



AUTÓNOMA DEL CARIBE

— LA UNIVERSIDAD —

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE AIRE ACONDICIONADO CON CHILLER CONDENSADO POR AIRE.



Autor:

Ing. Samir Alexander Cano Salcedo.

Autor:

SAMIR ALEXANDER CANO SALCEDO, Ing.

**Proyecto de grado para optar al título de magister en Ingeniería
Mecánica.**

Directores

IVAN TOVAR OSPINO, PhD.

Profesor Tiempo Completo del Programa de Ingeniería Mecánica.

JOSE SOLANO PEREZ, Msc.

Asesor interdisciplinario externo.

INTRODUCCIÓN

Consumo de Energía Sector Terciario

Aproximadamente el 36.7% de la energía consumida en el sector terciario se debe a los procesos de acondicionamiento de aire o cargas de frío

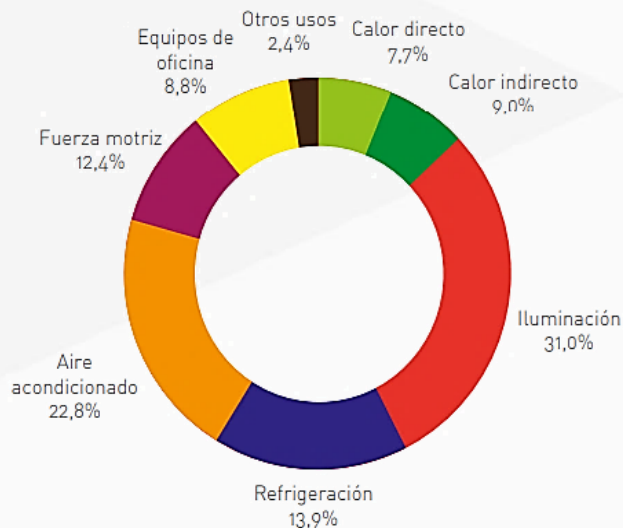


Figura 1: Distribución de la energía en el sector terciario. [2].

Distribución de la tecnología para la generación de frío:

Chiller enfriados por agua y por aire son los mas utilizados.

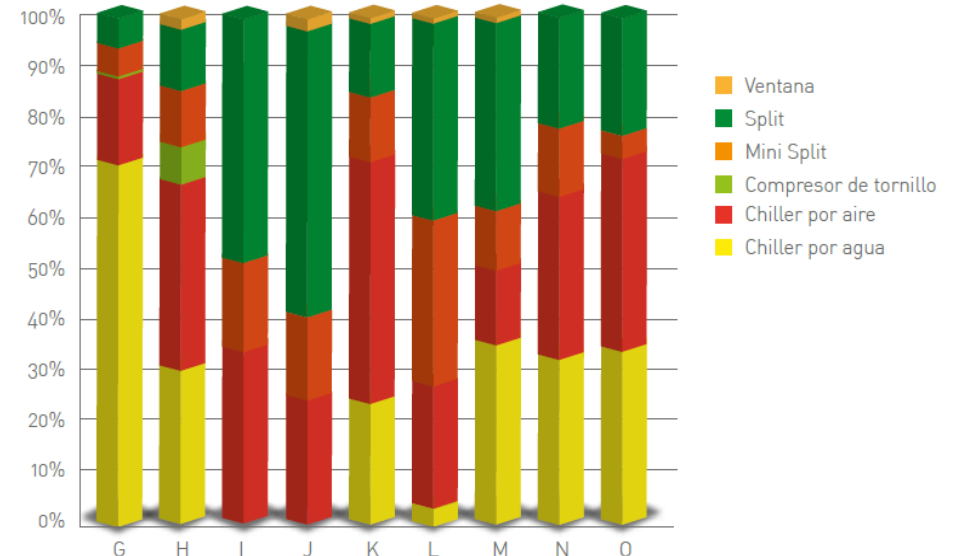


Figura 2: Consumo en aire acondicionado por Grupo CIU y tecnología [2].

INTRODUCCIÓN

Equipo de Climatización Tipo Chiller.

Un Chiller es una combinación de componentes, regidos por un ciclo de refrigeración, que permiten enfriar una sustancia hasta temperaturas requeridas. [14]

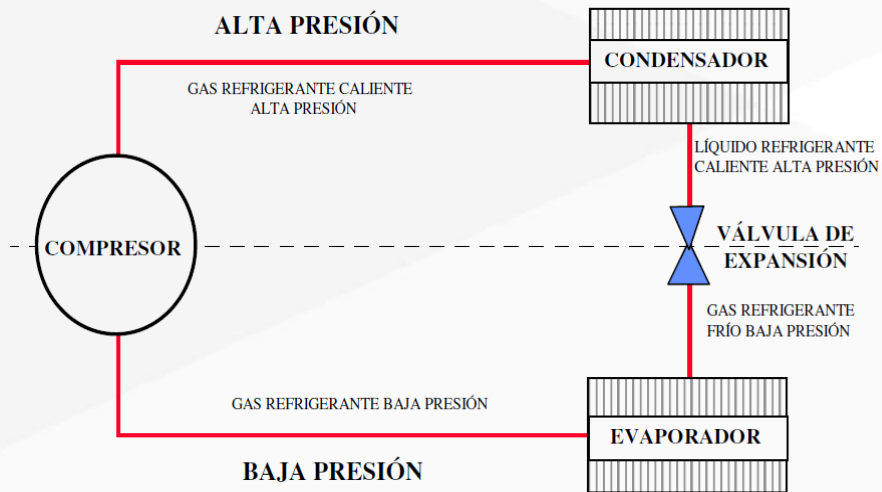


Figura 3: Ciclo de refrigeración por compresión de vapor (Propio)

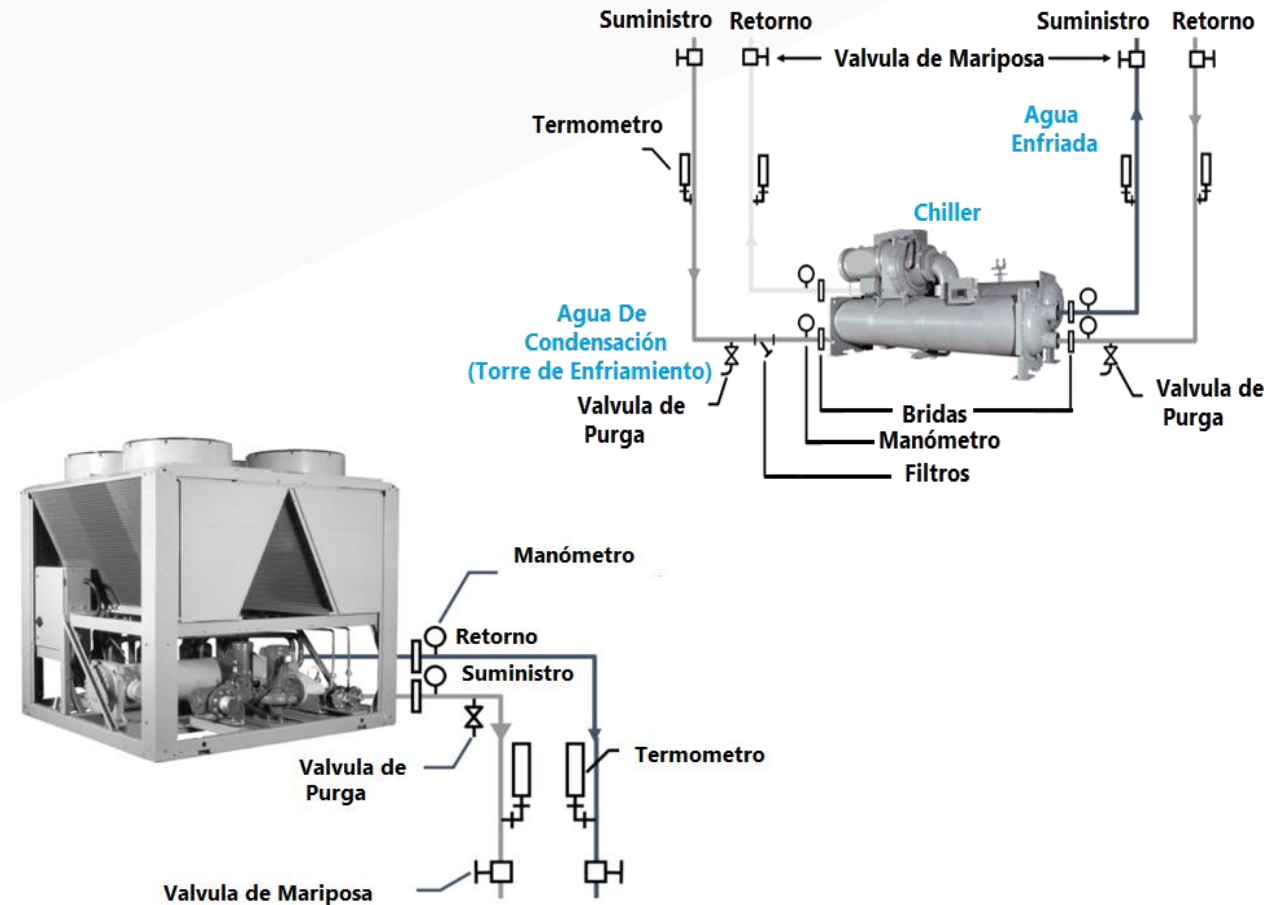


Figura 4: Detalles típicos de Chillers condensados por aire y Chillers condensados por agua. [16].

ANTECEDENTE

✓ El mercado de proyectos HVAC ha ido incrementando, se prevé que crecerá a una tasa anual compuesta (CAGR) alrededor del 6.71 %

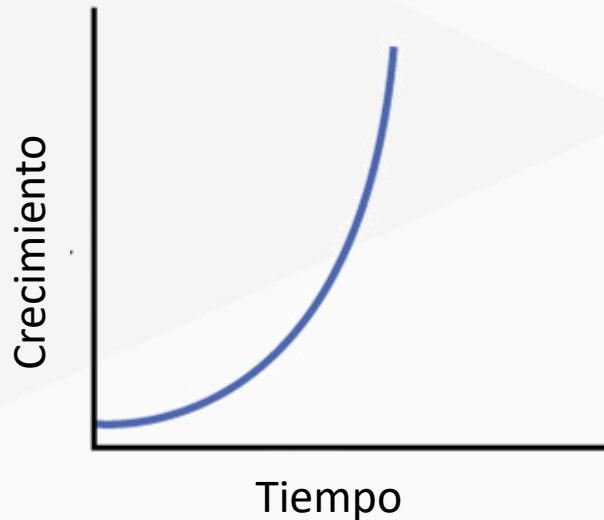


Figura 5: Curva de crecimiento (Propia)

- ✓ Existen múltiples procedimientos que se encuentran dispersos en la literatura, que a través de este proyecto se busca integrarlos en una guía con enfoque holístico.
- ✓ Técnicamente en la industria se están sobredimensionando en gran medida los sistemas de climatización por falta de criterios de diseño.
- ✓ Consumo excesivo de energía, Impacto medio ambiental y altas tasas de emisión de CO^2 .
- ✓ Generación de sobre costos para la implementación de sistemas de Climatización.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ✓ ¿Existe una metodología detallada que permita la el diseño y dimensionamiento de sistemas de climatización con tecnologías tipo Chiller con condensación por aire?
- ✓ ¿Cuáles son los subsistemas que permiten el funcionamiento optimo de un sistema de climatización tipo Chiller con condensación por aire?
- ✓ ¿De que forma es posible trazar una directriz que permita desarrollar proyectos de climatización con Chiller con condensación por aire?
- ✓ ¿Cómo se podría lograr un diseño optimo basado en la teoría de las maquinas hidráulicas y maquinas térmicas para sistemas de climatización?
- ✓ ¿Cómo generar presupuestos desde el criterio de análisis de precios unitarios para sistemas de climatización?

JUSTIFICACIÓN

- ✓ A nivel de gestión de proyectos, ofrecerá una opción de diseño y dimensionamiento de sistema de climatización para tecnologías tipo Chiller con condensación por aire, con la asistencia de herramientas computacionales para optimización de los tiempos de trabajo.
- ✓ Servirá como una guía integral que permite a los proyectistas identificar aspectos claves de diseño.
- ✓ Con relación al sector energético, permitirá obtener diseños mas ajustados a la demanda de frío, con mejoras en consumos primarios de energía y disminución del impacto ambiental.
- ✓ Evitará sobrecostos o perdidas excesivas a nivel económico para los proyectistas de esta tecnología, a través del criterio de análisis de precios unitario.
- ✓ Al grupo de investigación GIIMA de la Universidad Autónoma del Caribe, este proyecto permitirá una gran contribución y generación de nuevo material científico e ingenieril, centrado en el desarrollo de proyectos de ingeniería con énfasis en sistemas de climatización con tecnologías tipo Chiller con condensación por aire.
- ✓ Aporte científico enfocado a una metodología de diseño optimo de carga térmica, dimensionamiento de subsistemas de distribución de agua, distribución de aire y criterios de control para Chiller condensado por aire.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una guía metodológica para la gestión de proyectos de aire acondicionado con tecnología tipo Chiller condensado por aire.

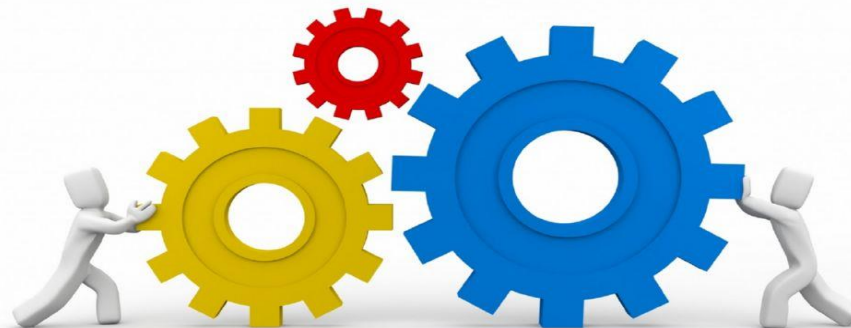
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir teóricamente la metodología diseñada para el desarrollo de proyectos de aire acondicionado con Chiller condensado por aire.
2. Desarrollar una guía metodológica de diseño, selección y presupuesto para sistemas de aire acondicionado con Chiller condensado por aire.
3. Implementar la metodología diseñada bajo un estudio de caso, que permita la validación y el análisis de los resultados.

METODOLOGÍA

✓ Descripción teóricamente de la metodología diseñada para el desarrollo de proyectos de aire acondicionado con Chiller condensado por aire.

- ✓ Descripción teoría de cálculo carga térmica a través del método CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/ Cooling Load Factor).
- ✓ Revisión teórica para el dimensionamiento de sistemas de bombeo y distribución de agua.
- ✓ Reseña de los fundamentos teóricos para el dimensionamiento de conductos de aire y selección de unidades terminales.
- ✓ Descripción teórica para el análisis de precio unitario en el desarrollo de ofertas económicas.



Fuente: Revista Entrepreneur

METODOLOGÍA

✓ Desarrollo de metodología de diseño, selección y presupuesto para sistemas de aire acondicionado con Chiller condensado por aire.

