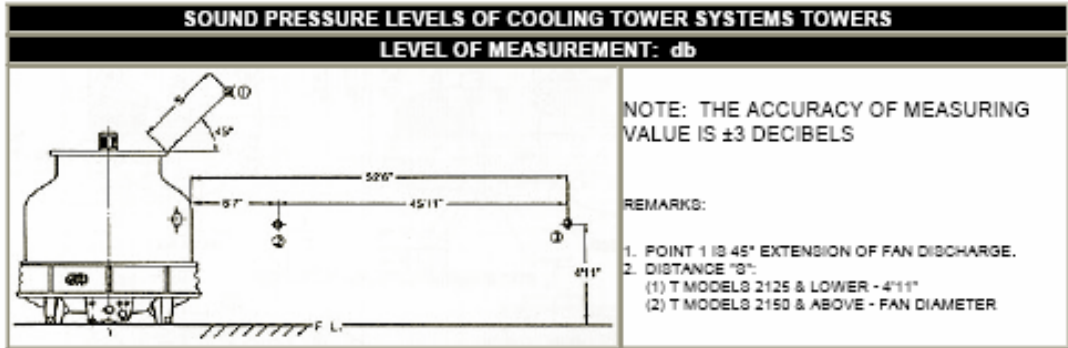
Electrical specifications: \*110/220/1/60, 220/3/60, \*\* 110/220/1/60, 220/440/3/60, \*\*\*220/440/3/60  
 Tri-voltage fan motors (208-230-460-3-60) are available for 1/2 h.p. and larger. Special order 50 cycle fan motors also available.  
 Nominal flow is defined as rate of water cooled from 95° to 85°, with 75° wet bulb temperature.



T MODEL	WEIGHT (LBS.)		DIMENSIONS (IN.)									ANCHOR BOLT		QTY (PCS.)	PUMP HEAD (FT.)
	DRY	OPERATING	D1	W	B	A	h	h'	C	D2	SIZE (INCH)	LENGTH (INCH)			
T-25	86	251	21 5/8	18 3/4	8		6				1/2	4 3/4	3	5.0	
T-28	93	262	21 5/8	18 3/4	8		6				1/2	4 3/4	3	5.0	
T-210	123	443	29 1/2	25 5/8	8		6				1/2	4 3/4	3	5.0	
T-215	139	536	34 5/8	30	8		6				1/2	4 3/4	3	5.3	
T-220	190	719	44	38 1/4	8		6				1/2	4 3/4	3	5.6	
T-225	227	887	44	38 1/4	8		6				1/2	4 3/4	3	5.6	
T-230	253	1074	52 1/2	37	8		6				1/2	4 3/4	4	6.0	
T-240	369	1133	57 7/8	40 7/8	10		8				1/2	4 3/4	4	6.6	
T-250	435	1313	66 1/8	46 3/4	10		8				1/2	4 3/4	4	6.6	
T-260	504	1472	66 1/8	46 3/4	10		8				1/2	4 3/4	4	6.6	
T-270	610	1555	69 3/8	34 1/2	10		8	9 1/2	10		1/2	4 3/4	5	6.6	
T-280	642	1588	69 3/8	34 1/2	10		8	9 1/2	10		1/2	4 3/4	5	6.6	
T-2100	887	2361	92 1/2	46 1/4	12		12	14	12		5/8	8	5	8.2	
T-2125	1025	2983	103 1/8	51 1/2	12		12	14	12		5/8	8	5	10.0	
T-2150	1375	5731	112 1/2	56 1/4	12		12	13 1/2	16		5/8	8	5	10.0	
T-2175	1569	5887	112 1/2	56 1/4	12		12	13 1/2	16		5/8	8	5	11.0	
T-2200	1914	7612	132	93 3/8	12	5 1/8	12	16	23		5/8	8	8	11.0	
T-2225	2112	7744	132	93 3/8	12	5 1/8	12	16	23		5/8	8	8	11.0	
T-2250	2266	7854	132	93 3/8	12	5 1/8	12	16	23		5/8	8	8	12.0	
T-2300	2823	9995	156 1/8	110 3/8	12	5 1/2	12	16	23		5/8	8	8	12.0	
T-2350	2996	10164	169 1/8	119 5/8	12	5 1/2	12	16	23		5/8	8	8	13.2	
T-2400	4776	14984	200 3/4	100 3/8	20	5 1/2	12	16	31 1/2	114 1/4	3/4	8	12	13.2	
T-2500	5342	15550	216 1/2	108 1/4	20	5 1/2	12	16	31 1/2	122	3/4	8	12	13.2	
T-2600	7401	23637	255 1/8	97 5/8	20	5 1/2	12	16	31 1/2	141 3/4	3/4	8	16	16.4	
T-2700	7848	24127	255 1/8	97 5/8	20	5 1/2	12	16	31 1/2	141 3/4	3/4	8	16	18.2	
T-2800	9636	26356	295 1/4	113	20	5 1/2	12	16	31 1/2	163 1/2	3/4	8	16	20.0	
T-3000	10199	27359	295 1/4	113	20	5 1/2	12	16	31 1/2	163 1/2	3/4	8	16	20.0	

Specifications subject to change without notice.

# Sound Pressure Levels and Tower Capacities



TOWER MODEL	T-26			T-28			T-210			T-216			T-220			T-226			T-230		
MEASURING PT.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SCALE A	62	59	48	63	58	47.5	64	59	48.5	69	66	53	69	66	53	70	67	57	73	67	59
TOWER MODEL	T-240			T-260			T-280			T-270			T-280			T-2100			T-2125		
MEASURING PT.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SCALE A	77	70	59	77	70	59	79	73	64	81	75	66	82	76	67	79	71	60	84	74	64
TOWER MODEL	T-2160			T-2176			T-2200			T-2226			T-2260			T-2300			T-2360		
MEASURING PT.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SCALE A	77	71	62	80	75	65	79	73	63	76	71	62	76	71	62	77	72	63	77	72	63
TOWER MODEL	T-2400			T-2600			T-2800			T-2700			T-2800			T-3000					
MEASURING PT.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
SCALE A	79.5	74.5	65.5	79.5	74.5	65.5	77.5	72.5	63.5	77.5	72.5	63.5	78.5	74	65	80	75	66			

**TOWER CAPACITIES**

	HOT WATER															T MODEL			
	90 ° F	90 ° F	95 ° F	92 ° F	95 ° F	97 ° F	95 ° F	95 ° F	96 ° F	98 ° F	90 ° F	94 ° F	COLD WATER						
	80 ° F	80 ° F	85 ° F	82 ° F	85 ° F	87 ° F	85 ° F	85 ° F	86 ° F	88 ° F	83 ° F	85 ° F	65 ° F	70 ° F	70 ° F				
GPM	WET BULB																		
	65 ° F	70 ° F	70 ° F	72 ° F	75 ° F	75 ° F	77 ° F	78 ° F	80 ° F	82 ° F	75 ° F	75 ° F							
17	12	20	13	15	18	12	11	10	11	15	16								T-25
27	20	32	21	23	29	20	18	16	17	25	26								T-28
34	25	39	27	30	35	25	23	20	23	31	32								T-210
51	37	60	40	44	54	37	33	31	33	46	48								T-215
68	49	80	53	58	72	49	45	41	44	62	64								T-220
85	62	97	66	73	90	62	56	52	56	77	79								T-225
101	75	119	80	88	108	75	68	63	68	93	96								T-230
134	100	156	106	118	142	101	92	85	91	124	128								T-240
168	127	195	134	148	178	127	116	108	115	155	159								T-250
201	150	224	160	177	211	151	138	128	137	185	191								T-260
236	176	262	188	207	251	176	160	150	160	218	224								T-270
268	203	308	215	237	283	203	185	173	184	248	256								T-280
335	250	382	266	295	356	252	230	213	228	309	319								T-2100
420	316	480	336	369	446	316	289	270	289	389	400								T-2125
504	383	574	405	446	534	383	353	328	350	466	479								T-2150
588	441	676	471	518	611	444	407	377	404	541	558								T-2175
669	509	774	542	592	712	512	469	440	469	621	640								T-2200
757	559	885	595	656	803	559	503	468	503	696	717								T-2225
838	625	970	666	737	889	630	574	533	569	772	798								T-2250
1011	775	1175	800	883	1075	755	685	634	678	934	960								T-2300
1176	889	1340	946	1036	1240	895	818	767	818	1087	1119								T-2350
1349	1023	1540	1084	1190	1420	1023	930	871	932	1240	1278								T-2400
1657	1301	1888	1377	1505	1763	1324	1226	1157	1233	1551	1604								T-2500
2006	1526	2322	1625	1777	2137	1537	1406	1319	1406	1864	1919								T-2600
2317	1819	2640	1928	2101	2469	1841	1700	1641	1711	2177	2242								T-2700
2675	2035	3096	2166	2370	2849	2050	1875	1759	1875	2486	2559								T-2800
3303	2516	3760	2762	3011	3300	2660	2484	2353	2459	3098	3201								T-3000

NOTE: TONS OF REFRIGERATION AT 250 BTU/MIN WITH 3GPM/TON.

