

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/162

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR: EVELYN DEL CARMEN ECHAVEZ MADARIAGA

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR: Ing. JORGE EDUARDO GRANADOS GRANADOS

TÍTULO DEL TRABAJO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y MANEJO DE AGUA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA EN LOS CONDENSADORES DE LOS “CHILLERS” DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CENTRAL EN LA CLÍNICA MEDICAL DUARTE, DE CÚCUTA.

### RESUMEN

La Clínica Medical Duarte ZF S.A.S, cuenta con 3 torres de enfriamiento, de “Tiro Mecánico”, donde el agua caliente llega a los tanques de refrigeración y es rociada mediante aspersores que hacen pasar el agua a través de unos orificios. Luego, el método para que el aire pueda enfriar el agua es de tipo “Tiro Inducido”, porque succiona el aire mediante un ventilador ubicado en la parte superior de la torre de enfriamiento. El proceso evaporativo requiere mover una gran cantidad de volumen de aire manteniendo una caída de presión elevada al pasar el aire por el relleno, por esto es necesario ubicar los tanques de enfriamiento en espacios libres.

Sin embargo, el agua que se introduce en la torre de enfriamiento está compuesta por una cierta cantidad de minerales, que no pueden ser evaporados, quedando suspendidos en el agua; con el paso del tiempo la concentración de estos sólidos en suspensión y sales disueltas aumentando, produciendo incrustaciones en las tuberías, alterando los coeficientes de transferencia de calor y disminuyendo la eficiencia térmica del sistema de condensación de los “chiller”.

Por lo tanto, se busca implementar un sistema de tratamiento y manejo de agua donde el agua sea filtrada y tratada para lograr un eficiente control de los sólidos suspendidos en el agua y de este modo mejorar la eficiencia del condensador de los Chillers, en la Clínica Medical Duarte.

PALABRAS CLAVE: Sistema de tratamiento, Chiller, Sistema de aire acondicionado.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 162 PLANOS: \_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_ CD ROOM: \_\_1\_\_

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y MANEJO DE  
AGUA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA EN LOS CONDENSADORES DE  
LOS “CHILLERS” DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CENTRAL EN LA  
CLÍNICA MEDICAL DUARTE, DE CÚCUTA.

EVELYN DEL CARMEN ECHAVEZ MADARIAGA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2019

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y MANEJO DE  
AGUA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA EN LOS CONDENSADORES DE  
LOS “CHILLERS” DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CENTRAL EN LA  
CLÍNICA MEDICAL DUARTE, DE CÚCUTA.

EVELYN DEL CARMEN ECHAVEZ MADARIAGA

Proyecto presentado como requisito para optar por el título de

Ingeniero Mecánico

Director

Ing. Jorge Eduardo Granados Granados

Codirector

Ing. Cesar Javier Claro López

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2019

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 27 DE NOVIEMBRE DEL 2019  
HORA: 10:00 AM  
LUGAR: SB 301  
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA MECANICA

**TÍTULO DE LA TESIS:** DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y MANEJO DE AGUA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA EN LOS CONDENSADORES DE LOS CHILLERS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CENTRAL EN LA CLÍNICA MEDICAL DUARTE DE CÚCUTA

**Jurados:**

Ing. PEDRO PEREZ AMAYA  
Ing. ORLANDO GUTIÉRREZ LÓPEZ  
Esp. JUAN CARLOS RAMIREZ

**Director:**

Ing. JORGE EDUARDO GRANADOS GRANADOS

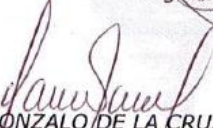
Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
EVELYN DEL CARMEN ECHAVEZ MADARIAGA	1120981	cuatro, dos	4.2

### APROBADA

  
Ing. PEDRO PEREZ AMAYA

  
Ing. ORLANDO GUTIÉRREZ LÓPEZ

  
Ing. JUAN CARLOS RAMIREZ

  
Vo. Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO G.  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Mecánica

## Resumen

La Clínica Medical Duarte ZF S.A.S, cuenta con 3 torres de enfriamiento, de “Tiro Mecánico”, donde el agua caliente llega a los tanques de refrigeración y es rociada mediante aspersores que hacen pasar el agua a través de unos orificios. Luego, el método para que el aire pueda enfriar el agua es de tipo “Tiro Inducido”, porque succiona el aire mediante un ventilador ubicado en la parte superior de la torre de enfriamiento. El proceso evaporativo requiere mover una gran cantidad de volumen de aire manteniendo una caída de presión elevada al pasar el aire por el relleno, por esto es necesario ubicar los tanques de enfriamiento en espacios libres.

Sin embargo, el agua que se introduce en la torre de enfriamiento está compuesta por una cierta cantidad de minerales, que no pueden ser evaporados, quedando suspendidos en el agua; con el paso del tiempo la concentración de estos sólidos en suspensión y sales disueltas aumentando, produciendo incrustaciones en las tuberías, alterando los coeficientes de transferencia de calor y disminuyendo la eficiencia térmica del sistema de condensación de los “chiller”.

Por lo tanto, se busca implementar un sistema de tratamiento y manejo de agua donde el agua sea filtrada y tratada para lograr un eficiente control de los sólidos suspendidos en el agua y de este modo mejorar la eficiencia del condensador de los Chillers, en la Clínica Medical Duarte.