- ✓ Desarrollo metodológico de cálculo de carga térmica basado en el modelo CLTD/CLF a través del software Elite CHVAC.
- ✓ Diseño de sistemas de aire acondicionado tipo Chiller condensado por aire a través de la utilización de herramientas computacionales., incluye cálculo de sistema de distribución de agua, selección de bomba, configuración de unidades terminales manejadoras de aire y sistemas de control.
- ✓ Desarrollo metodológico para el diseño del sistema de distribución de aire y selección de unidades terminales.
- ✓ Diseño de una hoja de cálculo para el análisis de precios unitarios y cálculo de cantidades, para el desarrollo de proyectos de ingeniería relacionados con sistemas de aire acondicionado con Chiller condensado por aire.

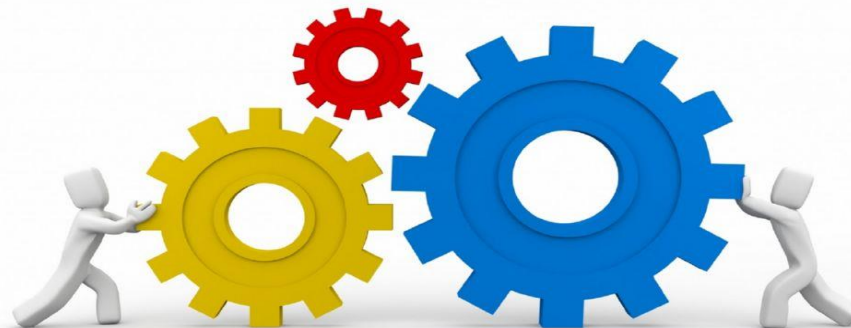


Fuente: Revista Entrepreneur

METODOLOGÍA

✓ Implementación de la metodología diseñada bajo un estudio de caso.

- ✓ Selección de estudio de caso, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y las propiedades del aire requeridas en el recinto.
- ✓ Cálculo de carga térmica según metodología desarrollada.
- ✓ Diseño de sistema de distribución de agua y selección de bomba.
- ✓ Diseño de sistema de distribución de aire y selección de unidades terminales de aire.
- ✓ Diseño de sistema de control para la mejora de las condiciones energéticas y utilización de los recursos.
- ✓ Análisis de precios unitarios y cálculo de cantidades.



Fuente: Revista Entrepreneur

Descripción teoría de cálculo carga térmica a través del método CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/ Cooling Load Factor).

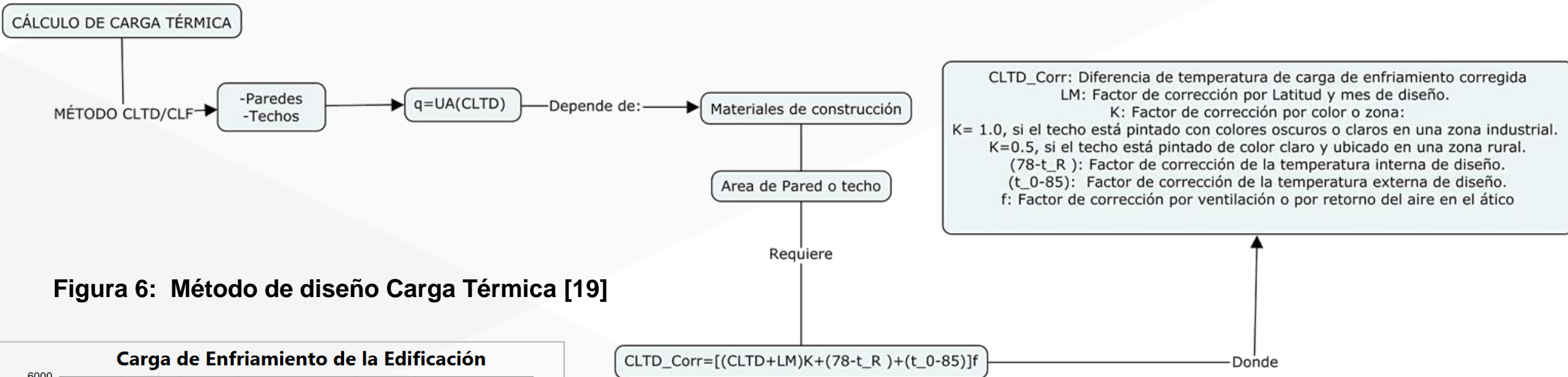
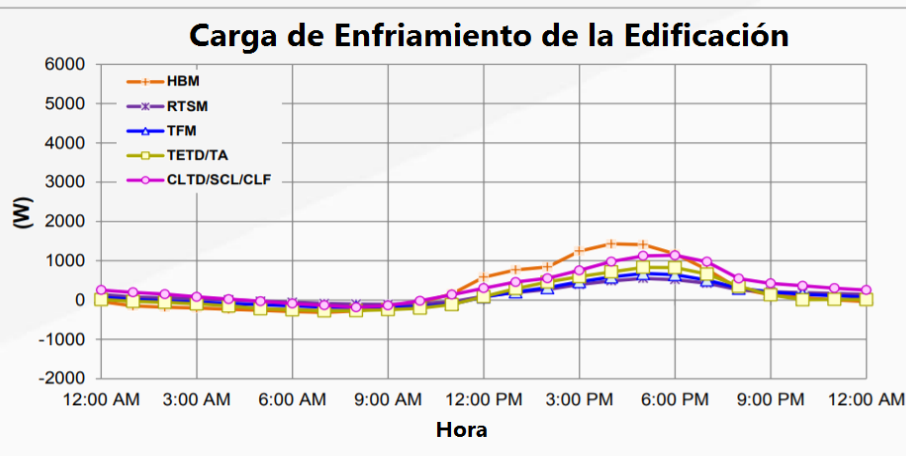


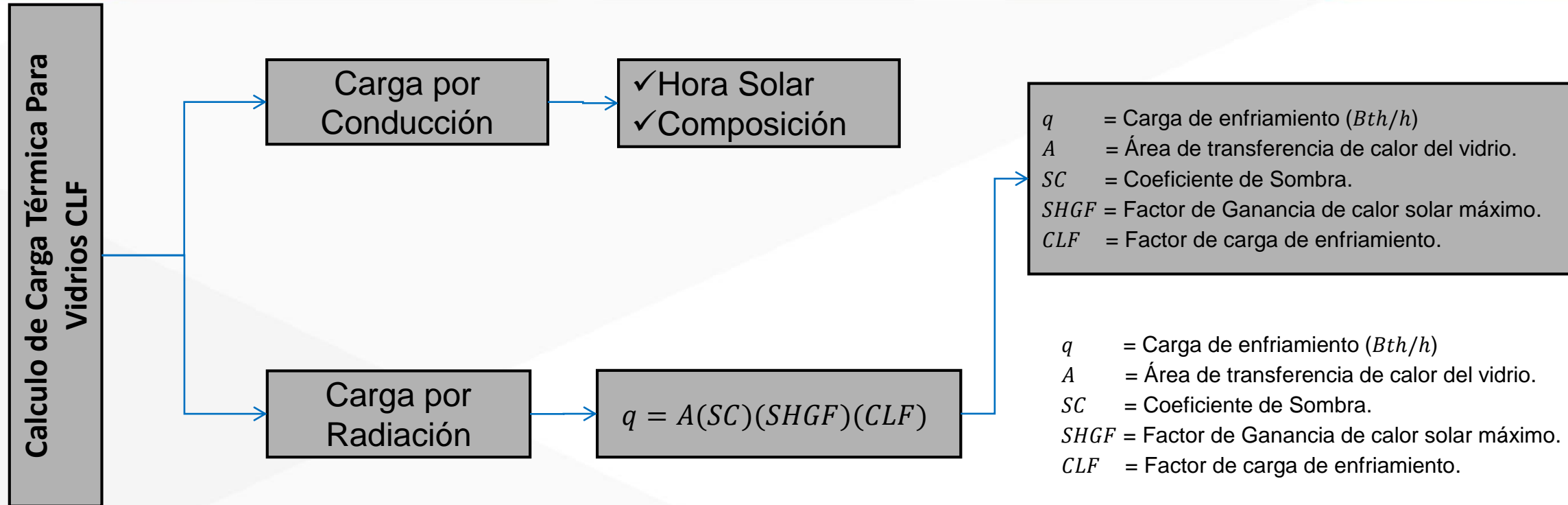
Figura 6: Método de diseño Carga Térmica [19]



LAT.	Meses	N	NNE NNO	NE NO	ENE ONO	E W	ESE OSO	SE SO	SSE SSO	S	HOR
0	DIC	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	ENE/NOV	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	FEB/OCT	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	MAR/SEP	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	0
	ABR/AGO	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	MAY/JUL	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	JUN	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5

Tabla 1. Corrección de latitud y mes aplicados a muros y techos, latitud Norte

Descripción teoría de cálculo carga térmica a través del método CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/ Cooling Load Factor).



- El **SHGF** se puede calcular con base en la latitud, el mes de diseño y la orientación del vidrio.
- El **CLF** depende de la orientación del vidrio, hora de diseño y del tipo construcción.
- El **SC** se selecciona de acuerdo con la composición del vidrio.

Descripción teoría de cálculo carga térmica a través del método CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/ Cooling Load Factor).

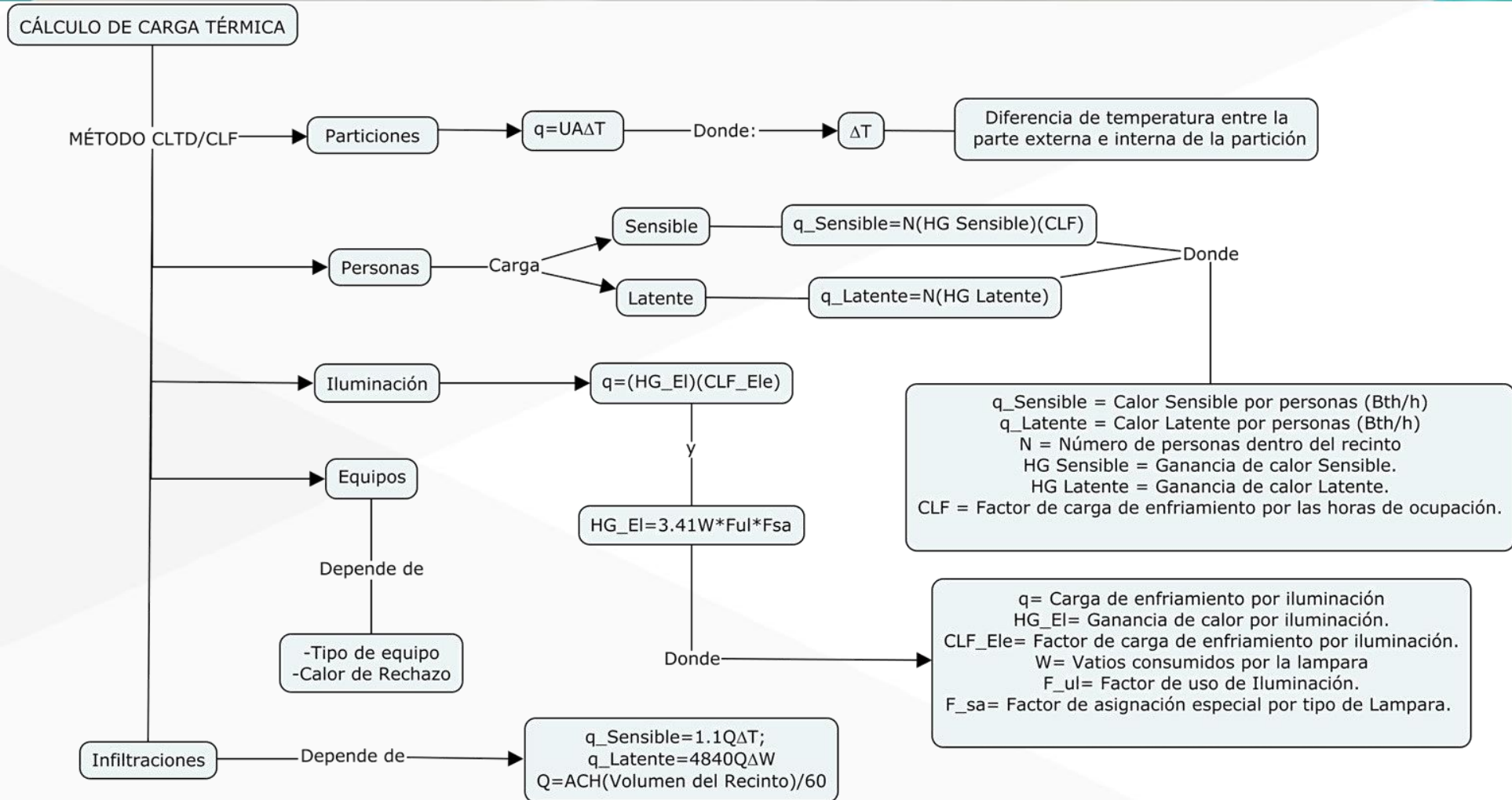


Figura 7. Esquema de Carga Térmica CLTD para particiones, personas, iluminación, equipos e infiltraciones.



Calculo y dimensionamiento de sistemas de bombeo y distribución de agua.