## **ANEXO Q. POTENCIA REQUERIDA PARA EL BOMBEO**

## B-19a. Potencia requerida para bombeo

Litros por minuto	Potencia técnica en kilowatts (kW) para llevar agua (a 15°C) a diferentes alturas														
	metros														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45
20	0.007	0.013	0.020	0.026	0.033	0.039	0.046	0.052	0.059	0.065	0.082	0.098	0.114	0.131	0.147
40	0.015	0.026	0.039	0.052	0.065	0.078	0.091	0.105	0.118	0.131	0.163	0.196	0.229	0.261	0.294
60	0.020	0.039	0.059	0.078	0.098	0.118	0.137	0.157	0.176	0.196	0.245	0.294	0.343	0.392	0.441
80	0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.261	0.327	0.392	0.457	0.523	0.588
100	0.033	0.065	0.098	0.131	0.163	0.196	0.229	0.261	0.294	0.327	0.408	0.490	0.572	0.655	0.735
120	0.039	0.078	0.118	0.157	0.196	0.235	0.274	0.314	0.353	0.392	0.490	0.588	0.686	0.784	0.882
140	0.046	0.091	0.137	0.183	0.229	0.274	0.320	0.366	0.412	0.457	0.572	0.686	0.800	0.915	1.029
160	0.052	0.105	0.157	0.209	0.261	0.314	0.366	0.418	0.470	0.523	0.653	0.784	0.915	1.045	1.176
180	0.059	0.118	0.176	0.235	0.294	0.353	0.412	0.470	0.529	0.588	0.735	0.882	1.029	1.176	1.323
200	0.065	0.131	0.196	0.261	0.327	0.392	0.457	0.523	0.588	0.653	0.817	0.980	1.143	1.307	1.470
250	0.082	0.163	0.245	0.327	0.408	0.490	0.572	0.653	0.735	0.817	1.021	1.225	1.429	1.633	1.838
300	0.098	0.196	0.294	0.392	0.490	0.588	0.686	0.784	0.882	0.980	1.225	1.470	1.715	1.960	2.205
350	0.114	0.229	0.343	0.457	0.572	0.686	0.800	0.915	1.029	1.143	1.429	1.715	2.001	2.287	2.573
400	0.131	0.261	0.392	0.523	0.653	0.784	0.915	1.045	1.176	1.307	1.633	1.960	2.287	2.614	2.940
450	0.147	0.294	0.441	0.588	0.735	0.882	1.029	1.176	1.323	1.470	1.838	2.205	2.573	2.940	3.308
500	0.163	0.327	0.490	0.653	0.817	0.980	1.143	1.307	1.470	1.633	2.042	2.450	2.859	3.267	3.675
600	0.196	0.392	0.588	0.784	0.980	1.176	1.372	1.568	1.764	1.960	2.450	2.940	3.430	3.920	4.410
700	0.229	0.457	0.686	0.915	1.143	1.372	1.601	1.829	2.058	2.287	2.859	3.430	4.002	4.574	5.145
800	0.261	0.523	0.784	1.045	1.307	1.568	1.829	2.091	2.352	2.614	3.267	3.920	4.574	5.227	5.880
900	0.294	0.588	0.882	1.176	1.470	1.764	2.058	2.352	2.646	2.940	3.675	4.410	5.145	5.880	6.615
1000	0.327	0.653	0.980	1.307	1.633	1.960	2.287	2.614	2.940	3.267	4.084	4.900	5.717	6.534	7.351
1250	0.408	0.817	1.225	1.633	2.042	2.450	2.859	3.267	3.675	4.084	5.105	<b>6.125</b>	7.146	8.167	9.188
1500	0.490	0.980	1.470	1.960	2.450	2.940	3.430	3.920	4.410	4.900	6.125	7.351	8.576	9.801	1.03
2000	0.653	1.307	1.960	2.614	3.267	3.920	4.574	5.227	5.880	6.534	8.167	9.801	1.43	3.07	4.70
litros por minuto	metros														
	50	55	60	70	80	90	100								
20	0.163	0.180	0.196	0.229	0.261	0.294	<b>0.327</b>								
40	0.327	0.369	0.392	0.457	0.523	0.588	0.653								
60	0.490	0.539	0.588	0.686	0.784	0.882	<b>0.980</b>								
80	0.653	0.719	0.784	0.915	1.045	1.176	1.307								
100	0.817	0.898	0.980	1.143	1.307	1.470	1.633								
120	0.980	1.078	1.176	1.372	1.568	1.764	<b>1.960</b>								
140	1.143	1.258	1.372	1.601	1.829	2.058	<b>2.287</b>								
160	1.307	1.437	1.568	1.829	2.091	2.352	2.614								
180	1.470	1.617	1.764	2.058	2.352	2.646	<b>2.940</b>								
200	1.633	1.797	1.960	2.287	2.614	2.940	3.267								
250	2.042	2.246	2.450	2.859	3.267	3.675	4.084								
300	<b>2.450</b>	2.695	2.940	3.430	3.920	4.410	<b>4.900</b>								
350	2.859	3.144	3.430	4.002	4.574	5.145	5.717								
400	3.267	3.594	3.920	4.574	5.227	5.880	6.534								
450	3.675	4.043	4.410	5.145	5.880	6.615	7.351								
500	4.084	4.492	4.900	5.717	6.534	7.351	<b>8.167</b>								
600	4.900	5.390	5.880	6.861	7.841	8.821	9.801								
700	5.717	<b>6.289</b>	6.861	8.004	9.147	10.29	<b>11.43</b>								
800	6.534	7.187	7.841	9.147	<b>10.45</b>	11.76	13.07								
900	7.351	8.086	8.821	10.29	<b>1.76</b>	13.23	14.70								
1000	8.167	8.984	9.801	11.43	<b>3.07</b>	14.70	16.33								
1250	10.21	11.23	12.25	14.29	<b>6.33</b>	18.38	<b>20.42</b>								
1500	12.25	13.48	<b>14.70</b>	17.15	<b>9.60</b>	22.05	<b>24.50</b>								
2000	16.33	17.97	19.60	<b>22.87</b>	<b>16.14</b>	29.40	32.67								

Nota: Véase la página B-33

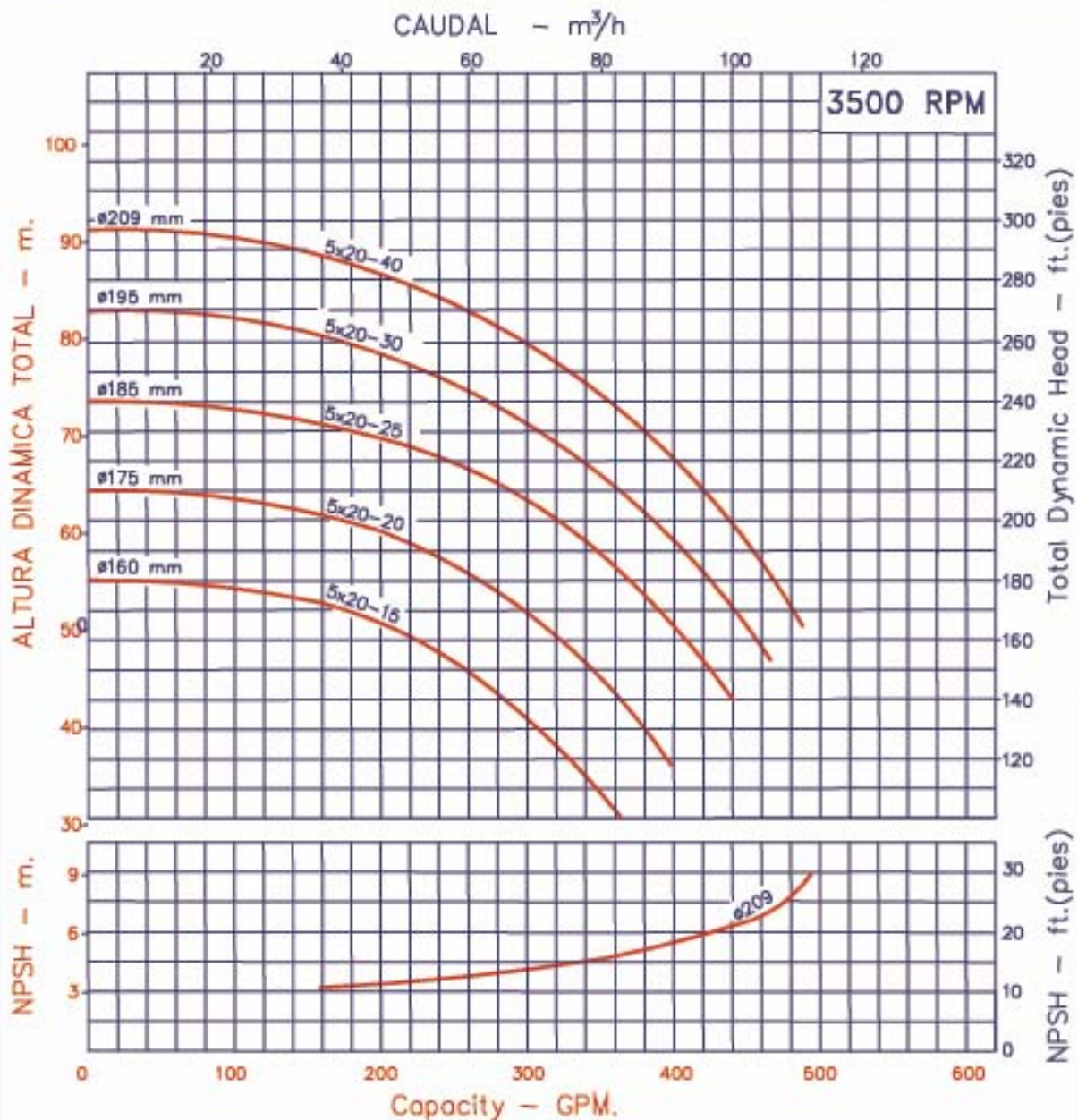
**ANEXO R. CURVA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA  
RECOMENDADA**



## BOMBAS CENTRIFUGAS USO GENERAL "EUROLINEA" MONOBLOCK ELECTRICAS

Version: Sello Mecanico  
 ø Rotor: VARIABLE  
 ø Max. Partículas: 10 mm  
 Motor trifásico de 15 a 40 HP

**MODELOS:** 5x20-15  
 5x20-20  
 5x20-25  
 5x20-30  
 5x20-40  
**CONEXION:** BRIDAS ASA 125-150  
 Succión: 2 1/2"  
 Descarga: 2"



Codigo: **055000CU**  
 Reemp: 950540CU-1  
 Fecha: ENE-06-05

**NOTAS:**  
 1. Densidad del agua a 4°C : 1 gr/cm<sup>3</sup>  
 2. Curvas desarrolladas a Nivel del Mar

Caudal Max.	gpm
Altura Max.	ft
Eficiencia Max.	%

**ANEXO 5. INFORME DE EPANET REFERENTE A LOS  
CIRCUITOS PROPUESTOS DE LA ALTERNATIVA 5**

**ANEXO E. SIMULACIÓN DE LOS CIRCUITOS PROPUESTOS EN EPANET**

```
*****
*                                     E P A N E T                                     *
*                               Análisis Hidráulico y de Calidad                               *
*                               para Redes de Distribución de Agua                               *
*                               Version 2.0                                                 *
*
* Traducción: Grupo REDHISP,UPV           Financ: Grupo Aguas de Valencia *
*****
```

**CIRCUITO 1. GRUPO A. MÁQUINAS DE TEMPLE**

**2. DATOS DE ENTRADA DE LA SIMULACIÓN**

Número de Nudos Caudal	114
Número de Embalses	1
Número de Depósitos	1
Número de Tuberías	98
Número de Bombas	3
Número de Válvulas	24
Unidades de Caudal	LPS
Unidades de presión	m
Fórmula Pérdidas Carga	Hazen-William
Parámetro de Calidad	Ninguno
Coef. de rugosidad de tuberías	100
Coef. de rugosidad IC	85
Coef. de pérdidas menores	Ver fórmulas utilizadas en CRANE, División de ingeniería, Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, McGraw-Hill, 1987. Apéndice A, 48-A p.