## Contenido

Introducción	16
1 Problema	17
1.1 Título	17
1.2 Planteamiento Del Problema	17
1.3 Formulación Del Problema	18
1.4 Justificación	18
1.4.1 Razón De Ser Del Proyecto.	18
1.4.2 Perspectiva.	19
1.5 Sistematización Del Problema	20
1.6 Objetivos	20
1.6.1 Objetivo General.	20
1.6.2 Objetivos Específicos.	20
1.7 Delimitación Del Problema	20
1.7.1 Espaciales.	20
1.7.2 Temporales.	21
1.7.3 Conceptual.	21
2 Marco Referencial	22

2.1	Antecedentes	22
2.2	Marco Teórico	22
2.2.1	Climatización.	22
2.2.2	Torre De Enfriamiento.	24
2.2.3	Características Físicas De Una Torre De Enfriamiento.	25
2.2.4	Proceso De Transferencia De Calor En La Torre De Enfriamiento.	26
2.2.5	Enfriamiento Evaporativo.	27
2.2.6	Chiller.	28
2.2.7	Compresor.	29
2.2.8	Condensador.	30
2.2.9	Psicrometría.	30
2.2.10	Humedad Absoluta Y Humedad Relativa.	31
2.2.11	Entalpía.	31
2.2.12	Gas Refrigerante.	31
2.3	Marco Conceptual	32
2.3.1	Filtro De Carbón Activado.	32
2.3.2	Filtro Suavizador.	32
2.3.3	Agua Dura.	33
2.3.4	Bomba Centrifuga.	34
2.3.5	Válvulas De Control.	35
2.3.6	Manómetro.	35
2.3.7	Pvc.	36

2.4	Marco Contextual	36
2.5	Marco Legal	37
3	Diseño Metodológico	39
3.1	Enfoque Y Tipo De Investigación	39
3.2	Técnicas Y Procedimientos Para La Recolección De Información	39
4	Torres De Enfriamiento	40
4.1	Torres De Enfriamiento Glaciar	40
4.1.1	Sección Evaporación.	41
4.1.2	Sección Eliminadores De Gotas.	41
4.1.3	Boquillas Aspersoras.	41
4.1.4	Árbol De Rociado.	42
4.1.5	Ventilador.	42
4.1.6	Tanque De Agua.	43
4.1.7	Persianas De Entrada Del Aire.	43
4.2	Parámetros De Diseño	44
4.3	Condiciones De Operación	44
4.4	Condiciones Ambientales	44
4.5	Niveles De Ruido	45



5	Calidad De Agua Que Se Necesita	46
6	Legionella	48
7	Selección De Filtro De Carbón Activado Y Filtro Suavizador	50
8	Estado Termodinámico De Una Torre De Enfriamiento	55
9	Especificaciones De Torres De Enfriamiento	57
10	Ilustración De Diagrama De Flujo	58
11	Ilustración Ii De Diagrama De Flujo Ptae	58
12	Ilustración Retrolavado Filtro De Carbón	61
13	Ilustración Retrolavado Filtro Suavizador	63
14	Macromedición	65
15	Tiempo De Evaporación Del Agua	66
16	Ideam	73
17	Agua De Reposición	75
17.1.1	Agua De Circulación	77
18	Pérdidas En El Sistema	79

18.1	Pérdidas En La Bomba	79
18.1.1	Pérdidas Hidráulicas.	79
18.1.2	Pérdidas Volumétricas.	79
18.1.3	Pérdidas Mecánicas.	80
18.2	Flujos En Tuberías: Flujos Internos	81
18.2.1	Flujo Laminar Y Flujo Turbulento En Tuberías.	82
18.2.2	Pérdidas En Tuberías.	82
18.2.3	Balance De Energía Para El Flujo En Tubos.	83
18.3	Pérdidas Mayores: Factor De Rozamiento	83
18.3.1	Flujo Laminar Para Pérdidas Mayores.	84
18.3.2	Flujo Turbulento Para Pérdidas Mayores.	84
18.4	Pérdidas Menores	85
18.4.1	Entradas Y Salidas	86
18.5	Pérdidas En La Salida	86
18.5.1	Aumentos Y Contracciones.	87
18.5.2	Codos De Tuberías	88
18.5.3	Válvulas Y Conectores	88
19	Análisis De Pérdidas De Tubería	90
20	Bombas Centrifugas	111
20.1	Instalación De Una Bomba	111

20.2	Ecuación De Euler De Las Bombas	112
20.3	Altura Útil O Efectiva De Una Bomba	112
20.4	Primera Expresión De La Altura Útil Y De La Energía Útil	112
20.5	Primera Expresión De La Altura Útil	113
20.6	Primera Expresión De La Energía Útil	114
20.7	Segunda Expresión De La Altura Útil Y De La Energía Útil	115
20.8	Selección De Bomba	117
20.9	Instalación	120
20.10	Conexión Eléctrica	120
21	Protocolo De Mantenimiento	125
22	Análisis Físico-Químico Del Agua	128
22.1.1	Acidez (Ph).	128
22.1.2	Color.	128
22.1.3	Turbiedad.	129
22.1.4	Conductividad.	129
22.1.5	Temperatura.	129
22.1.6	Nitritos Y Nitratos.	129
22.1.7	Dureza.	130
22.1.8	Hierro.	130

22.1.9	Sulfatos.	130
22.1.10	Fosfatos.	131
22.1.11	Cloruros.	131
22.1.12	Alcalinidad.	131
22.1.13	Coliformes Totales.	132
22.1.14	Escherichia Coli.	132
22.2	Resultados Fisicoquímicos Del Agua	133
23	Mejoramiento De La Eficiencia Del Chiller	138
	Conclusiones	140
	Recomendaciones	141
	Referencias	142
	Anexos	146