- **Diseño de tubería de distribución de agua para Chiller.**

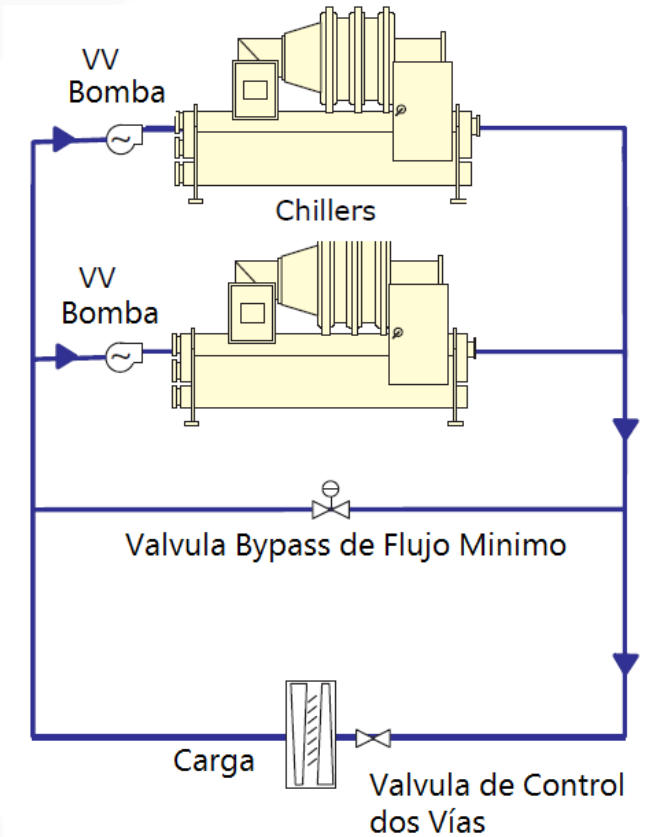
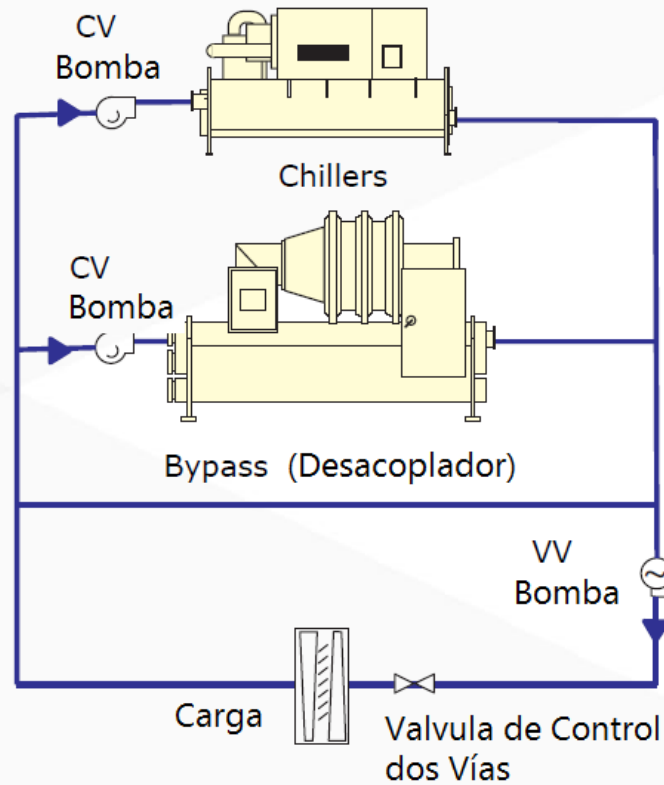
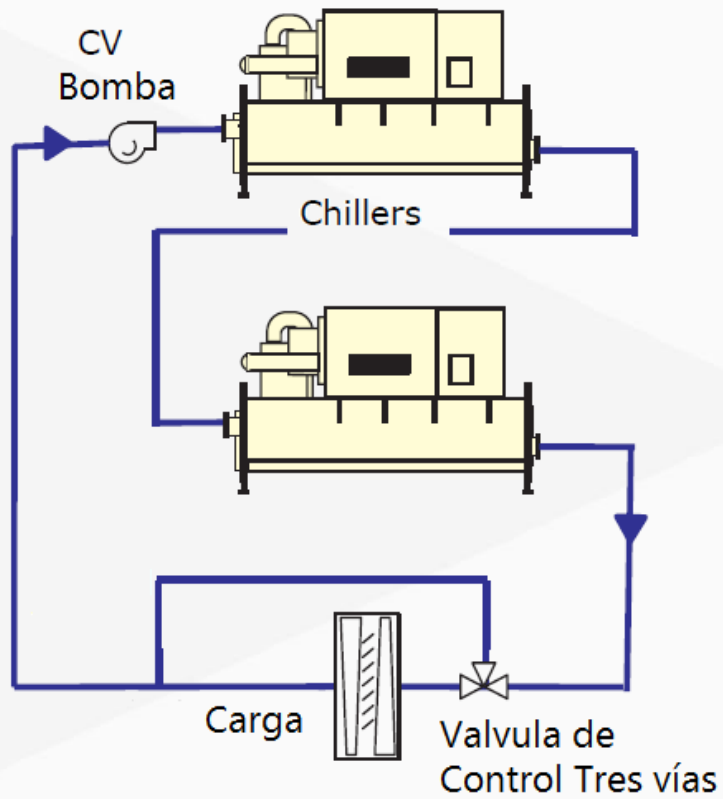
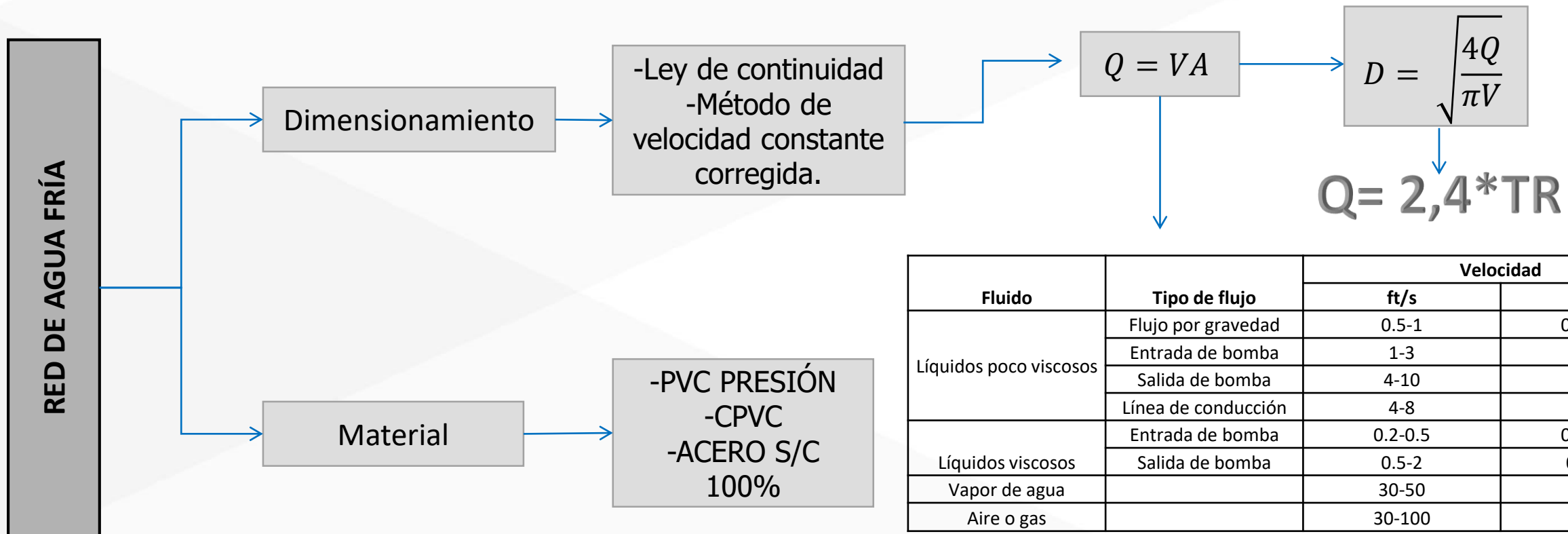


Figura 8. Arreglos de Bombeo- TRANE

Calculo y dimensionamiento de sistemas de bombeo y distribución de agua.

• Diseño de tubería de distribución de agua.



Fluido	Tipo de flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5-1	0.15-0.30
	Entrada de bomba	1-3	0.3-0.9
	Salida de bomba	4-10	1.2-3
	Línea de conducción	4-8	1.2-2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2-0.5	0.06-0.15
	Salida de bomba	0.5-2	0.15-0.6
Vapor de agua		30-50	9-15
Aire o gas		30-100	9-30

Tabla 2. Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías [34]

Calculo y dimensionamiento de sistemas de bombeo y distribución de agua.

• Dimensionamiento del punto de operación de la Bomba

PERDIDAS PRIMARIAS

Es posible calcular las perdidas primarias a través de la ecuación de Darcy-Weisbach, la cual se relaciona a continuación:

$$H_{Pr} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

H_{Pr} = Perdidas Primarias por tubería (*m. ca*)

f = Factor de fricción o coeficiente de pérdida.

L = Longitud del tramo a analizar (*m*)

D = Diámetro de la tubería a analizar (*m*)

V = Velocidad del fluido (*m/s*)

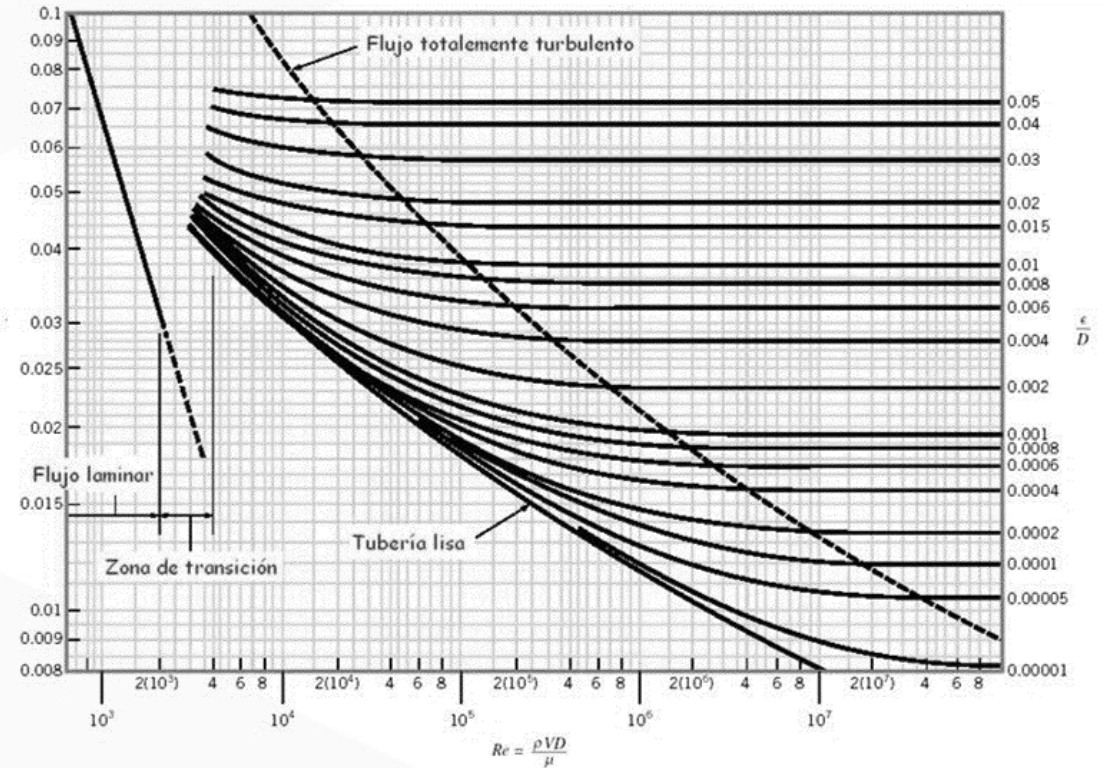


Figura 8. Diagrama de Moody

Calculo y dimensionamiento de sistemas de bombeo y distribución de agua.

• Dimensionamiento del punto de operación de la Bomba

PERDIDAS SECUNDARIAS

Es una adaptación de la fórmula de perdidas primarias, donde se cambia la longitud del tubo por un parámetro conocido como la longitud equivalente del accesorio. Esta longitud es obtenida a través de un nomograma de pérdidas de carga secundaria.

$$H_{Sr} = f \frac{L_{Equi}}{D} \frac{V^2}{2g}$$

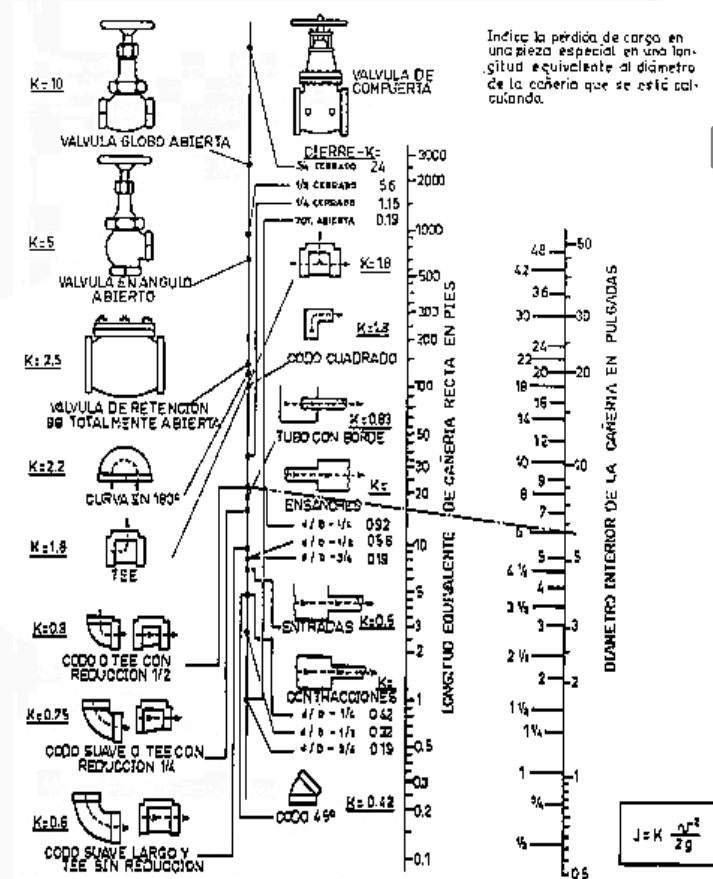
H_{Sr} = Perdidas por Cargas secundarias (m. ca)

f = Factor de fricción o coeficiente de perdida.

L_{Equi} = Longitud Equivalente del accesorio (m)

D = Diámetro del accesorio a analizar (m)

V = Velocidad del fluido (m/s)



PERDIDAS EQUIPOS

Ficha Tecnica

UMA
CHILLER
FILTROS
V. CONTROL

Figura 9. Nomograma de pérdidas de carga secundaria de la firma Gould Pumps U.S.A.

• Métodos de dimensionamiento de Ductos

Método de Fricción Constante:

la caída de presión generalmente se basa en la experiencia, se utiliza por ejemplo 0.1 in. WC por 100 pies (0.82 Pa / m) para sistemas de baja presión. [37]

Método de Velocidad Constante:

Este método primero determina la velocidad mínima del aire en varias secciones del conducto de acuerdo con el requisito de flotar las partículas, ya sea por cálculo o por experiencia

Método de Recuperación Estática:

El método de recuperación estática consiste en dimensionar el conducto de aire de modo que el aumento de la presión estática (recuperación estática) debido a la variación de la velocidad del aire en el conducto principal de suministro después de cada toma de rama compense la pérdida de presión de la sección del conducto siguiente a lo largo del conducto principal.