➤ Información requerida para la simulación

Tabla de Líneas y Nudos:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
1	TKcold	1	0,9	62,71
5	TKcold	10	0,9	62,71
16	22	4	0,25	62,71
17	19	13	1,5	77,93
18	13	3	0,425	128,20
19	30	13	1,5	77,93
20	28	29	0,35	77,93
21	27	28	0,25	62,71
22	TKcold	26	0,9	62,71
24	21	13	1,5	77,93
31	38	43	0,3	128,20
32	25	37	1,85	128,20
33	37	38	0,2	128,20
34	37	39	1,3	128,2
35	40	TKcold	1	128,2
38	43	6	2	128,20
39	12	45	1	62,71
40	72	46	5	62,71
44	49	51	5	62,71
45	46	49	1	62,71
48	51	53	7,7	52,5
81	70	103	2,7	77,93
98	83	84	0,1	77,93
100	84	85	0,15	77,93
106	297	91	10	52,5
111	53	259	0,5	52,5
114	96	99	4,8	40,38
161	183	100	0,25	62,71
TOC7b	99	105	1	52,5
TOC7a	303	304	1	52,5
119	51	63	0,5	52,5
120	108	66	0,2	52,5
121	109	110	1,5	52,5
TOC6a	110	111	1	52,5
122	110	112	0,3	52,5

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
TOC6b	112	113	1	52,5
135	86	134	21,25	77,93
137	135	136	0,6	77,93
141	136	141	3,3	77,93
142	141	142	0,4	62,71
143	141	144	0,7	62,71
159	103	102	1,8	77,93
EFD1b	100	180	1	40,89
162	179	178	2,6	77,93
168	178	181	2,7	77,93
171	180	185	1,2	77,93
172	187	186	0,3	77,93
173	182	187	0,25	77,93
174	186	188	35	77,93
175	189	186	20	77,93
188	206	189	10	77,93
194	207	206	0,1	77,93
196	208	207	0,15	77,93
200	225	212	0,5	77,93
201	146	214	0,7	62,71
202	145	214	0,4	62,71
203	214	215	2,5	77,93
214	215	223	0,25	77,93
216	224	225	1,1	77,93
217	213	209	21,25	77,93
222	188	230	20	102,26
223	231	230	29,7	62,71
226	232	231	8	62,71
230	237	305	1,2	52,5
233	238	237	0,4	52,5
236	240	307	10	52,5
238	241	256	3,95	52,5
240	105	241	1,8	40,89
258	111	237	0,4	52,5
259	113	238	0,4	52,5
FDF5c	144	146	1	52,5
301	230	TKhot	45	128,2
52	31	25	0,425	128,20
193	91	48	3,95	52,5
FDF5b	142	145	1	52,5
232	236	8	1,25	52,5
234	64	108	3,5	52,5
235	60	309	0,5	52,5
245	65	109	0,3	52,5
304	96	303	0,45	40,89
305	304	241	1,1	40,89

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
307	308	239	0,5	52,5
308	239	309	7,7	52,5
309	309	232	20	40,89
254	98	96	0,3	52,5
273	257	240	0,3	52,5
28	44	5	35	128,20
36	12	83	20	77,93
37	5	298	0,6	77,93
43	236	306	0,3	52,5
6	23	2	0,25	62,71
2	2	18	0,35	77,93
7	4	20	0,35	77,93
10	7	44	18	128,20
11	183	9	0,65	62,71
EFD1a	9	11	1	40,89
13	11	185	1,6	62,71
14	5	12	10	77,93
Bomba2	10	23	Sin Valor	Sin Valor
Bomba3	1	22	Sin Valor	Sin Valor
Bomba1	26	27	Sin Valor	Sin Valor
3	18	19	Sin Valor	77,93
Válvula 4	20	21	Sin Valor	77,93
Válvula 8	29	30	Sin Valor	77,93
Válvula 30	39	40	Sin Valor	128,2
Válvula FCV1	298	70	Sin Valor	77,93
Válvula FVC2	85	86	Sin Valor	77,93
Válvula 136	134	135	Sin Valor	77,93
Válvula 165	185	179	Sin Valor	77,93
Válvula 167	181	182	Sin Valor	77,93
Válvula 169	102	183	Sin Valor	77,93
Válvula 195	209	208	Sin Valor	77,93
Válvula 199	212	213	Sin Valor	77,93
Válvula 213	223	224	Sin Valor	77,93
Válvula				

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
25 Válvula	3	31	Sin Valor	128,20
144 Válvula	259	297	Sin Valor	52,5
70 Válvula	63	64	Sin Valor	52,5
72 Válvula	8	60	Sin Valor	52,5
73 Válvula	66	65	Sin Valor	52,5
77 Válvula	305	306	Sin Valor	52,5
112 Válvula	307	308	Sin Valor	52,5
68 Válvula	48	98	Sin Valor	52,5
255 Válvula	256	257	Sin Valor	52,5
FVC3 Válvula	45	72	Sin Valor	62,71
9 Válvula	6	7	Sin Valor	128,20

➤ **Resultados de la simulación**

Resultados en los Nudos:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
1	0,00	-0,13	-0,78	0,00
10	0,00	-0,13	-0,78	0,00
13	0,00	61,87	60,02	0,00
18	0,00	63,17	61,67	0,00
19	0,00	62,00	60,43	0,00
20	0,00	63,17	61,67	0,00
21	0,00	62,00	60,43	0,00
22	0,00	63,27	62,42	0,00
23	0,00	63,27	62,42	0,00
25	0,00	60,46	59,01	0,00
26	0,00	-0,13	-0,78	0,00
27	0,00	63,27	62,42	0,00
28	0,00	63,20	62,05	0,00
29	0,00	63,17	61,67	0,00
30	0,00	62,00	60,43	0,00
37	0,00	60,35	58,50	0,00
38	0,00	60,31	58,46	0,00
39	0,00	60,35	59,60	0,00
40	0,00	0,10	-0,55	0,00
43	0,00	60,29	53,14	0,00
44	0,00	59,05	51,90	0,00
45	0,00	52,12	45,82	0,00
46	0,00	48,93	42,63	0,00
49	0,00	48,75	42,45	0,00
51	0,00	47,82	41,52	0,00
53	0,00	46,88	40,58	0,00
70	0,00	23,30	16,68	0,00
83	0,00	51,83	44,68	0,00
84	0,00	51,82	44,97	0,00
85	0,00	51,67	45,07	0,00
86	0,00	31,09	24,59	0,00
91	0,00	45,60	41,45	0,00
96	0,00	43,94	39,09	0,00
99	0,00	43,65	39,80	0,00
100	0,00	22,80	18,30	0,00
102	0,00	22,83	17,98	0,00
103	0,00	23,01	16,81	0,00
105	0,00	43,61	39,06	0,00
108	0,00	45,01	45,01	0,00
109	0,00	43,79	43,79	0,00
110	0,00	43,61	43,61	0,00
111	0,00	43,51	43,51	0,00
112	0,00	43,60	43,60	0,00
113	0,00	43,52	43,52	0,00

Resultados en los Nudos:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
134	0,00	28,87	27,47	0,00
135	0,00	28,87	27,52	0,00
136	0,00	28,81	28,11	0,00
141	0,00	28,46	28,06	0,00
142	0,00	28,43	28,28	0,00
144	0,00	28,41	28,26	0,00
145	0,00	27,94	27,09	0,00
146	0,00	27,96	27,11	0,00
178	0,00	19,68	13,48	0,00
179	0,00	19,95	15,10	0,00
180	0,00	21,36	17,56	0,00
181	0,00	19,40	12,78	0,00
182	0,00	18,03	11,33	0,00
183	0,00	22,83	18,03	0,00
185	0,00	21,32	16,52	0,00
186	0,00	17,97	10,82	0,00
187	0,00	18,00	11,10	0,00
188	0,00	4,76	-2,39	0,00
189	0,00	20,06	12,91	0,00
206	0,00	21,10	13,95	0,00
207	0,00	21,11	14,26	0,00
208	0,00	21,13	14,53	0,00
209	0,00	22,50	16,00	0,00
212	0,00	26,08	24,73	0,00
213	0,00	24,71	23,31	0,00
214	0,00	27,91	27,26	0,00
215	0,00	27,65	27,00	0,00
223	0,00	27,62	26,97	0,00
224	0,00	26,25	25,60	0,00
225	0,00	26,14	25,09	0,00
230	0,00	2,74	-4,41	0,00
231	0,00	8,25	1,95	0,00
232	0,00	9,74	3,44	0,00
236	0,00	42,16	35,86	0,00
237	0,00	43,50	43,50	0,00
238	0,00	43,51	43,51	0,00
239	0,00	40,57	34,27	0,00
240	0,00	42,99	38,69	0,00
241	0,00	43,50	38,65	0,00
3	0,00	61,84	59,99	0,00
31	0,00	60,48	58,63	0,00
259	0,00	46,82	40,52	0,00
297	0,00	46,82	40,52	0,00
298	0,00	56,83	49,93	0,00
8	0,00	42,00	35,70	0,00
60	0,00	40,85	34,55	0,00

Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad	
63	0,00	47,75	41,45	0,00	
64	0,00	46,60	40,30	0,00	
65	0,00	43,83	43,83	0,00	
66	0,00	44,99	44,99	0,00	
303	0,00	43,85	39,30	0,00	
304	0,00	43,71	39,86	0,00	
305	0,00	43,35	43,35	0,00	
306	0,00	42,19	42,19	0,00	
307	0,00	41,77	35,47	0,00	
308	0,00	40,63	34,33	0,00	
309	0,00	39,63	33,33	0,00	
48	0,00	45,12	40,02	0,00	
98	0,00	43,98	38,93	0,00	
256	0,00	43,02	37,97	0,00	
257	0,00	43,02	37,92	0,00	
72	0,00	49,86	43,56	0,00	
5	0,00	56,92	56,92	0,00	
2	0,00	63,20	62,05	0,00	
4	0,00	63,20	62,05	0,00	
6	0,00	60,15	53,00	0,00	
7	0,00	60,15	53,00	0,00	
9	0,00	22,77	18,27	0,00	
11	0,00	21,45	17,65	0,00	
12	0,00	53,91	53,91	0,00	
TKcold	27,70	0,10	0,00	0,00	Embalse
TKhot	27,70	0,00	0,00	0,00	Depósito

Resultados en las Líneas:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
1	9,23	2,99	259,51	Abierta
5	9,23	2,99	259,51	Abierta
16	9,23	2,99	285,01	Abierta
17	9,23	1,94	90,05	Abierta
18	27,70	2,15	60,96	Abierta
19	9,23	1,94	90,05	Abierta
20	9,23	1,94	90,05	Abierta
21	9,23	2,99	285,01	Abierta
22	9,23	2,99	259,51	Abierta
24	9,23	1,94	90,05	Abierta
31	27,70	2,15	60,97	Abierta
32	27,70	2,15	60,97	Abierta
33	27,70	2,15	201,73	Abierta
34	0,00	0,00	0,00	Abierta
35	0,00	0,00	0,00	Abierta
38	27,70	2,15	68,94	Abierta
39	7,70	2,49	1792,10	Abierta
40	7,70	2,49	185,50	Abierta
44	7,70	2,49	185,50	Abierta
45	7,70	2,49	185,50	Abierta
48	3,84	1,78	122,00	Abierta
81	10,00	2,10	104,36	Abierta
98	10,00	2,10	104,37	Abierta
100	10,00	2,10	940,22	Abierta
106	3,84	1,78	121,59	Abierta
111	3,84	1,78	121,59	Abierta
114	1,32	1,03	60,50	Abierta
161	5,11	1,66	86,86	Abierta
TOC7b	1,32	0,61	41,22	Abierta
TOC7a	2,52	1,16	142,41	Abierta
119	3,86	1,78	129,13	Abierta
120	3,86	1,78	122,64	Abierta
121	3,86	1,78	122,65	Abierta
TOC6a	2,04	0,94	94,78	Abierta
122	1,82	0,84	30,51	Abierta
TOC6b	1,82	0,84	76,27	Abierta
135	10,00	2,10	104,36	Abierta
137	10,00	2,10	104,36	Abierta
141	10,00	2,10	104,36	Abierta
142	5,12	1,66	86,97	Abierta
143	4,88	1,58	79,72	Abierta
159	10,00	2,10	104,36	Abierta
EFD1b	5,11	3,89	1448,17	Abierta
162	10,00	2,10	104,36	Abierta
168	10,00	2,10	104,36	Abierta
171	5,11	1,07	30,14	Abierta

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
172	10,00	2,10	104,36	Abierta
173	10,00	2,10	104,36	Abierta
174	20,00	4,19	377,54	Abierta
175	10,00	2,10	104,36	Abierta
188	10,00	2,10	104,36	Abierta
194	10,00	2,10	104,37	Abierta
196	10,00	2,10	104,35	Abierta
200	10,00	2,10	104,36	Abierta
201	4,88	1,58	79,72	Abierta
202	5,12	1,66	86,97	Abierta
203	10,00	2,10	104,36	Abierta
214	10,00	2,10	104,36	Abierta
216	10,00	2,10	104,36	Abierta
217	10,00	2,10	104,36	Abierta
222	20,00	2,44	100,59	Abierta
223	7,70	2,49	185,50	Abierta
226	7,70	2,49	185,50	Abierta
230	3,86	1,78	122,65	Abierta
233	1,82	0,84	30,50	Abierta
236	3,84	1,78	121,59	Abierta
238	3,84	1,78	121,59	Abierta
240	1,32	1,01	56,91	Abierta
258	2,04	0,94	37,61	Abierta
259	1,82	0,84	30,51	Abierta
FDF5c	4,88	2,26	441,34	Abierta
301	27,70	2,15	60,97	Abierta
52	27,70	2,15	60,96	Abierta
193	3,84	1,78	121,59	Abierta
FDF5b	5,12	2,36	483,37	Abierta
232	3,86	1,78	122,65	Abierta
234	3,86	1,78	453,18	Abierta
235	3,86	1,78	2436,36	Abierta
245	3,86	1,78	122,64	Abierta
304	2,52	1,92	188,17	Abierta
305	2,52	1,92	188,17	Abierta
307	3,84	1,78	121,59	Abierta
308	3,84	1,78	121,59	Abierta
309	7,70	5,87	1494,60	Abierta
254	3,84	1,78	121,59	Abierta
273	3,84	1,78	121,59	Abierta
28	27,70	2,15	60,97	Abierta
36	10,00	2,10	104,36	Abierta
37	10,00	2,10	142,42	Abierta
43	3,86	1,78	122,64	Abierta
6	9,23	2,99	285,01	Abierta
2	9,23	1,94	90,05	Abierta

Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado	
7	9,23	1,94	90,05	Abierta	
10	27,70	2,15	60,97	Abierta	
11	4,89	1,58	79,83	Abierta	
EFD1a	4,89	3,72	1326,44	Abierta	
13	4,89	1,58	79,83	Abierta	
14	17,70	3,71	300,57	Abierta	
Bomba2	9,23	0,00	-63,41	Marcha	Bomba
Bomba3	9,23	0,00	-63,41	Marcha	Bomba
Bomba1	9,23	0,00	-63,41	Marcha	Bomba
3	9,23	1,94	1,17	Abierta	Válvula
4	9,23	1,94	1,17	Abierta	Válvula
8	9,23	1,94	1,17	Abierta	Válvula
30	0,00	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
FCV1	10,00	2,10	33,54	Activa	Válvula
FVC2	10,00	2,10	20,59	Activa	Válvula
136	10,00	2,10	0,00	Activa	Válvula
165	10,00	2,10	1,37	Abierta	Válvula
167	10,00	2,10	1,37	Abierta	Válvula
169	10,00	2,10	0,00	Activa	Válvula
195	10,00	2,10	1,37	Abierta	Válvula
199	10,00	2,10	1,37	Abierta	Válvula
213	10,00	2,10	1,37	Abierta	Válvula
25	27,70	2,15	1,36	Abierta	Válvula
144	3,84	1,78	0,00	Activa	Válvula
70	3,86	1,78	1,16	Abierta	Válvula
72	3,86	1,78	1,16	Abierta	Válvula
73	3,86	1,78	1,16	Abierta	Válvula
77	3,86	1,78	1,16	Abierta	Válvula
112	3,84	1,78	1,15	Abierta	Válvula
68	3,84	1,78	1,15	Abierta	Válvula
255	3,84	1,78	0,00	Activa	Válvula
FVC3	7,70	2,49	2,26	Abierta	Válvula
9	27,70	2,15	0,00	Abierta	Válvula

## CIRCUITO 2. GRUPO B. RESTO DE MÁQUINAS

### 1. DATOS DE ENTRADA DE LA SIMULACIÓN

Número de Nudos Caudal	272
Número de Embalses	1
Número de Depósitos	1
Número de Tuberías	231
Número de Bombas	3
Número de Válvulas	66
Unidades de Caudal	LPS
Unidades de presión	m
Fórmula Pérdidas Carga	Hazen-William
Parámetro de Calidad	Ninguno
Coef. de rugosidad de tuberías	100
Coef. de rugosidad IC	85
Coef. de pérdidas menores	Ver fórmulas utilizadas en CRANE, División de ingeniería, Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, McGraw-Hill, 1987. Apéndice A, 48-A p.

➤ Información requerida para la simulación

Tabla de Líneas y Nudos:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
1	TKcold	1	0,9	52,5
5	TKcold	10	0,9	52,5
14	23	24	0,25	52,5
15	24	18	0,35	77,93
16	122	20	0,35	77,93
19	30	3	1,5	77,93
20	28	29	0,35	77,93
21	27	28	0,25	52,5
22	TKcold	26	0,9	52,5
31	38	43	34	102,26
32	25	37	0,45	102,26
33	37	38	0,2	102,26
34	37	39	1,3	77,93
35	40	TKcold	1	77,93
38	43	44	10	77,93
39	94	45	19,7	77,93
40	72	46	1	77,93
45	136	51	8	52,5
46	160	52	17	77,93
48	51	259	8	40,89
51	34	2	35,7	62,71
53	52	5	18	52,5
54	5	6	0,6	35,05
55	5	15	5	26,64
59	6	7	5	35,05
60	246	311	8,3	26,64
61	7	9	8	26,64
63	55	130	0,3	26,64
64	54	56	34	26,64
66	57	128	0,2	26,64
67	52	58	0,25	62,71
79	145	68	44	77,93
80	298	69	0,45	40,89
86	68	74	16	77,93
87	235	80	0,3	40,89
88	75	76	0,4	26,64
91	75	78	0,6	26,64
95	80	81	4	26,64
97	74	83	10	77,93
98	83	84	10	62,71
100	84	85	0,25	62,71
106	297	48	5	40,89
114	96	99	2	26,64
EFD1a	71	101	1	52,5
Toc7b	99	105	1	26,64

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
Toc7a	303	304	1	26,64
119	51	63	0,5	40,89
121	65	110	1,7	40,89
Toc6a	110	111	1	26,64
122	110	112	0,3	26,64
Toc6b	112	113	1	26,64
Cinc10	128	129	1	26,64
SI9	130	131	1	26,64
Exce8	132	133	1	26,64
139	86	137	23	40,89
FDF5a	139	140	1	40,89
140	138	139	1,5	40,89
49	58	147	6,5	35,05
83	147	148	0,15	35,05
85	149	150	6,2	35,05
Comp12	150	151	2	15,08
101	147	152	10	35,05
110	152	153	7,7	26,64
145	154	155	0,6	35,05
146	155	156	0,5	26,64
148	156	161	0,3	26,64
149	156	157	0,5	26,64
VH	157	158	0,1	26,64
151	158	159	0,3	35,05
152	162	159	0,5	35,05
153	159	163	0,9	35,05
Hor13a	163	164	1	35,05
154	155	267	1	15,8
Hor13b	165	166	1	15,8
155	152	167	16,2	26,64
156	201	169	3,5	26,64
Gen14a	169	170	1	26,64
157	170	171	0,1	26,64
Gen14b	171	172	1	26,64
160	70	104	6,2	40,89
163	101	176	0,3	40,89
164	177	181	6,2	40,89
172	187	186	0,25	77,93
173	182	187	0,45	40,89
174	186	188	45	77,93
175	189	103	20	77,93
177	190	124	1,7	40,89
178	192	191	2,5	40,89
180	193	192	0,6	26,64
183	195	192	0,4	26,64

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
DTRT2	198	197	1	26,64
184	197	196	4	26,64
185	77	198	4	26,64
186	79	200	3	26,64
DUBD4	200	199	1	26,64
187	199	194	3	26,64
188	206	189	10	77,93
190	202	191	4	26,64
TCT3	205	204	1	26,64
191	82	205	0,5	26,64
192	204	203	0,75	26,64
194	207	206	0,25	77,93
196	208	207	0,45	40,89
197	140	210	2	40,89
215	211	209	23	40,89
222	188	230	10	102,26
223	231	230	31	77,93
226	33	231	0,3	62,71
230	237	305	1,7	40,89
233	238	237	0,4	26,64
238	241	256	0,25	40,89
240	105	241	2	26,64
243	244	62	40	62,71
89	129	173	0,2	26,64
115	247	248	1,25	26,64
229	131	254	0,3	26,64
249	133	313	0,15	26,64
250	255	252	8	26,64
251	252	253	5	26,64
252	248	251	5	35,05
253	253	251	0,6	35,05
256	251	258	18	52,5
257	258	231	17	62,71
258	111	237	0,4	26,64
259	113	238	0,4	26,64
263	164	260	0,2	35,05
264	261	262	1,25	35,05
Filtro	263	264	0,1	15,8
265	166	263	5,5	15,8
267	264	265	0,6	15,8
268	266	262	0,35	15,8
270	262	12	0,6	35,05
FiltrG	270	271	0,1	26,64
272	172	270	1,5	26,64
310	310	272	0,3	26,64
274	273	269	16,2	26,64

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
278	151	275	6,2	35,05
279	269	277	10	35,05
280	276	277	0,15	35,05
281	277	274	6,6	35,05
282	274	258	0,25	62,71
283	4	36	40	62,71
285	278	279	0,3	26,64
286	280	281	2	26,64
287	281	282	0,3	26,64
288	281	283	0,3	26,64
Vid11c	282	284	1	26,64
Vid11d	283	285	1	26,64
289	284	286	0,3	26,64
290	285	286	0,3	26,64
291	286	287	2	26,64
292	287	245	10	40,89
294	278	288	0,3	26,64
295	289	290	2	26,64
296	290	292	0,3	26,64
297	290	291	0,3	26,64
Vid11a	292	293	1	26,64
Vid11b	291	294	1	26,64
298	293	295	0,3	26,64
299	294	295	0,3	26,64
300	295	287	2	26,64
301	230	TKhot	40	102,26
28	80	75	2,5	40,89
52	31	25	1,5	102,26
36	168	201	0,3	26,64
37	7	246	0,3	26,64
231	68	298	0,25	77,93
158	184	71	0,3	40,89
228	123	299	1,7	40,89
232	236	8	2	40,89
234	64	66	2	40,89
235	60	309	0,5	40,89
304	96	303	2	26,64
305	304	241	2,25	26,64
308	239	309	8	40,89
309	309	143	8	52,5
311	271	310	0,25	26,64
312	312	132	0,15	26,64
313	314	315	8,3	26,64
314	315	252	0,3	26,64
75	174	97	34	26,64
58	191	11	0,3	40,89
273	257	307	5	40,89