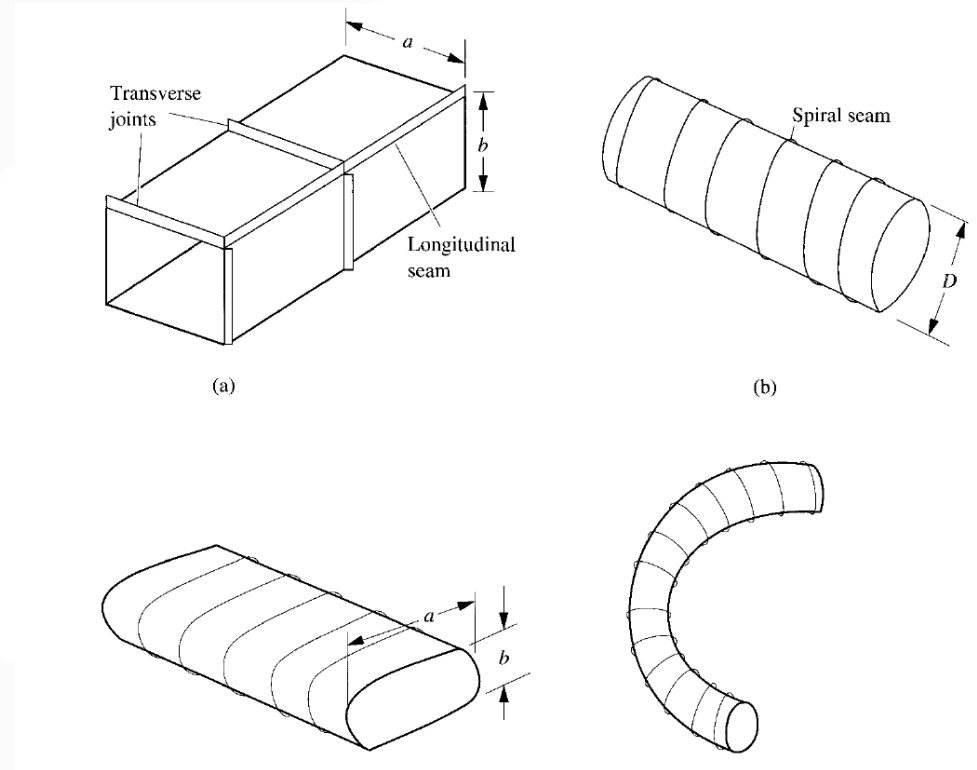


Figura 10. Tipos de ductos de Aire. SMACNAC

• Métodos de dimensionamiento de Ductos

Aplicación	Factor de control del nivel de ruido (conductos principales)	Factor de control de rozamiento en conductos			
		Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	600-3	1000-5	800-4	600-3	600-3
Apartamentos, dormitorios de hotel, hospitales	1000-5	1500-7.5	1300-6.5	1200-6	1000-5
Oficinas particulares, despacho de directores, Bibliotecas	1200-6	2000-10	1500-7.5	1600-8	1200-6
Cine, teatro, auditorios	800-4	1300-6.5	1100-5.5	1000-5	800-4
Oficinas públicas, restaurantes, comercios de primera, bancos	1500-7.5	2000-10	1500-7.5	1600-8	1200-6
Comercios de categoría media, cafeterías	1800-9	2000-10	1500-7.5	1600-8	1200-6
Locales industriales	2500-12.5	3000-15	1800-9	2200-11	1500-7.5

Tabla 3. Velocidades recomendadas por normas sanitarias para el diseño de sistema de distribución de aire. (Ft/m m/s)

• Métodos de dimensionamiento de Ductos

Lado	24		26		28		30		32	
	Area ft	Diam "	Area ft	Diam "	Area ft	Diam "	Area ft	Diam "	Area ft	Diam "
22										
24	3.74	26.2								
26	4.03	27.2	4.40	28.4						
28	4.33	28.2	4.74	29.5	5.10	30.6				
30	4.68	29.3	5.07	30.5	5.44	31.6	5.86	32.8		
32	4.94	30.1	5.37	31.4	5.79	32.6	6.23	33.8	6.68	35.0
34	5.24	31.0	5.69	32.3	6.15	33.6	6.60	34.8	7.06	36.0
36	5.58	32.0	5.94	33.0	6.52	34.6	6.99	35.8	7.46	37.0
38	5.86	32.8	6.38	34.2	6.87	35.5	7.34	36.7	7.87	38.0
40	6.15	33.6	6.71	35.1	7.22	36.4	7.71	37.6	8.29	39.0
42	6.45	34.4	7.03	35.9	7.58	37.3	8.12	38.6	8.68	39.9
44	6.75	35.2	7.34	36.7	7.91	38.1	8.50	39.5	9.07	40.8
46	7.03	35.9	7.63	37.4	8.35	38.9	8.85	40.3	9.48	41.7
48	7.30	36.6	7.95	38.2	8.59	39.7	9.25	41.2	9.89	42.6
50	7.58	37.3	8.25	38.9	8.90	40.4	9.61	42.0	10.3	43.5
52	7.87	38.0	8.55	39.6	9.25	41.2	9.98	42.8	10.7	44.3
54	8.16	38.7	8.85	40.3	9.61	42.0	10.4	43.6	11.0	45.0
56	8.42	39.3	9.16	41.0	9.94	42.7	10.7	44.3	11.4	45.8
58	8.63	39.8	9.48	41.7	10.3	43.4	11.0	45.0	11.8	46.6
60	8.89	40.4	9.75	42.3	10.5	44.0	11.4	45.8	12.2	47.3
64	9.43	41.6	10.3	43.5	11.2	45.4	12.1	47.2	12.9	48.7
68	9.98	42.8	10.9	44.7	11.8	46.6	12.8	48.4	13.7	50.2
72	10.4	43.8	11.5	45.9	12.4	47.8	13.5	49.7	14.4	51.5
76	10.8	44.9	12.0	47.0	13.1	49.0	14.1	50.8	15.1	52.7
80	11.5	46.0	12.6	48.0	13.7	50.1	14.7	52.0	15.8	53.9
84	12.0	46.9	13.2	49.2	14.2	51.1	15.4	53.2	16.5	55.0
88	12.5	47.9	13.7	50.1	14.8	52.2	16.1	54.3	17.3	56.3
92	12.9	48.7	14.2	51.1	15.5	53.4	16.7	55.4	18.0	57.4
96	13.3	49.5	14.8	52.2	15.9	54.0	17.2	56.2	18.6	58.5
100	13.9	50.6	15.0	52.5	16.7	55.3	17.9	57.3	19.2	59.4
104	14.6	51.8	15.8	53.9	17.1	56.0	18.6	58.5	19.9	60.5
108	14.8	52.1	16.2	54.6	17.6	56.8	19.2	59.4	20.5	61.4
112	15.1	52.7	16.8	55.5	18.3	58.0	19.7	60.1	21.1	62.3
116	15.8	53.9	17.3	56.4	18.9	58.9	20.3	61.1	22.0	63.6

Tabla 4. dimensión equivalente del ducto en forma rectangular.

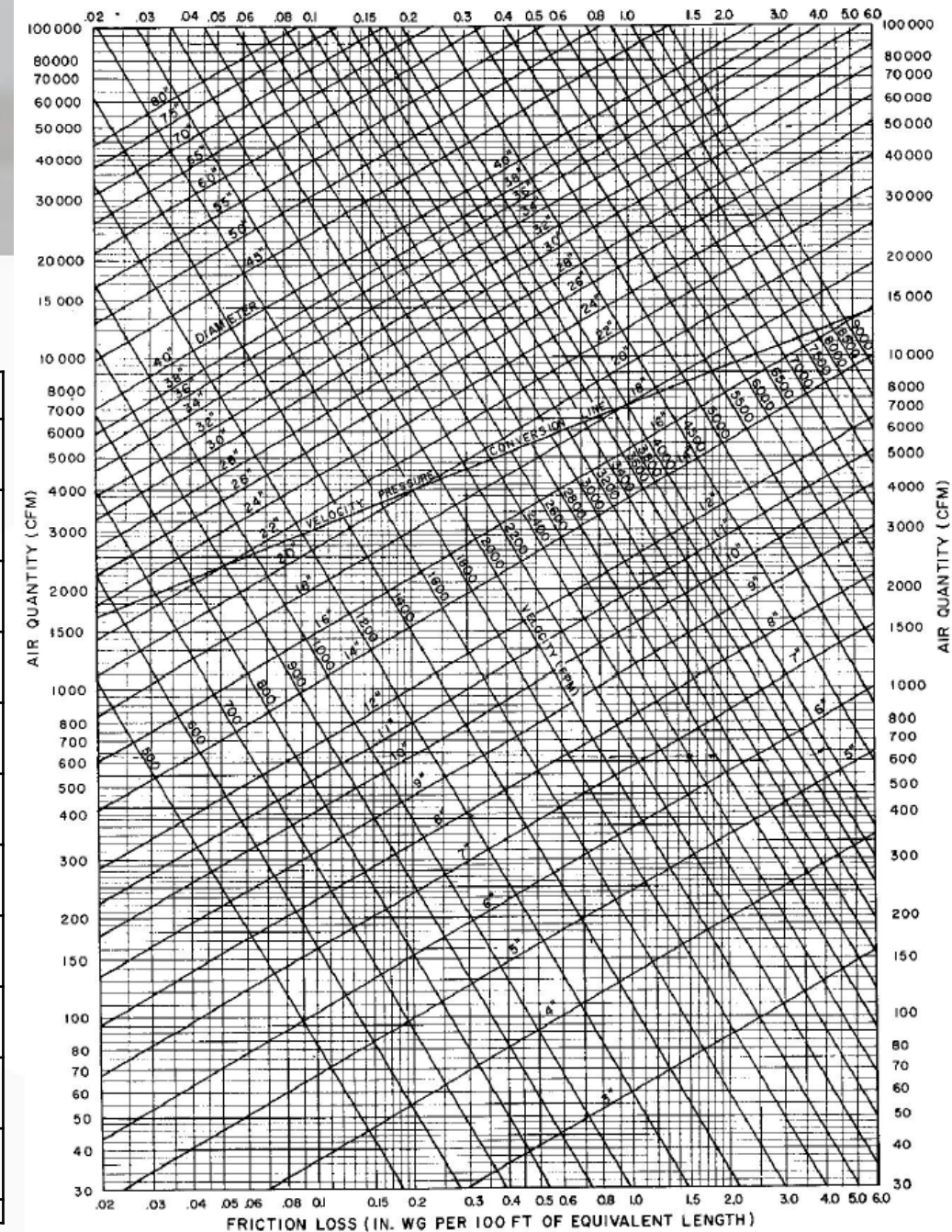


Figura 11. Grafico de dimensionamiento 21

Análisis de precio unitario y conformación de propuesta económica.

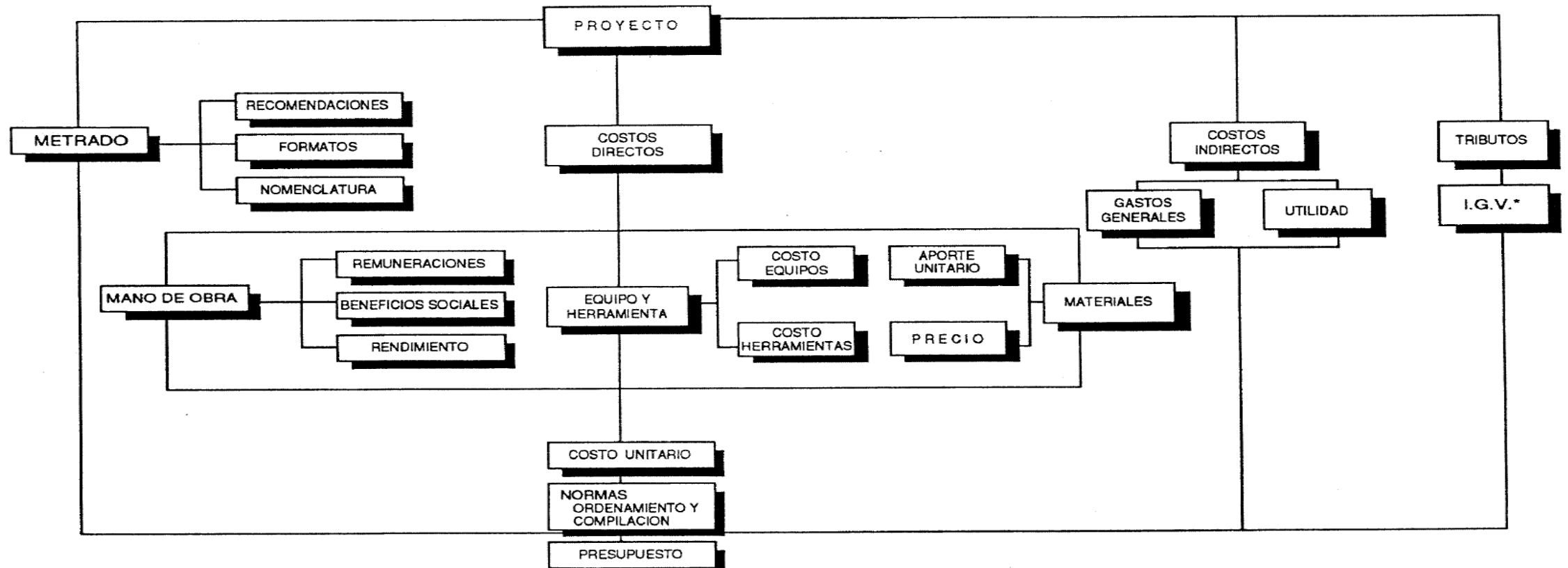
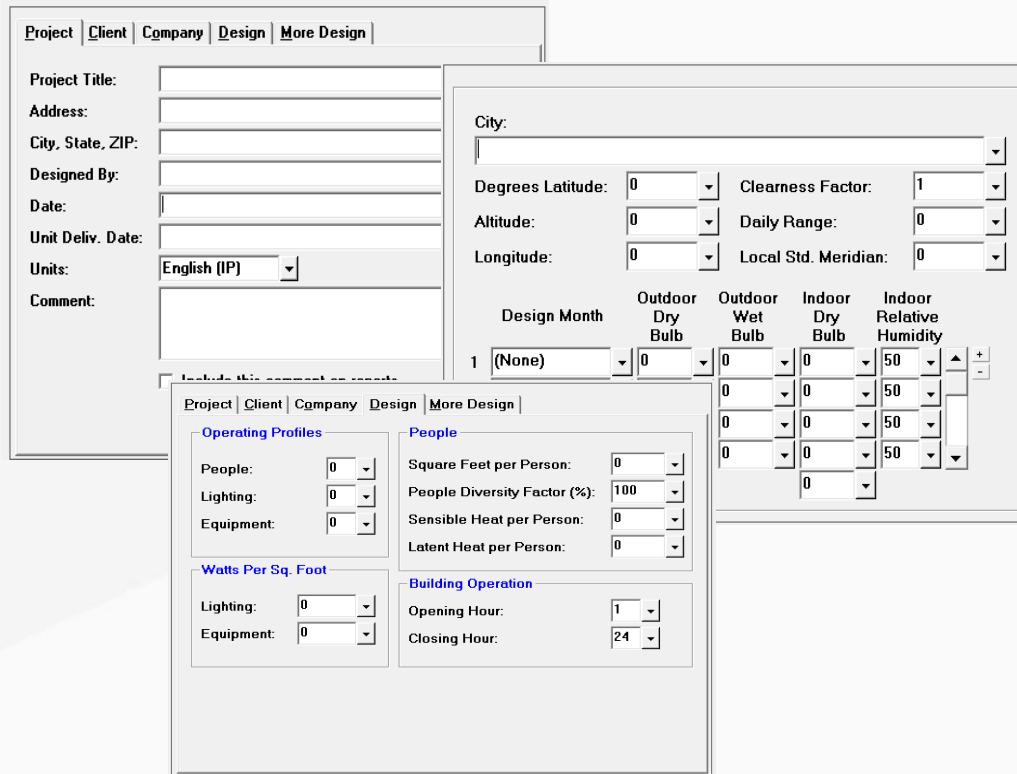


Figura 12. Esquema general de elaboración de un presupuesto de obra. [39]

Desarrollo metodológico para el diseño, selección y presupuesto de sistemas de aire acondicionado con tecnología tipo Chiller condensado por aire.

Desarrollo metodológico de cálculo de carga térmica basado en el modelo CLTD (Cooling load temperature difference) a través del Software ELITE CHVAC

Diseño de sistemas de aire acondicionado tipo Chiller condensado por aire a través de la utilización de herramientas computacionales, incluye cálculo de sistema de distribución de agua, selección de bomba, configuración de unidades terminales manejadoras de aire y sistemas de control.



Project | Client | Company | Design | More Design

Project Title: _____
 Address: _____
 City, State, ZIP: _____
 Designed By: _____
 Date: _____
 Unit Deliv. Date: _____
 Units: English (IP)
 Comment: _____

City: _____
 Degrees Latitude: 0
 Altitude: 0
 Longitude: 0
 Clearness Factor: 1
 Daily Range: 0
 Local Std. Meridian: 0

Design Month	Outdoor Dry Bulb	Outdoor Wet Bulb	Indoor Dry Bulb	Indoor Relative Humidity
1 (None)	0	0	50	50

Operating Profiles

People: 0
 Lighting: 0
 Equipment: 0

Watts Per Sq. Foot

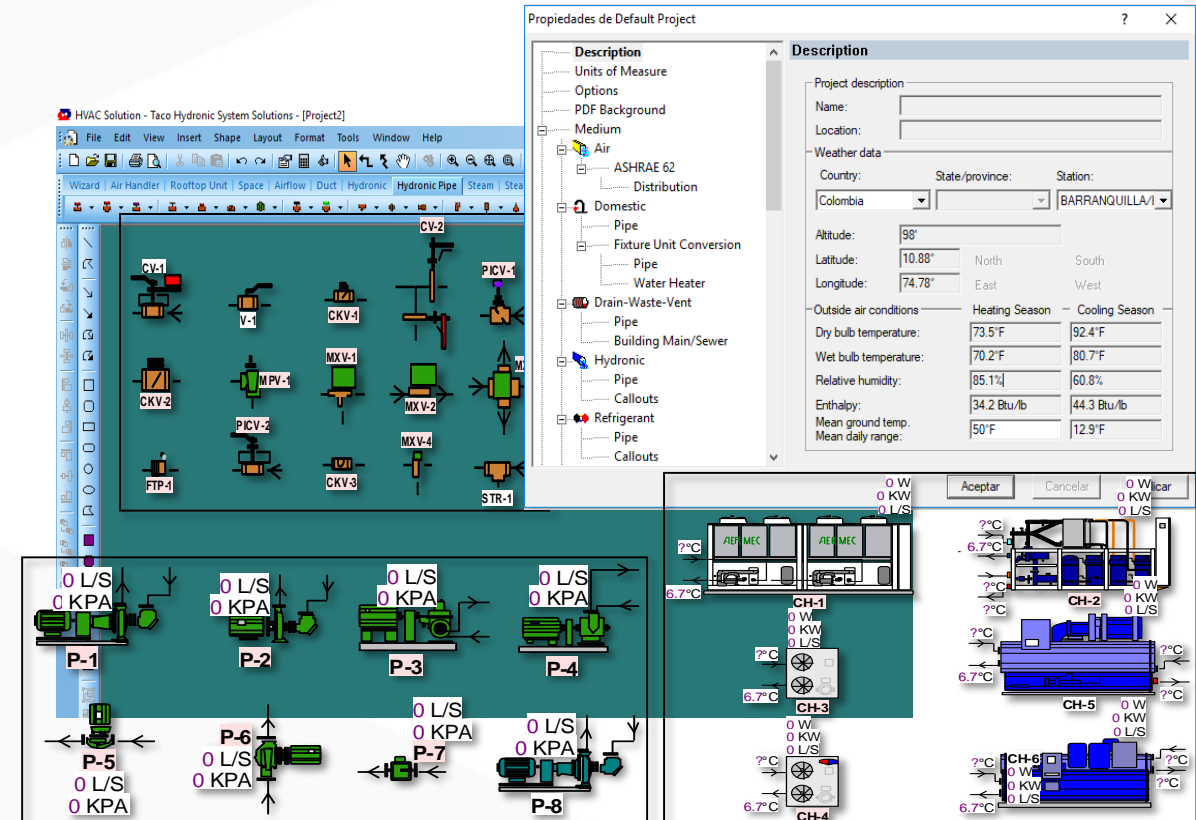
Lighting: 0
 Equipment: 0

People

Square Feet per Person: 0
 People Diversity Factor (%): 100
 Sensible Heat per Person: 0
 Latent Heat per Person: 0

Building Operation

Opening Hour: 1
 Closing Hour: 24



Desarrollo metodológico para el diseño, selección y presupuesto de sistemas de aire acondicionado con tecnología tipo Chiller condensado por aire.

- Configuración de unidades terminales manejadoras de aire y sistemas de control.

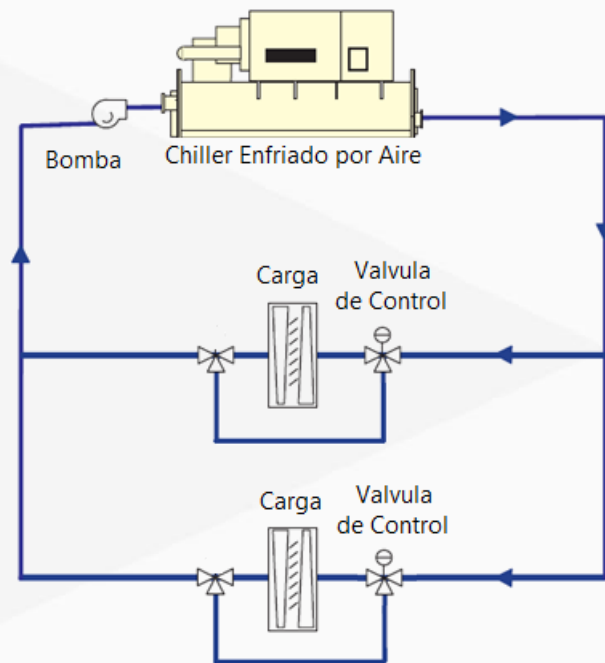


Figura 15. Esquema Básico de un sistema primario con Chiller condensado por aire. [47]

Agua helada (u otro refrigerante secundario)	Flujo	Agua condensada	Flujo
	Presión de entrada		Presión de entrada
	Temperatura de entrada		Temperatura de entrada
	Presión de salida		Presión de salida
	Temperatura de salida		Temperatura de salida
Evaporador	Presión de refrigerante	Condensador	Presión de refrigerante
	Temperatura de refrigerante		Temperatura de refrigerante
Aceite	Nivel	Refrigerante	Nivel
	Presión		Temperatura de descarga del compresor
	Temperatura		Temperatura de succión del compresor
	Adicional		Adicional (en registro de refrigerante)
	Niveles de vibración		Nivel de monitor del refrigerante
Purgue	Tiempo de escape	Registros	Datos de fecha y tiempo
	Conteo de descarga		Firma del revisor
Temperatura ambiente	Bombillo seco	Motor	Amperios por fase
	Bombillo húmedo		Voltios por fase

Tabla 5. Puntos de monitoreo recomendados por el Standard 147 de la ASHRAE

Desarrollo metodológico para el diseño, selección y presupuesto de sistemas de aire acondicionado con tecnología tipo Chiller condensado por aire.

- **Desarrollo metodológico para el diseño del sistema de distribución de aire y selección de unidades terminales, incluye sistema de control.**

1. Diseño de ductería con DUCTSIZER McQuay a través del método de caída de presión constante

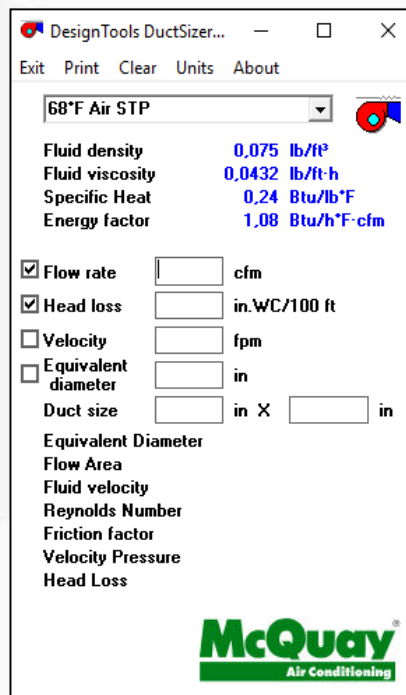


Figura 16. Interface de trabajo, Design Tools Ductsizer version 6.4, By McQuay International.

2. Configuración de unidades terminales para la distribución de aire.

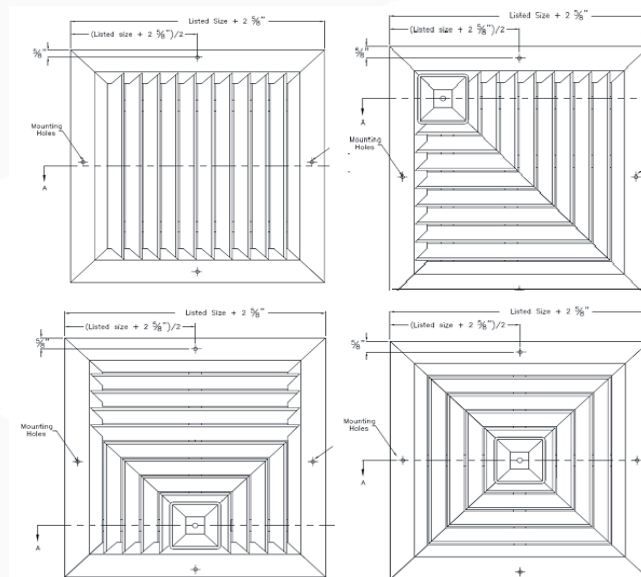


Figura 17. Difusores rectangulares de 1, 2, 3 y 4 vías

- Paso 1:**
Verificar el criterio de ruido máximo y la velocidad de cuello según la aplicación.
- Paso 2:**
Determinar los CFM máximos por difusor y por tamaño de difusor.
- Paso 3:**
Seleccionar el difusor que mejor se adapte al ducto

Desarrollo metodológico para el diseño, selección y presupuesto de sistemas de aire acondicionado con tecnología tipo Chiller condensado por aire.

- Diseño de una hoja de cálculo para el análisis de precios unitarios y cálculo de cantidades de un sistema de aire acondicionado con Chiller condensado por aire

Figura 18. Formato Desarrollado de Análisis de Precios Unitarios. Implementado en Industrias De Refrigeración Hiver SAS.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS INDUSTRIAS DE REFRIGERACION HIVER S.A.S COSTO DIRECTO				
ITEM:		ITEM No.	UNIDAD	
Descripción del Item		1.1	UND	
I. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	Und	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. PARCIAL
	Und	1,000		\$ 0
				\$ -
II. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	Und	RENDIM.	PRECIO UNIT.	VR. PARCIAL
				\$ -
SUBTOTAL				\$ -
III. Transporte, EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	Und	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. PARCIAL
Herramientas Menores	Und	1,000	\$ 0	\$ 0
				\$ -
SUBTOTAL				\$ -
n n COSTO UNITARIO TOTAL				\$ -

EURO	N_A
TRM	
IVA	
MARGEN EQUIPOS	
MARGEN MATERIAS PRIMAS	
MARGEN MANO DE OBRA	
MARGEN OUTSOURCING	
F. I	

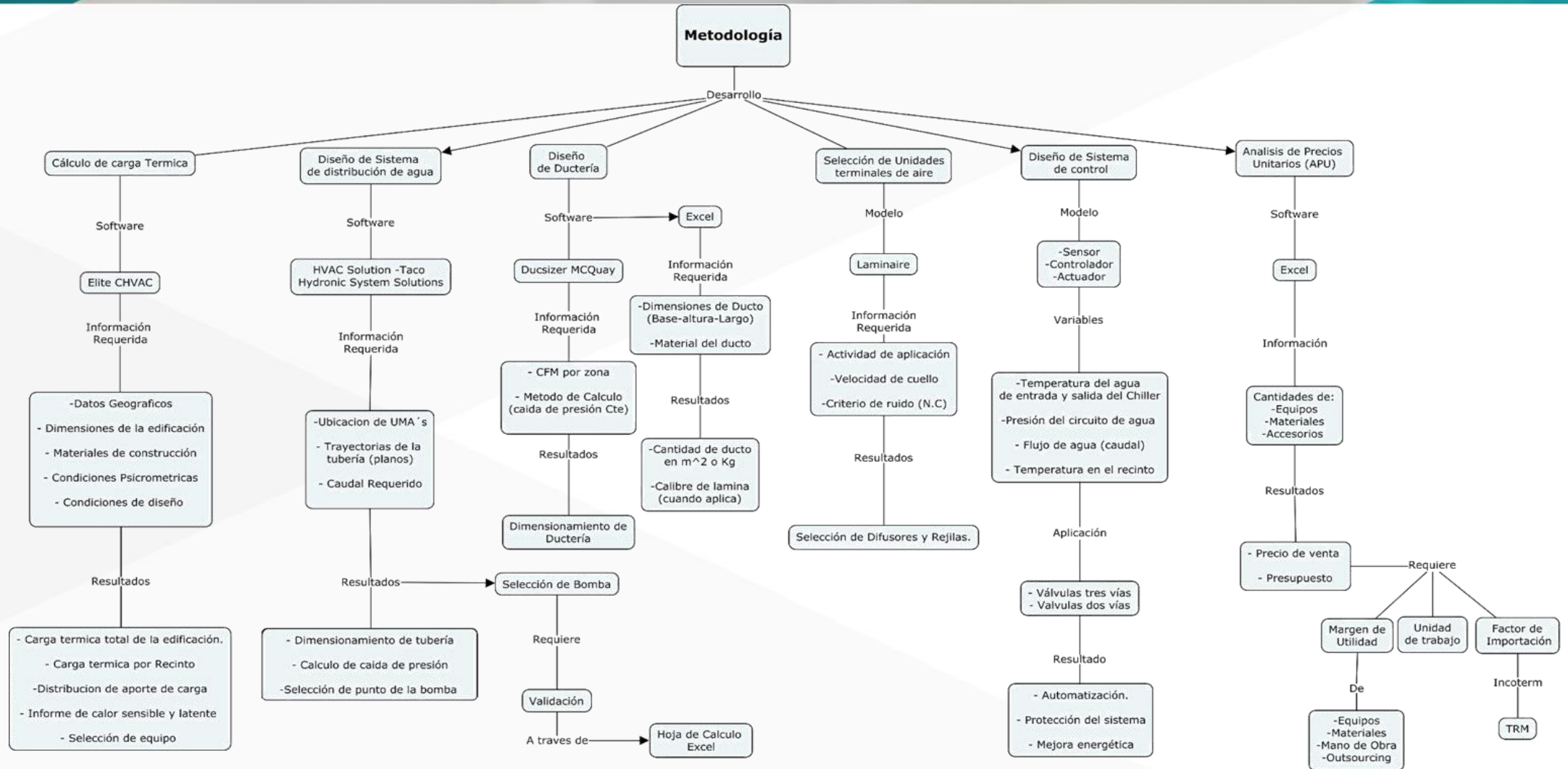
Tabla 6. Variables económicas para el desarrollo del presupuesto final.