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
276	268	165	4,65	15,8
302	15	296	0,3	26,64
76	67	50	10	40,9
103	87	73	2	26,64
104	88	87	0,3	26,64
Torc	88	90	1	26,64
107	89	87	0,3	26,64
Tord	92	89	1	26,64
116	93	92	0,3	26,64
117	93	90	0,3	26,64
124	100	95	2	26,64
125	102	100	0,3	26,64
Tora	106	102	1	26,64
127	115	106	0,3	26,64
129	115	107	0,3	26,64
Torb	107	114	1	26,64
131	114	100	0,3	26,64
133	117	115	2	26,64
134	61	118	10	40,9
161	118	119	0,3	26,64
11	120	93	2	26,64
27	74	35	0,3	62,71
29	47	278	10	40,89
41	118	41	0,3	26,64
42	36	42	0,45	40,89
69	36	59	0,45	40,89
96	32	232	35,7	62,71
105	116	67	0,3	26,64
109	121	67	0,3	26,64
123	14	244	0,45	40,9
74	43	94	10	102,26
128	83	123	0,3	62,71
130	124	189	0,3	77,93
132	85	125	0,45	40,89
81	126	186	16	77,93
135	103	126	10	77,93
126	22	122	0,25	52,5
136	21	3	1,5	77,93
137	19	3	1,5	77,93
143	3	127	1,5	102,26
159	134	135	1	52,5
165	46	134	0,25	52,5
168	141	126	0,25	77,93
169	142	141	1	52,5
171	44	144	1	77,93
193	46	146	1	77,93
18	13	269	7,7	35,05

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
6 Bomba	10	23	Sin Valor	Sin Valor
7 Bomba	1	22	Sin Valor	Sin Valor
9 Bomba	26	27	Sin Valor	Sin Valor
3 Válvula	18	19	Sin Valor	77,93
4 Válvula	20	21	Sin Valor	77,93
8 Válvula	29	30	Sin Valor	77,93
30 Válvula	39	40	Sin Valor	77,93
50 Válvula	2	4	Sin Valor	62,71
57 Válvula	296	54	Sin Valor	26,64
62 Válvula	9	55	Sin Valor	26,64
65 Válvula	56	57	Sin Valor	26,64
78 Válvula	69	70	Sin Valor	40,89
84 Válvula	76	77	Sin Valor	26,64
90 Válvula	78	79	Sin Valor	26,64
94 Válvula	81	82	Sin Valor	26,64
99 Válvula	125	86	Sin Valor	40,89
138 Válvula	137	138	Sin Valor	40,89
47 Válvula	148	149	Sin Valor	35,05
108 Válvula	153	154	Sin Valor	26,64
147 Válvula	161	162	Sin Valor	26,64
150 Válvula	167	168	Sin Valor	26,64
166 Válvula	176	177	Sin Valor	40,89
167 Válvula	181	182	Sin Valor	40,89

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
170 Válvula	104	184	Sin Valor	40,89
176 Válvula	11	190	Sin Valor	40,89
179 Válvula	194	193	Sin Valor	26,64
182 Válvula	196	195	Sin Valor	26,64
189 Válvula	203	202	Sin Valor	26,64
195 Válvula	209	208	Sin Valor	40,89
198 Válvula	210	211	Sin Valor	40,89
244 Válvula	245	244	Sin Valor	40,89
82 Válvula	173	174	Sin Valor	26,64
92 Válvula	97	247	Sin Valor	26,64
181 Válvula	254	255	Sin Valor	26,64
262 Válvula	260	261	Sin Valor	35,5
266 Válvula	265	266	Sin Valor	15,8
271 Válvula	272	273	Sin Valor	26,64
277 Válvula	275	276	Sin Valor	35,05
284 Válvula	279	280	Sin Valor	26,64
293 Válvula	288	289	Sin Valor	26,64
25 Válvula	127	31	Sin Valor	102,26
144 Válvula	259	297	Sin Valor	40,89
227 Válvula	299	235	Sin Valor	40,89
70 Válvula	63	64	Sin Valor	40,89
72 Válvula	8	60	Sin Valor	40,89

Tabla de Líneas y Nudos: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
112 Válvula	307	239	Sin Valor	40,89
113 Válvula	311	312	Sin Valor	26,64
118 Válvula	313	314	Sin Valor	26,64
68 Válvula	48	98	Sin Valor	40,89
255 Válvula	256	257	Sin Valor	40,89
275 Válvula	267	268	Sin Valor	15,8
FCV1 Válvula	45	72	Sin Valor	77,93
56 Válvula	50	14	Sin Valor	40,9
102 Válvula	73	116	Sin Valor	26,64
141 Válvula	41	117	Sin Valor	26,64
142 Válvula	95	121	Sin Valor	26,64
162 Válvula	119	120	Sin Valor	26,64
10 Válvula	232	33	Sin Valor	62,71
23 Válvula	35	34	Sin Valor	62,71
26 Válvula	42	47	Sin Valor	40,89
71 Válvula	59	61	Sin Valor	40,89
93 Válvula	62	32	Sin Valor	62,71
2 Válvula	135	136	Sin Valor	52,5
12 Válvula	143	142	Sin Valor	52,5
FCV2 Válvula	144	145	Sin Valor	77,93
FCV3 Válvula	146	160	Sin Valor	77,93
17 Válvula	12	13	Sin Valor	35,05

➤ **Resultados de la simulación**

Resultados en los Nudos:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
1	0,00	-0,45	-1,10	0,00
10	0,00	-0,45	-1,10	0,00
18	0,00	37,90	36,40	0,00
19	0,00	37,87	36,30	0,00
20	0,00	37,90	36,40	0,00
21	0,00	37,87	36,30	0,00
22	0,00	42,17	41,32	0,00
23	0,00	42,17	41,32	0,00
24	0,00	37,93	36,78	0,00
25	0,00	37,44	35,59	0,00
26	0,00	0,10	-0,55	0,00
27	0,00	18,92	18,07	0,00
28	0,00	18,92	17,77	0,00
29	0,00	18,92	17,42	0,00
30	0,00	37,74	36,17	0,00
37	0,00	37,40	35,55	0,00
38	0,00	37,36	35,51	0,00
39	0,00	37,40	36,65	0,00
40	0,00	0,10	-0,55	0,00
43	0,00	34,43	27,28	0,00
44	0,00	33,65	26,50	0,00
45	0,00	32,13	25,83	0,00
46	0,00	22,32	16,02	0,00
51	0,00	20,43	14,13	0,00
52	0,00	21,52	15,22	0,00
2	0,00	11,56	5,26	0,00
4	0,00	11,29	4,99	0,00
5	0,00	20,52	14,22	0,00
6	0,00	19,87	13,77	0,00
7	0,00	18,79	12,89	0,00
132	0,00	15,77	15,32	0,00
9	0,00	16,94	14,69	0,00
15	0,00	19,80	13,50	0,00
54	0,00	19,13	12,83	0,00
55	0,00	15,87	13,67	0,00
130	0,00	15,80	15,50	0,00
56	0,00	14,28	12,48	0,00
57	0,00	13,65	11,90	0,00
128	0,00	13,62	13,17	0,00
58	0,00	21,51	15,21	0,00
68	0,00	13,57	6,42	0,00
69	0,00	13,49	6,79	0,00
70	0,00	12,31	5,69	0,00
74	0,00	12,89	5,74	0,00

## Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
75	0,00	12,27	7,67	0,00
76	0,00	12,22	7,62	0,00
77	0,00	12,22	7,62	0,00
78	0,00	12,17	7,57	0,00
79	0,00	12,17	7,57	0,00
81	0,00	11,91	8,66	0,00
82	0,00	11,91	8,76	0,00
83	0,00	12,76	5,61	0,00
84	0,00	12,70	5,85	0,00
85	0,00	12,69	6,09	0,00
86	0,00	12,67	6,17	0,00
96	0,00	16,92	12,07	0,00
99	0,00	16,13	12,28	0,00
101	0,00	10,69	6,89	0,00
104	0,00	11,28	6,43	0,00
105	0,00	15,74	11,19	0,00
110	0,00	14,97	9,72	0,00
111	0,00	14,39	9,14	0,00
112	0,00	14,85	9,85	0,00
113	0,00	14,47	9,47	0,00
129	0,00	12,26	11,81	0,00
131	0,00	13,51	13,21	0,00
133	0,00	13,54	13,09	0,00
137	0,00	11,52	10,82	0,00
138	0,00	11,21	10,51	0,00
139	0,00	11,13	9,43	0,00
140	0,00	10,73	8,33	0,00
147	0,00	18,92	12,62	0,00
148	0,00	18,91	12,71	0,00
149	0,00	18,78	12,58	0,00
150	0,00	18,62	18,47	0,00
151	0,00	7,68	7,53	0,00
152	0,00	16,94	10,64	0,00
153	0,00	14,49	13,49	0,00
154	0,00	13,04	12,09	0,00
155	0,00	12,99	12,59	0,00
156	0,00	12,87	12,47	0,00
157	0,00	12,76	12,36	0,00
158	0,00	11,33	10,93	0,00
159	0,00	11,31	10,91	0,00
161	0,00	12,87	12,47	0,00
162	0,00	11,31	10,91	0,00
163	0,00	11,25	10,85	0,00
164	0,00	10,49	10,09	0,00
165	0,00	12,03	8,03	0,00
166	0,00	11,42	7,42	0,00
167	0,00	14,98	10,98	0,00

Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
168	0,00	14,45	10,50	0,00
169	0,00	13,99	10,49	0,00
170	0,00	12,85	9,35	0,00
171	0,00	12,84	9,34	0,00
172	0,00	12,72	9,22	0,00
176	0,00	10,64	5,84	0,00
177	0,00	9,46	4,61	0,00
181	0,00	8,43	1,81	0,00
182	0,00	7,25	0,55	0,00
184	0,00	11,28	6,48	0,00
186	0,00	7,17	0,02	0,00
187	0,00	7,17	0,27	0,00
188	0,00	1,77	-5,38	0,00
189	0,00	8,78	1,63	0,00
190	0,00	9,00	3,60	0,00
191	0,00	9,94	4,79	0,00
192	0,00	10,10	5,50	0,00
193	0,00	10,20	5,60	0,00
194	0,00	10,20	5,60	0,00
195	0,00	10,15	5,55	0,00
196	0,00	10,66	6,06	0,00
197	0,00	11,12	8,97	0,00
198	0,00	11,76	9,61	0,00
199	0,00	10,71	8,86	0,00
200	0,00	11,66	9,81	0,00
202	0,00	10,46	7,21	0,00
203	0,00	11,03	7,88	0,00
204	0,00	11,13	8,33	0,00
205	0,00	11,84	9,04	0,00
206	0,00	8,80	1,65	0,00
207	0,00	8,80	1,95	0,00
208	0,00	8,85	2,25	0,00
209	0,00	9,16	2,66	0,00
210	0,00	10,63	9,58	0,00
211	0,00	10,31	9,26	0,00
230	0,00	1,45	-5,70	0,00
231	0,00	3,43	-2,87	0,00
232	0,00	3,71	-2,59	0,00
236	0,00	12,28	6,78	0,00
237	0,00	14,16	8,91	0,00
238	0,00	14,32	9,07	0,00
239	0,00	11,61	5,31	0,00
241	0,00	14,95	10,10	0,00
244	0,00	6,21	-0,09	0,00
245	0,00	6,69	0,39	0,00
173	0,00	12,23	10,48	0,00
174	0,00	11,60	9,80	0,00

Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
247	0,00	6,12	-0,18	0,00
248	0,00	5,94	-0,36	0,00
251	0,00	5,75	-0,55	0,00
252	0,00	10,52	4,62	0,00
253	0,00	6,40	0,30	0,00
254	0,00	13,45	11,25	0,00
255	0,00	12,38	10,13	0,00
258	0,00	4,75	-1,55	0,00
260	0,00	10,47	10,07	0,00
261	0,00	10,14	9,74	0,00
262	0,00	10,06	9,66	0,00
263	0,00	10,78	10,38	0,00
264	0,00	10,48	10,08	0,00
265	0,00	10,41	10,01	0,00
266	0,00	10,10	9,70	0,00
269	0,00	9,37	3,07	0,00
270	0,00	12,54	8,94	0,00
271	0,00	11,93	8,28	0,00
272	0,00	11,86	7,91	0,00
273	0,00	11,33	7,33	0,00
274	0,00	4,76	-1,54	0,00
275	0,00	7,53	1,33	0,00
276	0,00	7,39	1,19	0,00
277	0,00	7,39	1,09	0,00
278	0,00	8,88	8,63	0,00
279	0,00	8,84	8,59	0,00
280	0,00	8,12	7,87	0,00
281	0,00	7,80	7,30	0,00
282	0,00	7,78	7,28	0,00
283	0,00	7,78	7,28	0,00
284	0,00	7,74	7,24	0,00
285	0,00	7,74	7,24	0,00
286	0,00	7,73	7,23	0,00
287	0,00	7,40	7,15	0,00
288	0,00	8,84	8,59	0,00
289	0,00	8,12	7,87	0,00
290	0,00	7,80	7,30	0,00
291	0,00	7,78	7,28	0,00
292	0,00	7,78	7,28	0,00
293	0,00	7,74	7,24	0,00
294	0,00	7,74	7,24	0,00
295	0,00	7,73	7,23	0,00
80	0,00	12,43	7,28	0,00
3	0,00	37,74	35,89	0,00
31	0,00	37,57	35,72	0,00
201	0,00	14,41	10,66	0,00
246	0,00	18,72	12,82	0,00

Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
259	0,00	19,05	12,75	0,00
297	0,00	19,05	12,75	0,00
298	0,00	13,56	6,66	0,00
71	0,00	11,22	6,72	0,00
235	0,00	12,53	7,18	0,00
299	0,00	12,53	7,13	0,00
8	0,00	11,86	5,56	0,00
60	0,00	10,33	4,03	0,00
63	0,00	20,32	14,02	0,00
64	0,00	18,80	12,50	0,00
65	0,00	15,33	9,88	0,00
66	0,00	16,85	11,35	0,00
303	0,00	16,17	11,62	0,00
304	0,00	15,80	11,95	0,00
305	0,00	13,80	8,35	0,00
307	0,00	12,83	6,53	0,00
309	0,00	10,23	3,93	0,00
310	0,00	11,89	8,14	0,00
311	0,00	16,85	15,35	0,00
312	0,00	15,80	14,35	0,00
313	0,00	13,51	12,06	0,00
314	0,00	12,47	10,97	0,00
315	0,00	10,59	4,69	0,00
97	0,00	6,75	0,45	0,00
11	0,00	9,90	4,55	0,00
48	0,00	18,19	13,09	0,00
98	0,00	16,97	11,92	0,00
256	0,00	14,91	9,86	0,00
257	0,00	13,69	8,59	0,00
267	0,00	12,88	10,88	0,00
268	0,00	12,57	10,07	0,00
296	0,00	19,76	13,46	0,00
72	0,00	22,42	16,12	0,00
14	0,00	6,24	-0,06	0,00
50	0,00	6,63	0,33	0,00
67	0,00	7,23	6,98	0,00
73	0,00	7,86	7,61	0,00
87	0,00	8,13	7,63	0,00
88	0,00	8,14	7,64	0,00
89	0,00	8,14	7,64	0,00
90	0,00	8,18	7,68	0,00
92	0,00	8,18	7,68	0,00
93	0,00	8,19	7,69	0,00
95	0,00	7,86	7,61	0,00
100	0,00	8,13	7,63	0,00
102	0,00	8,14	7,64	0,00
106	0,00	8,18	7,68	0,00

Resultados en los Nudos: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad	
107	0,00	8,18	7,68	0,00	
114	0,00	8,14	7,64	0,00	
115	0,00	8,19	7,69	0,00	
117	0,00	8,46	8,21	0,00	
118	0,00	9,09	8,84	0,00	
119	0,00	9,05	8,80	0,00	
120	0,00	8,46	8,21	0,00	
33	0,00	3,44	-2,86	0,00	
34	0,00	12,61	6,31	0,00	
35	0,00	12,88	6,58	0,00	
36	0,00	10,11	3,81	0,00	
41	0,00	9,05	8,80	0,00	
42	0,00	10,08	3,78	0,00	
47	0,00	9,60	3,30	0,00	
59	0,00	10,08	3,78	0,00	
61	0,00	9,69	3,39	0,00	
32	0,00	4,76	-1,54	0,00	
62	0,00	5,03	-1,27	0,00	
116	0,00	7,27	7,02	0,00	
121	0,00	7,27	7,02	0,00	
94	0,00	34,15	27,85	0,00	
123	0,00	12,75	5,90	0,00	
124	0,00	8,78	1,93	0,00	
125	0,00	12,67	6,07	0,00	
103	0,00	8,51	1,36	0,00	
126	0,00	8,38	1,23	0,00	
122	0,00	37,93	36,78	0,00	
127	0,00	37,61	35,76	0,00	
134	0,00	22,27	15,37	0,00	
135	0,00	22,07	15,77	0,00	
136	0,00	22,07	15,77	0,00	
141	0,00	8,38	2,08	0,00	
142	0,00	8,59	2,29	0,00	
143	0,00	8,59	2,29	0,00	
144	0,00	33,57	26,42	0,00	
145	0,00	17,00	9,85	0,00	
146	0,00	22,29	15,99	0,00	
160	0,00	21,98	15,68	0,00	
12	0,00	10,01	10,01	0,00	
13	0,00	10,01	10,01	0,00	
TKcold	-18,43	0,10	0,00	0,00	Embalse
TKhot	18,43	-2,00	1,00	0,00	Depósito

Resultados en las Líneas:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
1	9,22	4,26	614,30	Abierta
5	9,22	4,26	614,30	Abierta
14	9,22	4,26	16952,06	Abierta
15	9,22	1,93	89,70	Abierta
16	9,22	1,93	89,70	Abierta
19	0,00	0,00	0,00	Abierta
20	0,00	0,00	0,00	Abierta
21	0,00	0,00	0,00	Abierta
22	0,00	0,00	0,00	Abierta
31	18,43	2,24	86,20	Abierta
32	18,43	2,24	86,20	Abierta
33	18,43	2,24	240,10	Abierta
34	0,00	0,00	0,00	Abierta
35	0,00	0,00	0,00	Abierta
38	8,52	1,79	77,57	Abierta
39	9,91	2,08	102,63	Abierta
40	9,91	2,08	102,63	Abierta
45	5,09	2,35	204,81	Abierta
46	4,82	1,01	26,99	Abierta
48	2,40	1,83	172,41	Abierta
51	2,86	0,93	29,58	Abierta
53	2,52	1,16	55,58	Abierta
54	1,82	1,88	1073,16	Abierta
55	0,70	1,26	142,54	Abierta
59	1,82	1,88	216,93	Abierta
60	0,90	1,62	225,94	Abierta
61	0,91	1,64	231,42	Abierta
63	0,91	1,64	231,42	Abierta
64	0,70	1,26	142,54	Abierta
66	0,70	1,26	142,54	Abierta
67	2,30	0,74	19,77	Abierta
79	8,52	1,79	78,02	Abierta
80	2,36	1,80	167,03	Abierta
86	6,16	1,29	42,49	Abierta
87	2,07	1,58	341,27	Abierta
88	0,63	1,13	116,25	Abierta
91	0,77	1,38	169,23	Abierta
95	0,67	1,20	129,59	Abierta
97	3,30	0,69	13,37	Abierta
98	1,23	0,40	6,19	Abierta
100	1,23	0,40	24,24	Abierta
106	2,40	1,83	172,41	Abierta
114	1,22	2,19	394,45	Abierta
EFD1a	2,36	1,09	535,37	Abierta
Toc7b	1,22	2,19	394,45	Abierta
Toc7a	1,19	2,13	375,67	Abierta
119	2,69	2,05	211,87	Abierta

Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
121	2,69	2,05	211,87	Abierta
Toc6a	1,49	2,67	573,07	Abierta
122	1,20	2,15	382,05	Abierta
Toc6b	1,20	2,15	382,05	Abierta
Cinc10	0,70	1,26	1358,31	Abierta
SI9	0,91	1,64	2283,23	Abierta
Exce8	0,90	1,62	2225,38	Abierta
139	1,23	0,94	49,69	Abierta
FDF5a	1,23	0,94	406,21	Abierta
140	1,23	0,94	49,69	Abierta
49	2,30	2,38	399,55	Abierta
83	0,57	0,59	25,53	Abierta
85	0,57	0,59	25,53	Abierta
Comp12	0,57	3,20	5467,80	Abierta
101	1,73	1,79	197,99	Abierta
110	1,08	1,95	318,13	Abierta
145	1,08	1,12	83,60	Abierta
146	0,93	1,66	237,31	Abierta
148	0,00	0,00	0,00	Abierta
149	0,93	1,66	237,31	Abierta
VH	0,93	1,66	14292,78	Abierta
151	0,93	0,96	62,36	Abierta
152	0,00	0,00	0,00	Abierta
153	0,93	0,96	62,36	Abierta
Hor13a	0,93	0,96	765,96	Abierta
154	0,16	0,81	115,36	Abierta
Hor13b	0,16	0,81	616,23	Abierta
155	0,64	1,15	120,82	Abierta
156	0,64	1,15	121,31	Abierta
Gen14a	0,64	1,15	1137,84	Abierta
157	0,64	1,15	120,82	Abierta
Gen14b	0,64	1,15	120,82	Abierta
160	2,36	1,80	167,03	Abierta
163	2,36	1,80	167,04	Abierta
164	2,36	1,80	167,03	Abierta
172	2,36	0,50	7,22	Abierta
173	2,36	1,80	167,04	Abierta
174	10,75	2,25	120,09	Abierta
175	3,30	0,69	13,37	Abierta
177	2,07	1,58	130,51	Abierta
178	1,40	1,07	63,41	Abierta
180	0,77	1,38	169,23	Abierta
183	0,63	1,13	116,25	Abierta
DTRT2	0,63	1,13	636,54	Abierta
184	0,63	1,13	116,25	Abierta
185	0,63	1,13	116,25	Abierta
186	0,77	1,38	169,23	Abierta

Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
DUBD4	0,77	1,38	949,69	Abierta
187	0,77	1,38	169,23	Abierta
188	1,23	0,26	2,15	Abierta
190	0,67	1,20	129,59	Abierta
TCT3	0,67	1,20	714,62	Abierta
191	0,67	1,20	129,59	Abierta
192	0,67	1,20	129,59	Abierta
194	1,23	0,26	2,15	Abierta
196	1,23	0,94	105,15	Abierta
197	1,23	0,94	49,69	Abierta
215	1,23	0,94	49,69	Abierta
222	10,75	1,31	31,78	Abierta
223	7,68	1,61	63,95	Abierta
226	2,86	0,93	29,58	Abierta
230	2,69	2,05	211,87	Abierta
233	1,20	2,15	382,05	Abierta
238	2,40	1,83	172,41	Abierta
240	1,22	2,19	394,45	Abierta
243	2,86	0,93	29,58	Abierta
89	0,70	1,26	142,54	Abierta
115	0,70	1,26	142,54	Abierta
229	0,91	1,64	231,42	Abierta
249	0,90	1,62	225,94	Abierta
250	0,91	1,64	231,42	Abierta
251	1,82	3,26	825,51	Abierta
252	0,70	0,73	37,46	Abierta
253	1,82	1,88	1073,16	Abierta
256	2,52	1,16	55,58	Abierta
257	4,82	1,56	77,77	Abierta
258	1,49	2,67	573,07	Abierta
259	1,20	2,15	382,05	Abierta
263	0,93	0,96	62,36	Abierta
264	0,93	0,96	62,36	Abierta
Filtro	0,16	0,81	3060,45	Abierta
265	0,16	0,81	115,36	Abierta
267	0,16	0,81	115,36	Abierta
268	0,16	0,81	115,36	Abierta
270	1,08	1,12	83,60	Abierta
FiltrG	0,64	1,15	6100,87	Abierta
272	0,64	1,15	120,82	Abierta
310	0,64	1,15	120,82	Abierta
274	0,64	1,15	120,82	Abierta
278	0,57	0,59	25,53	Abierta
279	1,73	1,79	197,99	Abierta
280	0,57	0,59	25,54	Abierta
281	2,30	2,38	398,59	Abierta
282	2,30	0,74	19,77	Abierta

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
283	2,86	0,93	29,58	Abierta
285	0,75	1,34	160,33	Abierta
286	0,75	1,34	160,33	Abierta
287	0,37	0,67	44,41	Abierta
288	0,37	0,67	44,41	Abierta
Vid11c	0,37	0,67	44,41	Abierta
Vid11d	0,37	0,67	44,41	Abierta
289	0,37	0,67	44,41	Abierta
290	0,37	0,67	44,41	Abierta
291	0,75	1,34	160,33	Abierta
292	1,50	1,14	71,80	Abierta
294	0,75	1,34	160,33	Abierta
295	0,75	1,34	160,33	Abierta
296	0,37	0,67	44,41	Abierta
297	0,37	0,67	44,41	Abierta
Vid11a	0,37	0,67	44,41	Abierta
Vid11b	0,37	0,67	44,41	Abierta
298	0,37	0,67	44,41	Abierta
299	0,37	0,67	44,41	Abierta
300	0,75	1,34	160,33	Abierta
301	18,43	2,24	86,20	Abierta
28	1,40	1,07	63,41	Abierta
52	18,43	2,24	86,20	Abierta
36	0,64	1,15	120,82	Abierta
37	0,90	1,62	225,94	Abierta
231	2,36	0,50	25,24	Abierta
158	2,36	1,80	167,03	Abierta
228	2,07	1,58	130,51	Abierta
232	2,69	2,05	211,87	Abierta
234	2,69	2,05	973,66	Abierta
235	2,69	2,05	211,87	Abierta
304	1,19	2,13	375,67	Abierta
305	1,19	2,13	375,67	Abierta
308	2,40	1,83	172,41	Abierta
309	5,09	2,35	204,81	Abierta
311	0,64	1,15	133,84	Abierta
312	0,90	1,62	225,94	Abierta
313	0,90	1,62	225,94	Abierta
314	0,90	1,62	225,94	Abierta
75	0,70	1,26	142,54	Abierta
58	2,07	1,58	130,52	Abierta
254	2,40	1,83	172,41	Abierta
273	2,40	1,83	172,41	Abierta
276	0,16	0,81	115,36	Abierta
302	0,70	1,26	142,53	Abierta
76	1,36	1,04	59,96	Abierta
103	0,68	1,22	134,04	Abierta

Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
104	0,34	0,61	37,13	Abierta
Torc	0,34	0,61	37,13	Abierta
107	0,34	0,61	37,13	Abierta
Tord	0,34	0,61	37,13	Abierta
116	0,34	0,61	37,13	Abierta
117	0,34	0,61	37,13	Abierta
124	0,68	1,22	134,04	Abierta
125	0,34	0,61	37,13	Abierta
Tora	0,34	0,61	37,13	Abierta
127	0,34	0,61	37,13	Abierta
129	0,34	0,61	37,13	Abierta
Torb	0,34	0,61	37,13	Abierta
131	0,34	0,61	37,13	Abierta
133	0,68	1,22	134,04	Abierta
134	1,36	1,04	59,96	Abierta
161	0,68	1,22	134,04	Abierta
11	0,68	1,22	134,04	Abierta
27	2,86	0,93	29,58	Abierta
29	1,50	1,14	71,80	Abierta
41	0,68	1,22	134,04	Abierta
42	1,50	1,14	71,80	Abierta
69	1,36	1,04	60,03	Abierta
96	2,86	0,93	29,58	Abierta
105	0,68	1,22	134,04	Abierta
109	0,68	1,22	134,04	Abierta
123	1,36	1,04	59,96	Abierta
169	5,09	2,35	204,81	Abierta
171	8,52	1,79	77,57	Abierta
193	4,82	1,01	26,98	Abierta
18	1,08	1,12	83,60	Abierta
6	9,22	0,00	-42,62	Marcha Bomba
7	9,22	0,00	-42,62	Marcha Bomba
9	0,00	0,00	0,00	Parada Bomba
3	9,22	1,93	0,03	Abierta Válvula
4	9,22	1,93	0,03	Abierta Válvula
8	0,00	0,00	0,00	Cerrada Válvula
30	0,00	0,00	0,00	Cerrada Válvula
50	2,86	0,93	0,27	Abierta Válvula
57	0,70	1,26	0,63	Abierta Válvula
62	0,91	1,64	1,07	Abierta Válvula
65	0,70	1,26	0,63	Abierta Válvula
78	2,36	1,80	1,18	Abierta Válvula
84	0,63	1,13	0,00	Activa Válvula
90	0,77	1,38	0,00	Activa Válvula
94	0,67	1,20	0,00	Activa Válvula
99	1,23	0,94	0,00	Activa Válvula
138	1,23	0,94	0,32	Abierta Válvula

## Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado	
47	0,57	0,59	0,13	Abierta	Válvula
108	1,08	1,95	1,44	Abierta	Válvula
147	0,00	0,00	0,00	Cerrada	Válvula
150	0,64	1,15	0,53	Abierta	Válvula
166	2,36	1,80	1,18	Abierta	Válvula
167	2,36	1,80	1,18	Abierta	Válvula
170	2,36	1,80	0,00	Activa	Válvula
176	2,07	1,58	0,90	Abierta	Válvula
179	0,77	1,38	0,00	Activa	Válvula
182	0,63	1,13	0,51	Abierta	Válvula
189	0,67	1,20	0,57	Abierta	Válvula
195	1,23	0,94	0,32	Abierta	Válvula
198	1,23	0,94	0,32	Abierta	Válvula
244	1,50	1,14	0,47	Abierta	Válvula
82	0,70	1,26	0,63	Abierta	Válvula
92	0,70	1,26	0,63	Abierta	Válvula
181	0,91	1,64	1,07	Abierta	Válvula
262	0,93	0,94	0,33	Abierta	Válvula
266	0,16	0,81	0,31	Abierta	Válvula
271	0,64	1,15	0,53	Abierta	Válvula
277	0,57	0,59	0,13	Abierta	Válvula
284	0,75	1,34	0,72	Abierta	Válvula
293	0,75	1,34	0,72	Abierta	Válvula
25	18,43	2,24	0,03	Abierta	Válvula
144	2,40	1,83	0,00	Activa	Válvula
227	2,07	1,58	0,00	Activa	Válvula
70	2,69	2,05	1,52	Abierta	Válvula
72	2,69	2,05	1,52	Abierta	Válvula
73	2,69	2,05	1,52	Abierta	Válvula
77	2,69	2,05	1,52	Abierta	Válvula
112	2,40	1,83	1,22	Abierta	Válvula
113	0,90	1,62	1,04	Abierta	Válvula
118	0,90	1,62	1,04	Abierta	Válvula
68	2,40	1,83	1,22	Abierta	Válvula
255	2,40	1,83	1,22	Abierta	Válvula
275	0,16	0,81	0,31	Abierta	Válvula
FCV1	9,91	2,08	9,71	Activa	Válvula
56	1,36	1,04	0,39	Abierta	Válvula
102	0,68	1,22	0,59	Abierta	Válvula
141	0,68	1,22	0,59	Abierta	Válvula
142	0,68	1,22	0,59	Abierta	Válvula
162	0,68	1,22	0,59	Abierta	Válvula
10	2,86	0,93	0,27	Abierta	Válvula
23	2,86	0,93	0,27	Abierta	Válvula
26	1,50	1,14	0,47	Abierta	Válvula
71	1,36	1,04	0,39	Abierta	Válvula
93	2,86	0,93	0,27	Abierta	Válvula

Resultados en las Líneas: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado	
2	5,09	2,35	0,00	Activa	Válvula
12	5,09	2,35	0,00	Activa	Válvula
FCV2	8,52	1,79	16,57	Activa	Válvula
FCV3	4,82	1,01	0,32	Abierta	Válvula
17	1,08	1,12	0,00	Activa	Válvula

A continuación en las figuras 1, 2, 3 y 4 se muestran fotos tomadas al software antes y durante la simulación.