OFERTA ECONÓMICA					
NOMBRE DE LA EMPRESA					
FORMULARIO DE CANTIDADES					
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE AA TIPO CHILLER CONDENSADO POR AIRE					
ITEM	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	DATOS GENERALES			
	TIPO DE SISTEMA	Fecha Emisión			
	TIPO DE CONDENSACION	Lugar			
	TIPO DE COMPRESOR	Validez oferta			
	MARCA EQUIPOS	Moneda			
	REFRIGERANTE	Ofertado a:			
	CAPACIDAD TONELADAS DE REFRIGERACION	Realizado por:			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VLR. UNITARIO	VLR. TOTAL
1 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS \$ -					
1,1		Und			\$ -
1,2		Und			\$ -
1,3		Und			\$ -
1,4		Und			\$ -
2 ACCESORIOS DE INSTALACIÓN \$ -					
2,1		Und			\$ -
2,2		Und			\$ -
2,3		Und			\$ -
2,4		Und			\$ -
3 INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN \$ -					
3,1		Und			\$ -
COSTO DIRECTO \$ -					
				IVA	19%
				\$	-
TOTAL PROYECTO \$ -					

Figura 19. Formulario Base de Cantidades o Métricos. (Propio)

El APU (Análisis de Precios Unitarios) es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresado en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio. También es una unidad dentro del concepto "Costo de Obra", ya que una Obra puede contener varios presupuestos [55]. Es decir, el APU permitirá someter a estudio el costo de la implementación de una obra o servicio, teniendo en cuenta factores de Equipos, materia prima, mano de obra, outsourcing y el margen de utilidad para cada uno de ellos.

METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN CON CHILLER CONDENSADO POR AIRE.



Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo de carga térmica a través del método CLTD, con asistencia del Software ELITE CHVAC.

Descripción	Materiales de Construcción
Techo	Bloque de concreto de 4"
Paredes	Bloque de 4", repello de 4"
Vidrios	Vidrio de 0,4 de emisividad
Particiones	Paredes de Superboard

Tabla 7. Materiales de construcción de la edificación, estudio de caso.

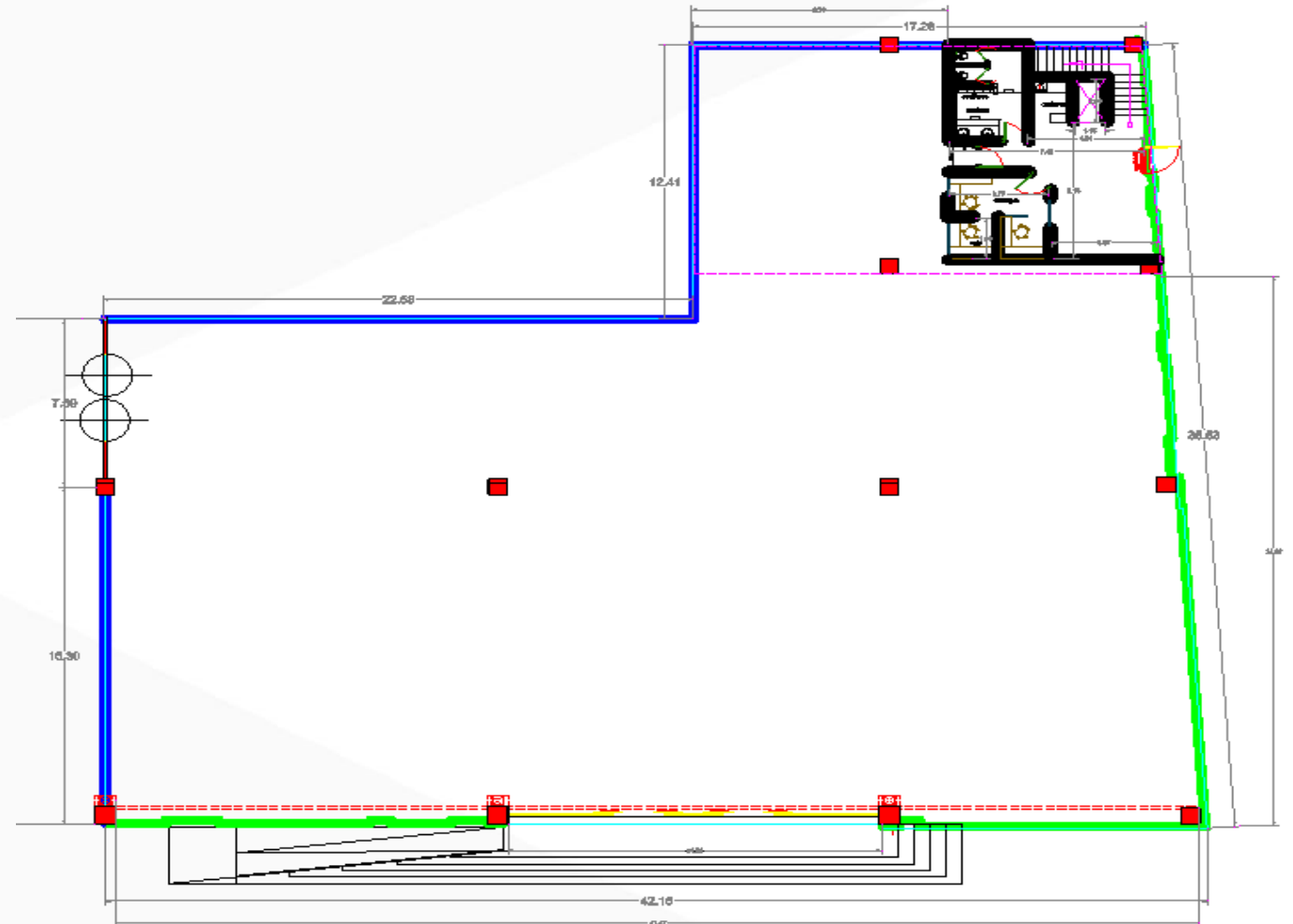


Figura 21. Esquema de la configuración de la Edificación para el estudio de caso.

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo de carga térmica a través del método CLTD, con asistencia del Software ELITE CHVAC.

Para el cálculo de carga térmica se tomó en cuenta las condiciones ambientales y Psicrométricas de la ciudad de Barranquilla. La temperatura interna de diseño fue de 22°C (71,6°F), con una humedad relativa de 50%. La temperatura de bulbo seco para la ciudad de barranquilla se tomó de acuerdo con la distribución dada para los meses con mayor sensación térmica. Siguiendo figura muestra el comportamiento histórico climático de barranquilla para los diferentes meses del año

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	26.6	26.9	27.2	27.6	28.4	28.5	28.2	28.4	28.4	28	27.9	27.6
Temperatura min. (°C)	23	23.1	23.4	23.9	24.5	24.5	24.4	24.4	24.4	24.1	24.1	23.9
Temperatura máx. (°C)	30.2	30.7	31	31.4	32.3	32.5	32.1	32.4	32.5	31.9	31.7	31.3
Temperatura media (°F)	79.9	80.4	81.0	81.7	83.1	83.3	82.8	83.1	83.1	82.4	82.2	81.7
Temperatura min. (°F)	73.4	73.6	74.1	75.0	76.1	76.1	75.9	75.9	75.9	75.4	75.4	75.0
Temperatura máx. (°F)	86.4	87.3	87.8	88.5	90.1	90.5	89.8	90.3	90.5	89.4	89.1	88.3
Precipitación (mm)	1	0	1	12	79	79	49	86	154	192	93	21

Figura 22. Datos Históricos del Tiempo - Barranquilla

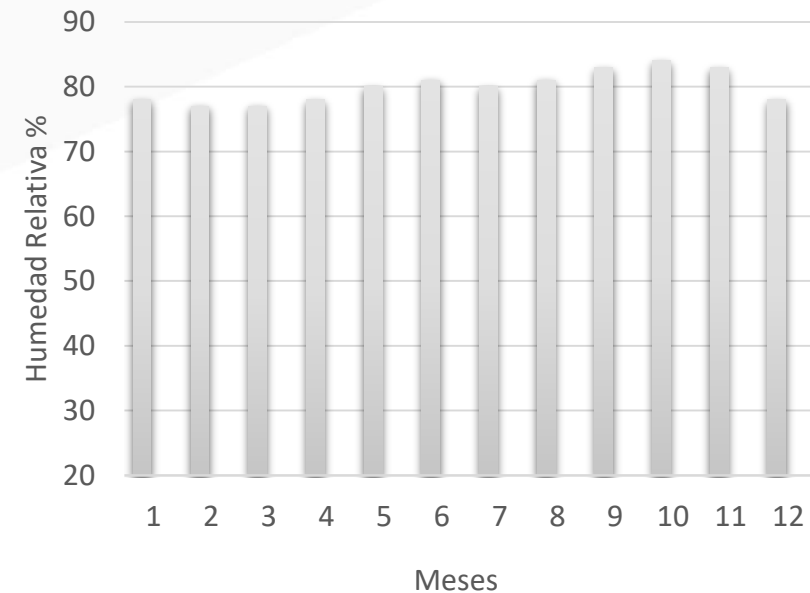


Figura 23. Promedio Multianual de la Humedad Relativa para la ciudad de Barranquilla [56]

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo de carga térmica a través del método CLTD, con asistencia del Software ELITE CHVAC.

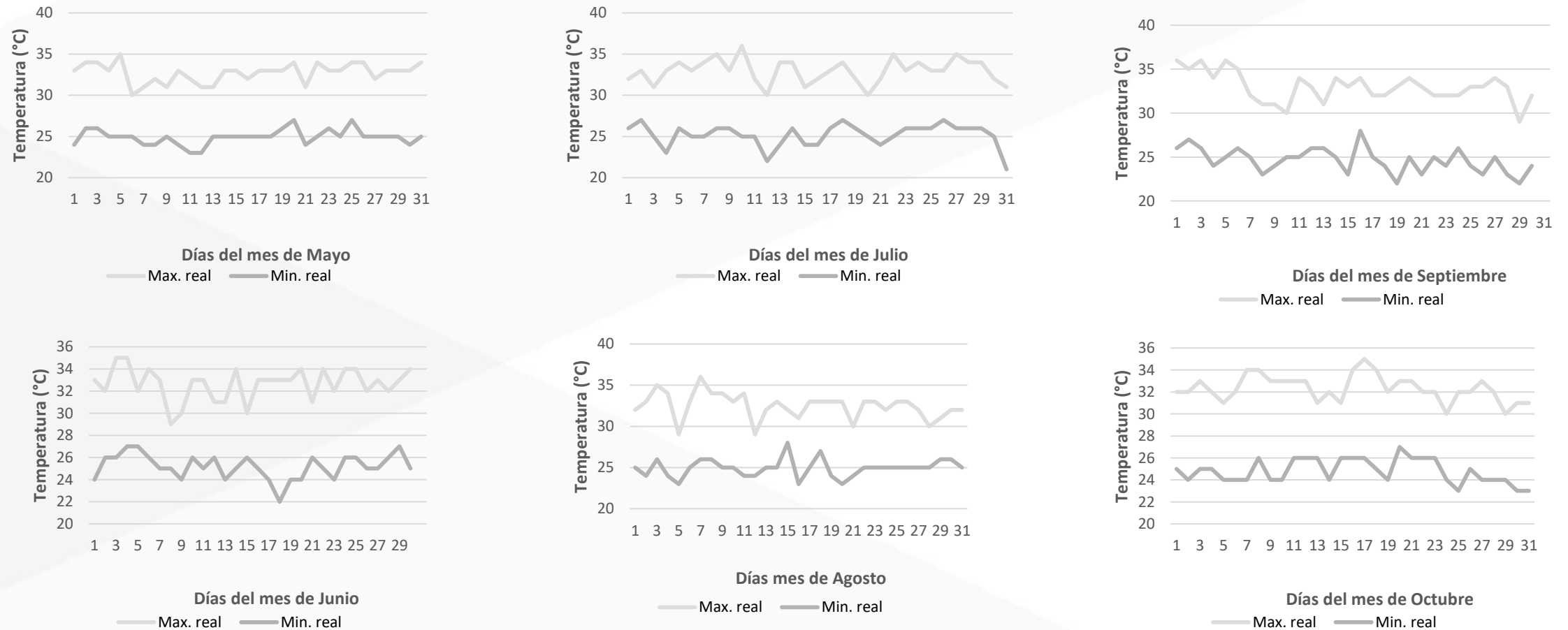


Figura 24. Comportamiento de la temperatura de bulbo seco Ambiental de Barranquilla para los meses que comprenden desde Mayo hasta Octubre.

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo de carga térmica a través del método CLTD, con asistencia del Software ELITE CHVAC.

- De los gráficos anteriores, se toma la temperatura máxima registrada en cada mes y la humedad relativa. Estas propiedades permitirán a través de la carta psicrométrica hallar la temperatura de bulbo seco correspondiente para cada mes evaluado, como se puede observar en la siguiente tabla.



Mes	Dia	Temperatura B.S Max. °C	Temperatura B.S Max. °F	Humedad Relativa %	Temperatura Bulbo Húmedo °F
Mayo	5	35	95	80	89.2
Junio	3	35	95	81	89.5
Julio	10	36	96.8	80	90.9
Agosto	7	36	96.8	81	91.2
Septiembre	1	36	96.8	83	91.8
Octubre	17	35	95	84	90.4

Tabla 8. Datos de temperatura y humedad relativa para los diferentes meses utilizados en el cálculo de carga térmica.

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo de carga térmica a través del método CLTD, con asistencia del Software ELITE CHVAC.

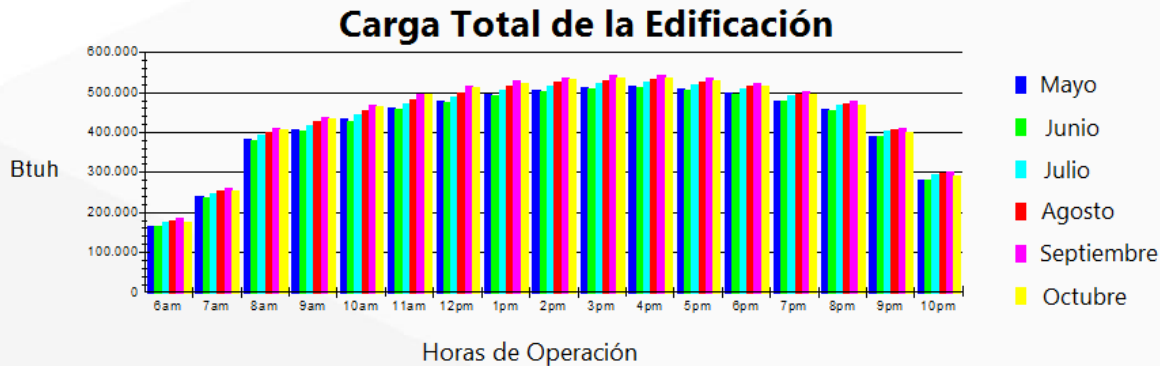


Figura 25. Comparación de la carga térmica total para le edificación en los meses críticos del año, para la ciudad de Barranquilla.

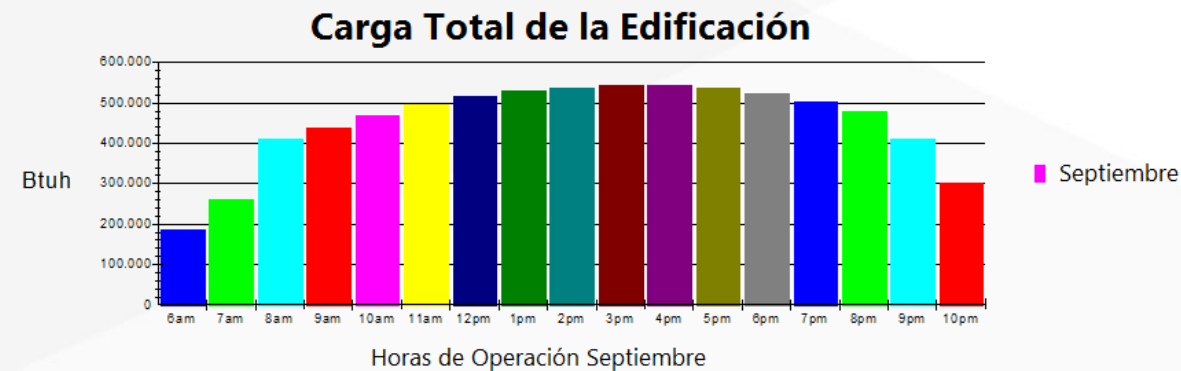


Figura 27. Comportamiento de la carga térmica total para un día típico del mes de septiembre. Obtenido de ELITE CHVAC versión 7.01.269

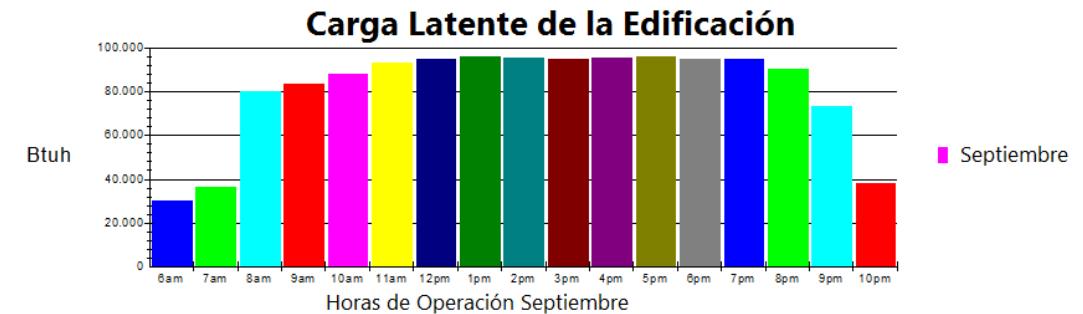
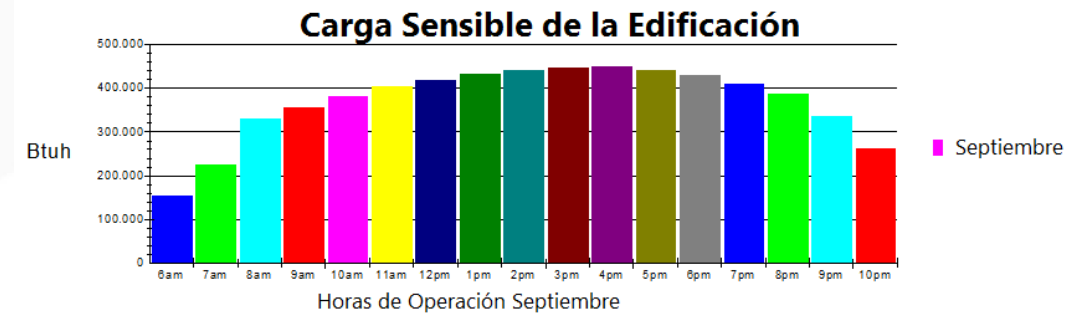


Figura 26. Comportamiento de la carga térmica sensible y latente en un día típico del mes de septiembre para el caso de estudio.

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo de carga térmica a través del método CLTD, con asistencia del Software ELITE CHVAC.

Description	1am	2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm	8pm	9pm	10pm	11pm	12am
1 PEOPLE	0	0	0	0	0	0	10	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	70	0	0	0
2 LIGHTING	50	50	50	50	50	50	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	50	50
3 EQUIPMENT	0	0	0	0	0	0	20	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	70	30	0	0
4	0	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Figura 28. Perfil de operación de diseño para el estudio de caso.

100%
545.432 BTUH

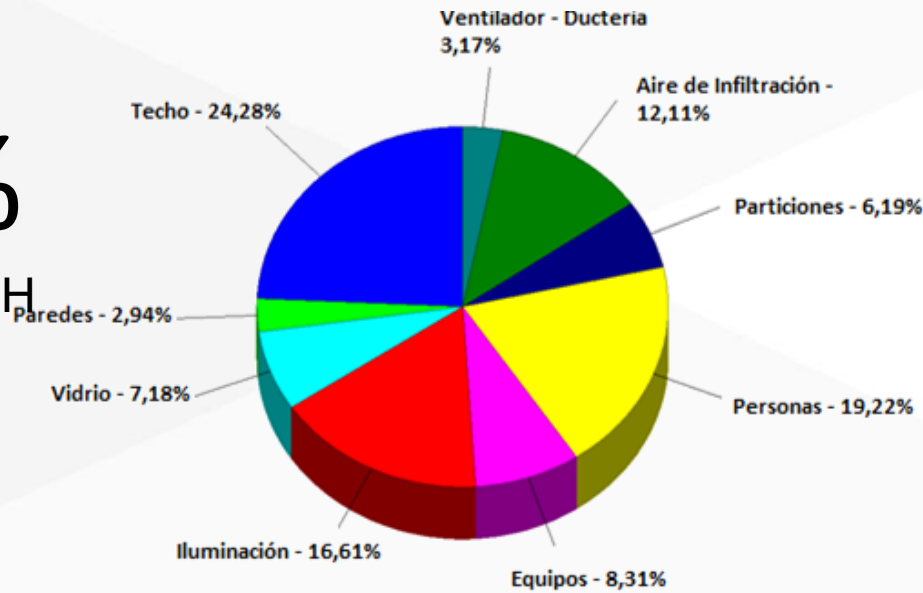
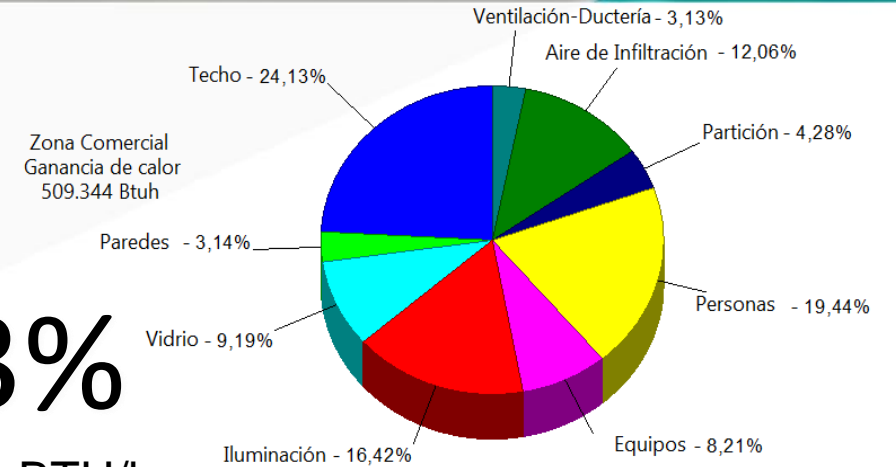


Figura 30. Grafica de distribución de carga térmica. Obtenido de ELITE CHVAC versión 7.01.269

93%
509.344 BTU/h



7%
36.009 BTU/h

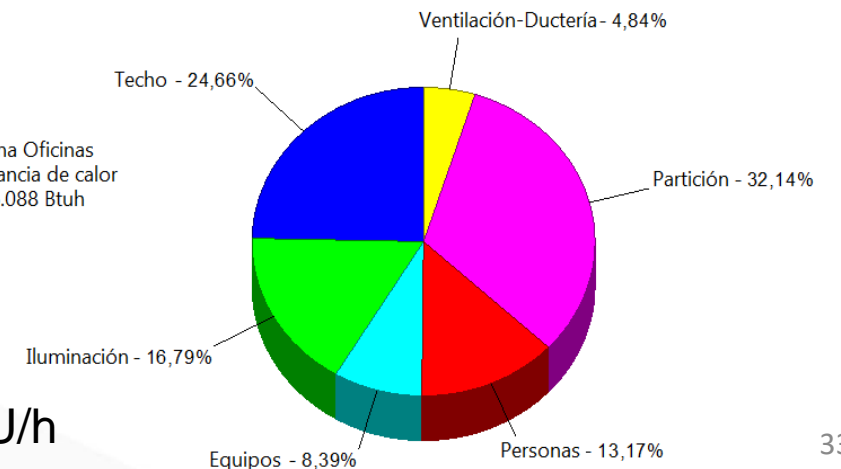


Figura 29. Distribución de la carga Térmica por zonas. Obtenido de ELITE CHVAC versión 7.01.269

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo del sistema de distribución a agua, a través de Driflight, Autocad MEP, Taco Hydronic System Solutions y Validado a través de una hoja de cálculo de Excel.

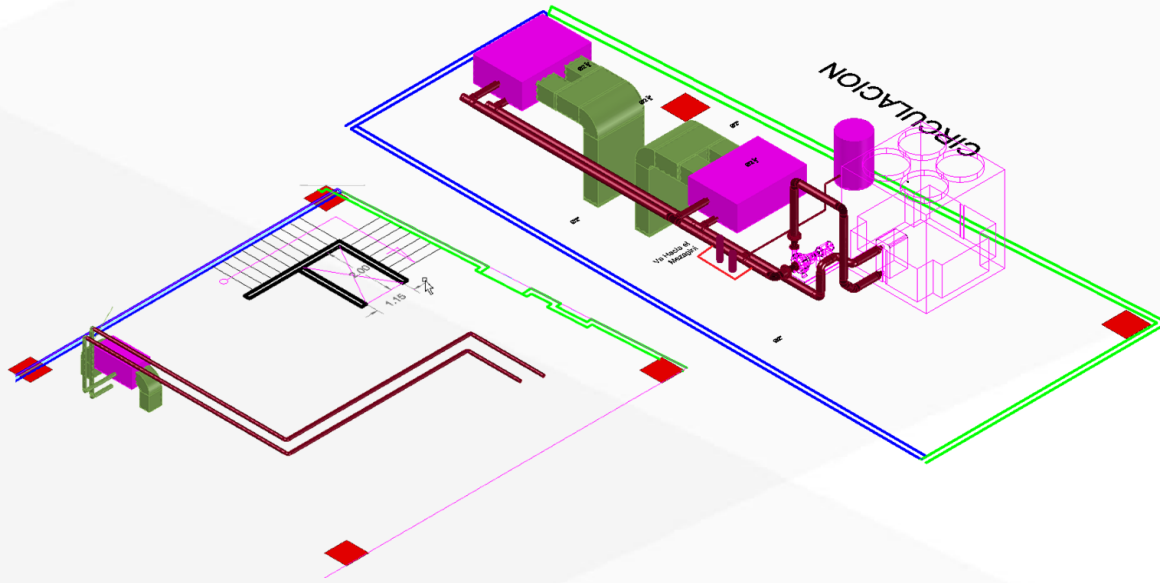


Figura 31. Simulación de configuración del sistema en estudio. Obtenido de Taco Hydronic System Solutions 9.0.1

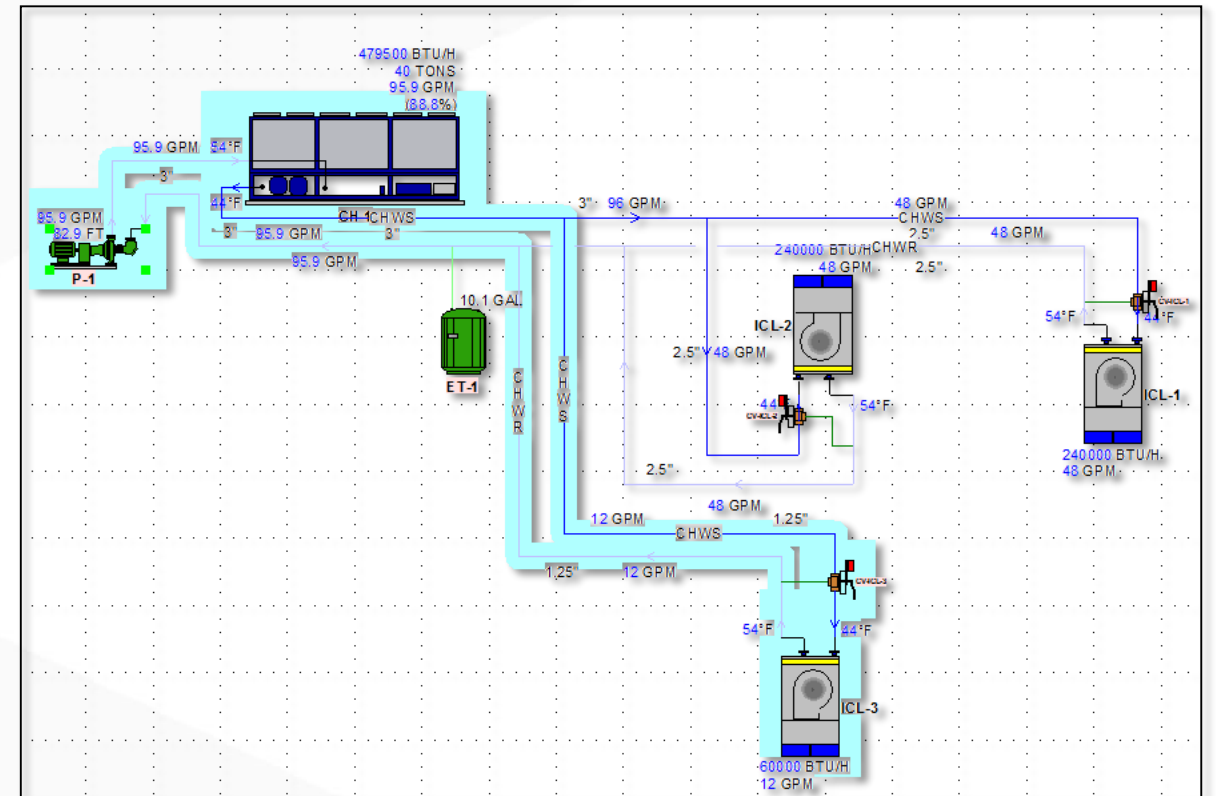


Figura 32. Trayectoria con mayor caída de presión para selección del punto de operación de la bomba. Obtenido de Taco Hydronic System Solutions 9.0.1

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo del sistema de distribución a agua, a través de Driflight, Autocad MEP, Taco Hydronic System Solutions y Validado a través de una hoja de cálculo de Excel.