Figura 1. Circuito propuesto para las máquinas de temple (antes de la simulación)

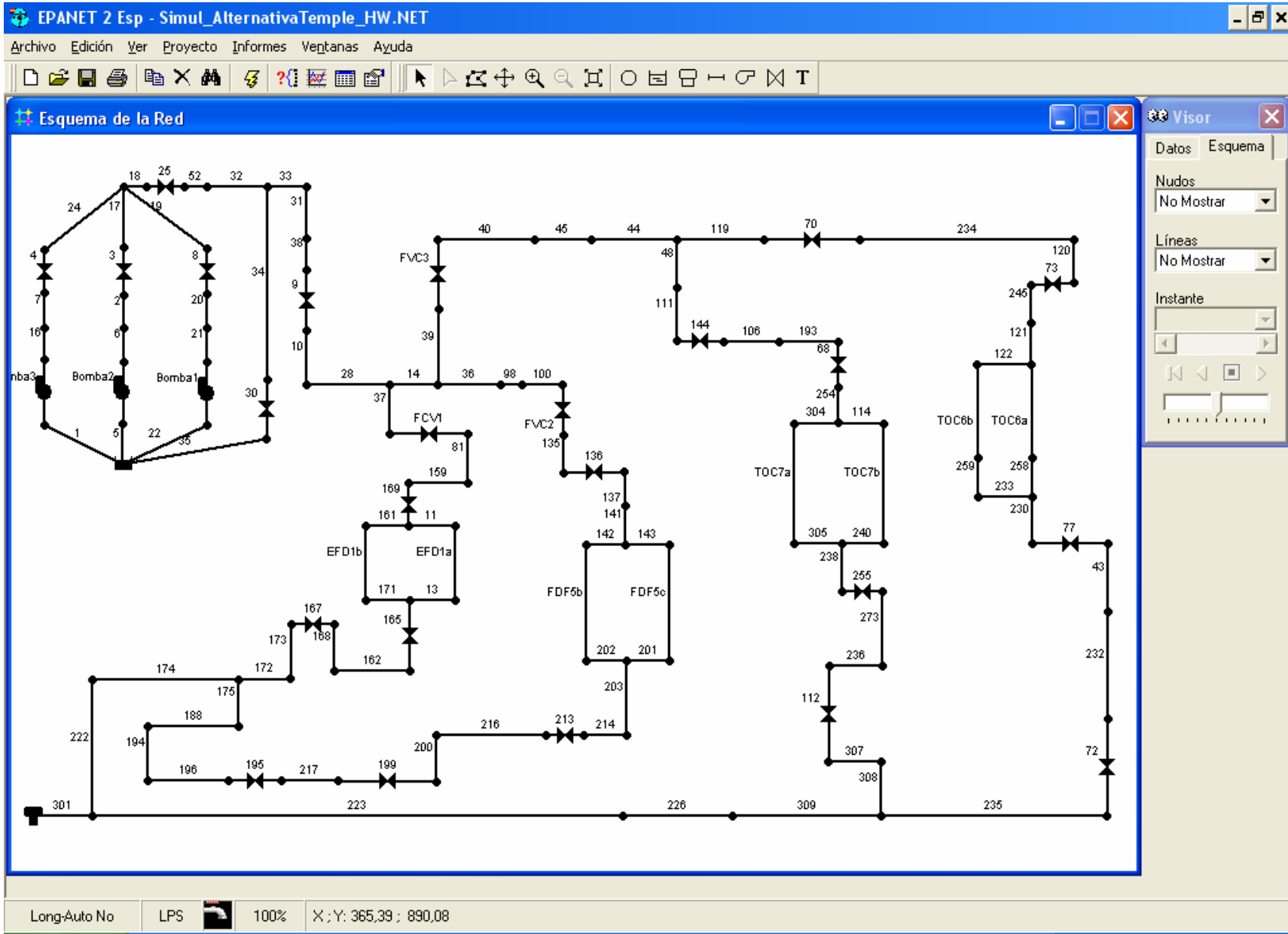


Figura 2. Circuito propuesto para las máquinas de temple (En simulación)

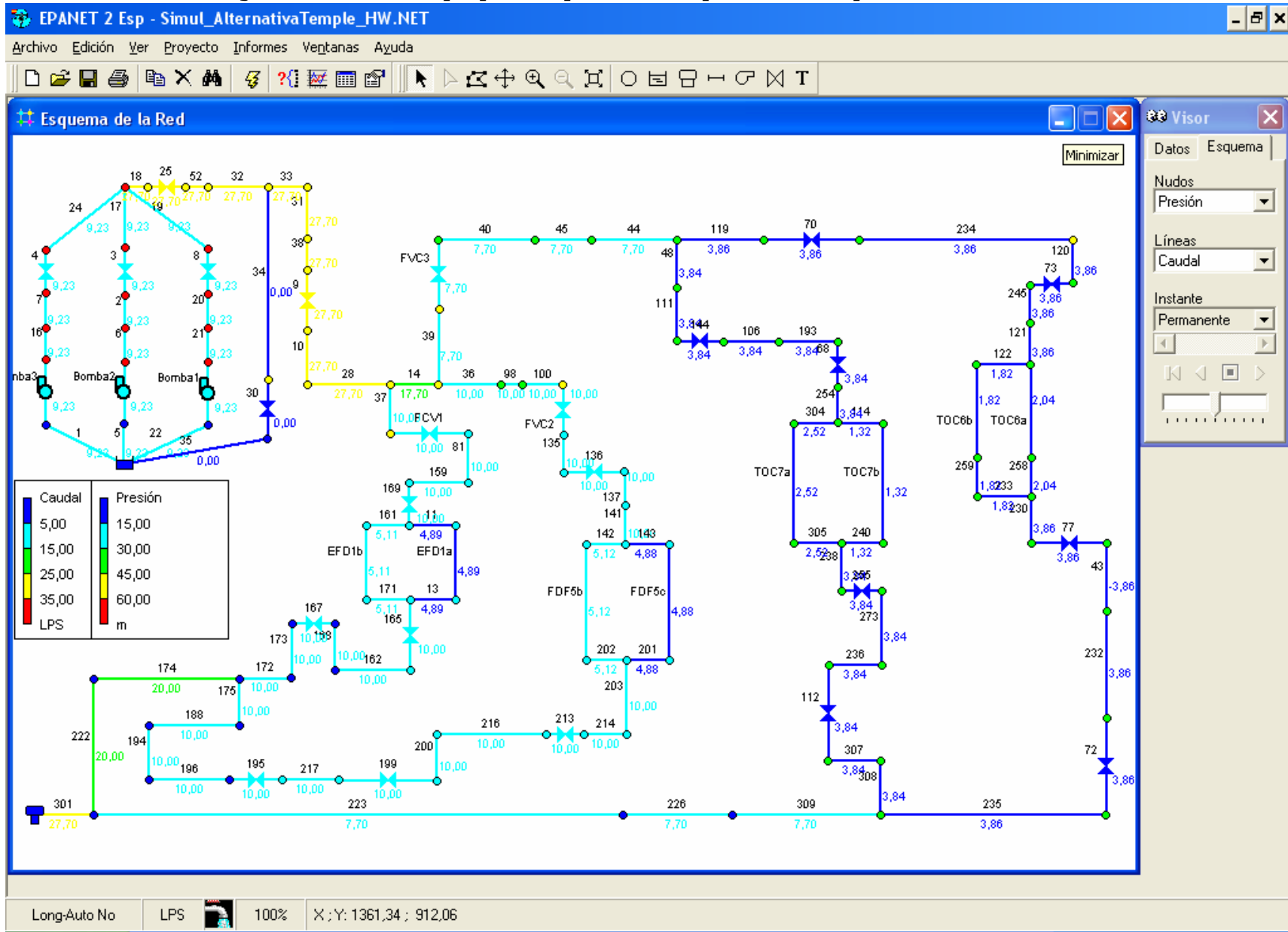


Figura 3. Circuito propuesto para el resto de máquinas (antes de la simulación)

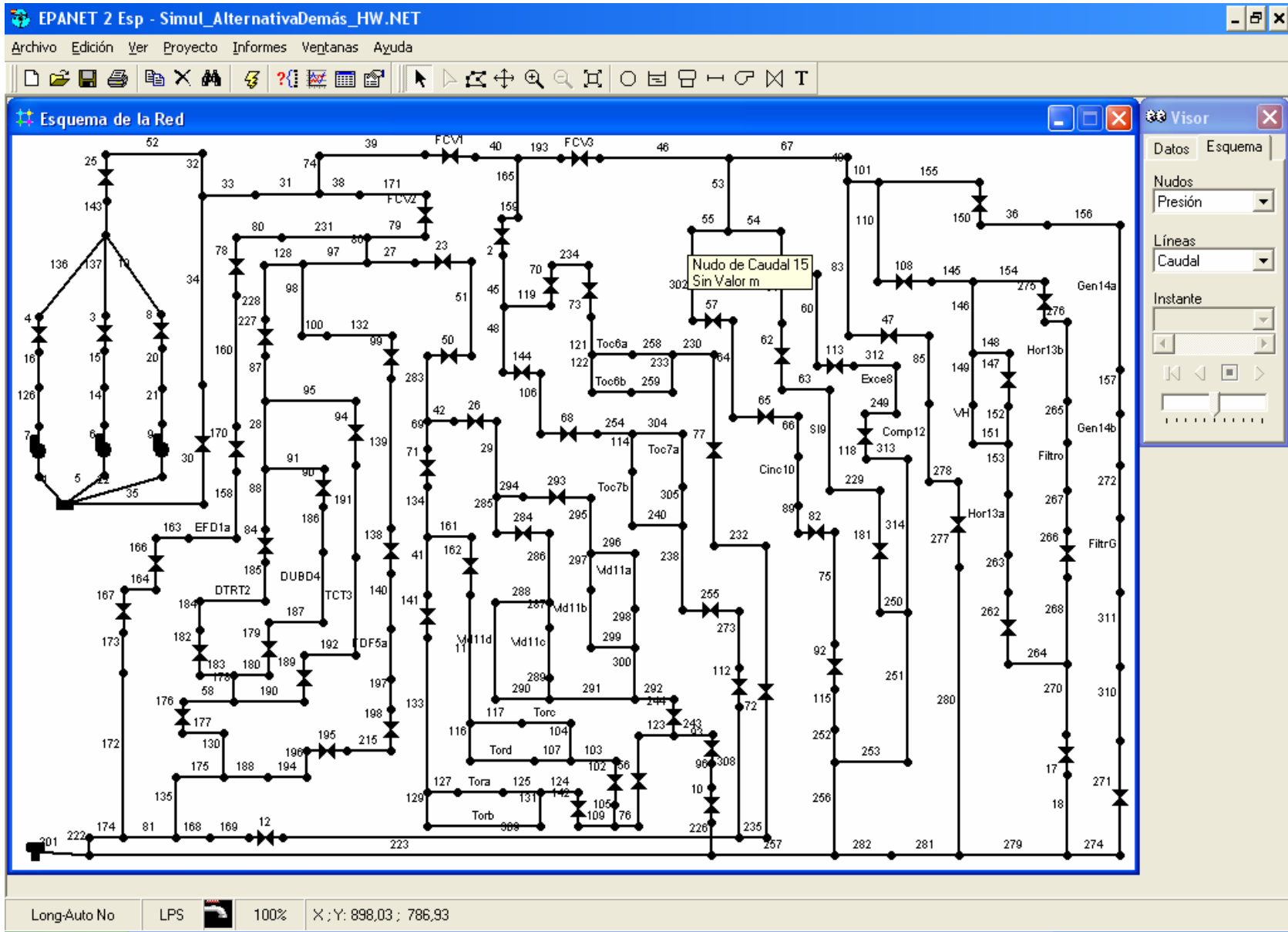


Figura 4. Circuito propuesto para el resto de máquinas (durante la simulación)