Descripcion	Q (m3/s)	Dint Cal (mm)	Dint Cat (mm)	V (m/s)	L (ML)	Re	f	H (MCA)
TUBERÍA 3"	0,0060566	71,7	80,42	1,19	20	73367,1	0,022	0,3965
TUBERÍA 2,5"	0,0030283	50,7	65,07	0,91	26	45337,2	0,024	0,4053
TUBERÍA 1"	0,0007570	25,4	30,2	1,06	70	24421,3	0,027	3,5631
TOTAL								4,36491

Tabla 9. Cálculo de caída de presión en Tuberías- Perdidas primarias para el estudio de caso.

Accesorio	Cant.	V (m/s)	D (pulg)	L.equi	Re	f	H (MCA)
Tee	2	1,19237463	3	1,016	66365,7	0,0220	0,0446
Tee	6	0,91064531	2,5	1,016	40526,9	0,0240	0,1064
Tee	2	1,05690753	1	1,016	30316,7	0,0270	0,0834
Codos	6	1,19237463	3	1,016	66365,7	0,0220	0,1337
Codos	10	0,91064531	2,5	0,762	40526,9	0,0240	0,1330
Codos	14	1,05690753	1	0,762	30316,7	0,0270	0,4379
TOTAL							0,93902878

Tabla 10. Perdidas secundarias por codos y tees para el estudio de caso.

Accesorio	Cant.	V (m/s)	D (pulg)	VC (m2/s)	K	H (MCA)
Reducción Bushing	2	1,19	3 a 2,5	0,000001512	0,240	0,034680000
Reducción Bushing	2	1,19	2,5 a 2	0,000001512	0,240	0,034680000
Reducción Bushing	2	1,5	2 a 1,5	0,000001512	0,270	0,061989796
Reducción Bushing	2	1,05	1 a 1,5	0,000001512	0,270	0,030375000
TOTAL						0,161724796

Tabla 11. Perdidas secundarias por Reducciones para el estudio de caso.

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo del sistema de distribución a agua, a través de Driflight, Autocad MEP, Taco Hydronic System Solutions y Validado a través de una hoja de cálculo de Excel.

Accesorio	Cantidad	H (FT H2O)	H (MCA)
Válvula de Bola	2	0,20	1,4
Válvula ePIV	1	9,20	2,80
Válvula cheque	1	1,00	0,30
Válvula de control Tres Vías	1	6,90	2,10
Válvula Mariposa	3	1,20	0,37
Juntas	2	0,40	0,12
TOTAL		18,9	7,1

Tabla 12. Perdidas secundarias por válvulas mecánicas y válvulas de control para el estudio de caso.

Descripción	H (MCA)
Chiller 40TR	8,658536585
Manejadora 5TR	2,317073171
TOTAL	10,97560976

**Tabla 13. Caída de presión por equipos-
Extraída de catálogo de equipos Trane**

La suma de las caídas de presión primaria, secundaria y por equipos, será el resultado requerido para validar el cálculo emitido por el software Taco Hydronic Solution. La suma de los totales de caída de presión, es de 22.2 M.Ca, agregando un factor de seguridad de un 10%, tal cual como se había hecho con el valor arrojado por el software, se obtiene que la caída de presión es de 25.9 M.Ca.

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo del sistema de distribución aire, a través de Drifsight, Autocad MEP y Ductsizer.

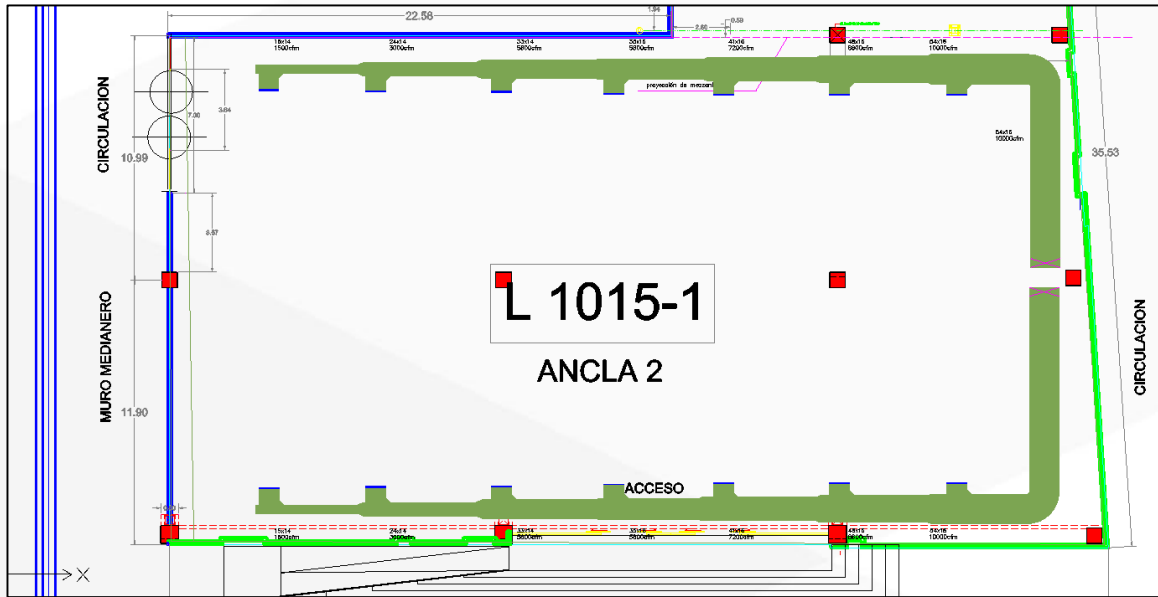


Figura 33. Diseño DWG de sistema de distribución de aire, Sala de ventas, caso de estudio.

Datos de Diseño UMA 20TRX2					Dimensionamiento	
TRAMO	Cauda Aire (CFM)	Caída De Presión in WC/100ft	Caída De Presión Corr in WC/100ft	Velocidad (FPM)	Ancho (In)	Alto (In)
1	10000	0,15	0,148	1945,5	54	16
2	8600	0,15	0,142	1846,3	48	16
3	7200	0,15	0,143	1776,5	41	16
4	5800	0,15	0,136	1649,9	35	16
5	4400	0,15	0,132	1527,9	33	14
6	3000	0,15	0,133	1394,7	24	14
Suministro	1500 (2)*	0,15	0,111	1096,3	15	14
Suministro	1400 (5)*	0,15	0,144	1197	15	12

Tabla 14. Datos de diseño y dimensionamiento de Ductos con software Ductsizer McQuay para la zona de ventas del caso de estudio.



Figura 34. Comportamiento de la velocidad del aire dentro del conducto de distribución de aire, Sala de ventas.

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo del sistema de distribución aire, a través de Drifsight, Autocad MEP y Ductsizer.

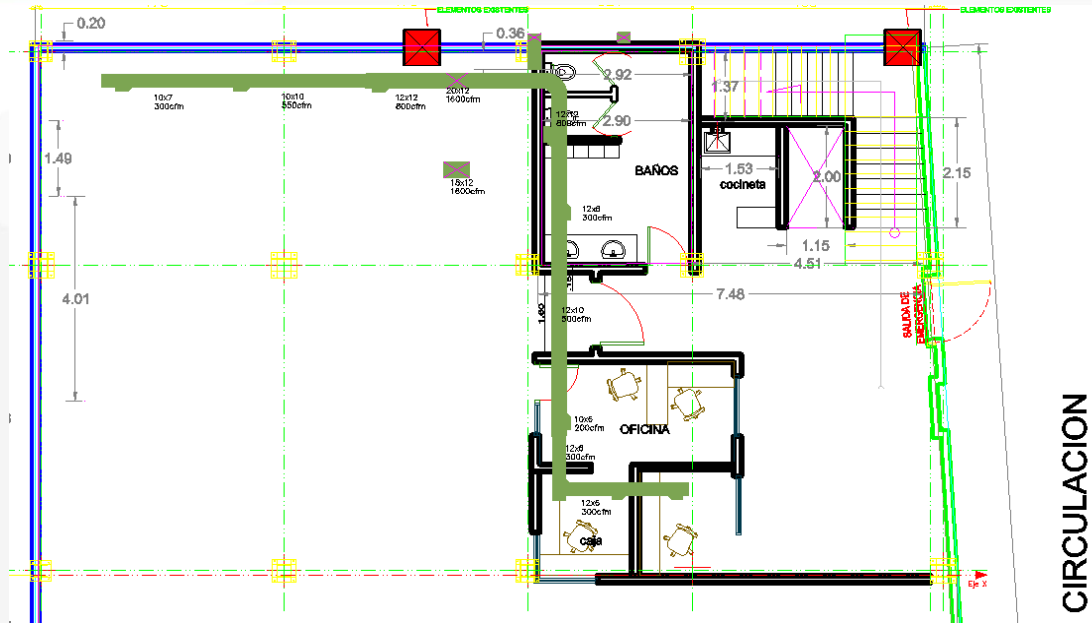


Figura 35. Diseño DWG de sistema de distribución de aire, Oficinas, caso de estudio.



Datos de Diseño UMA 4TR					Dimensionamiento	
TTAMO	Cauda Aire (CFM)	Caída De Presión in WC/100ft	Caída De Presión Corr in WC/100ft	Velocidad (FPM)	Ancho (In)	Alto (In)
1	1600	0,1	0,093	1039,5	20	12
2	800	0,1	0,087	852,3	12	12
3	550	0,1	0,1	843,8	10	10
4	300	0,1	0,1	710,2	10	7
5	800	0,1	0,087	852,3	12	12
6	600	0,1	0,08	768,7	12	10
7	300	0,1	0,1	710,2	10	7
Suministro	250 (2)	0,1	0,091	650	10	6
Suministro	300 (3)	0,1	0,1	710,2	10	7
Suministro	200	0,1	0,098	632,1	10	5

Tabla 15. Datos de diseño y dimensionamiento de Ductos con software Ductsizer McQuay para la zona de ventas del caso de estudio.

Figura 36. Comportamiento de la velocidad del aire dentro del conducto de distribución de aire, oficinas.

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo del sistema de distribución aire, a través de Drifsight, Autocad MEP y Ductsizer.

- Cálculo de cantidades de ductería para cada tramo Sala de Ventas (Estudio de caso)

TOTAL, LAMINA DE ACERO	m2	21.34
	Kg	120
Total, m2 con desperdicio	10%	23.46
Total, kg con desperdicio	10%	131.9
Número de Láminas	Und	16
TOTAL, AISLAMIENTO EXTERNO	m2	23.78
Total, m2 con desperdicio	10%	26.16
TOTAL, FIBRA DE VIDRIO	m2	377.96
Total, Fibra de Vidrio m2 con desperdicio	10%	415.76
Número de Láminas	Und	140

Tabla 16. Resumen de cantidades de Lamina de acero, Aislamiento térmico y Lamina de fibra de vidrio. Zona de Ventas del caso de estudio.

DUCTO	<SA> I/E/F	P M	W	H	L (ML)	CAL	AREA M2	A. EXTERNO M2	KG	CAL 22
UMA 1-2										
1	E	P	54	16	3	22	10,67	11,28	59,95	59,95
1	F	P	54	16	13	0	48,87	0	0	0
2	F	P	48	16	5,5	0	19	0	0	0
3	F	P	41	16	5,53	0	17,15	0	0	0
4	F	P	35	16	5,31	0	14,84	0	0	0
5	F	P	33	14	6	0	15,53	0		
6	F	P	24	14	5,84	0	12,46	0	0	0
Suministro	F	P	15	14	4,9	0	8,21	0	0	0
Suministro	F	P	15	12	9,8	0	15,43	0	0	0
Retorno	F	P	30	30	5	0	16,26	0	0	0

Tabla 17. Calculo de cantidades de ductería en m² para Lamina de Fibra de Vidrio y en Lamina galvanizada

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para el cálculo del sistema de distribución aire, a través de Drifisight, Autocad MEP y Ductsizer.

- Calculo de cantidades de ductería para cada tramo Oficinas (Estudio de caso)

DUCTO	<SA> I/E/F	<P> M	W (In)	H (In)	L (Ml)	CAL	AREA M2
UMA 3	0						
1	F	P	20	12	3,00	0	5,49
2	F	P	12	12	1,50	0	2,13
3	F	P	10	10	2,70	0	3,29
4	F	P	10	7	2,70	0	2,88
5	F	P	12	12	8,60	0	12,23
6	F	P	12	10	2,50		3,30
7	F	P	10	7	1,50	0	1,60
Suministro	F	P	10	7	0,60	0	0,64
Suministro	F	P	10	6	0,30	0	0,21
Suministro	F	P	10	5	0,30	0	0,29
Retorno	F	P	15	15	2,00	0	3,45
						TOT AL	36,23

Tabla 18. Calculo de cantidades de ductería en m^2 para Lamina de Fibra de Vidrio

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para la selección de unidades terminales del sistema de distribución aire.

Descripción	Caudal (CFM)	Velocidad Max (FPM)	Criterio de ruido (N.C)	Tipo	Dimensionamiento
Suministro Sala Ventas	1500 (4)*	600	45	Difusor de pared	36X12
Suministro Sala Ventas	1400 (10)*	600	45	Difusor de pared	36X12
Suministro Oficina	250 (2)*	500	30	Difusor de techo 1 vía	8X8
Suministro Oficina	300 (3)*	500	30	Difusor de techo 1 vía	10X10
Suministro Oficina	200	500	30	Difusor de techo 1 vía	8X8

Tabla 19. Selección de difusores de suministro de acuerdo a parámetros de diseño.

APLICACIÓN	COMENTARIOS	RANGO DE N.C.	VELOCIDAD DE CUELLO (FPM)
Biblioteca	Extremadamente quieto, con niveles de ruidos bajos.	25	400
Salón de estudios			
Salón Musical			
Residencias	Lugares tranquilos	30	500
Teatros			
Librerías			
Oficinas			
Cuartos de Hotel	Niveles de ruido para espacio con volumen de personas	35	550
Iglesias			
Hospitales			
Recintos			
Colegios			
Comedor	Niveles de ruido moderadamente bajos	40	550
Laboratorios			
Salón de estar			
Lobbies	Que permita una conversación privada	45	600
Recepción			
Tiendas Al por menor			
Fabricas	Niveles de ruido altos	50	700
Cuarto de maquinas			
Sala de computación			

Tabla 20. Criterios de Ruido y Velocidades recomendadas en cuello de difusores de suministro. [54]

Resultado de la Implementación de la metodología desarrollada para la selección de unidades terminales del sistema de distribución aire.

Descripción	Caudal (CFM)	Velocidad (FPM)	Tipo	Dimensionamiento
Retorno Sala Ventas UMA 1	2500 (4)*	1000-1500	Rejilla Retorno	22X22
Retorno Sala Ventas UMA 2	2400 (4)*	1000-1500	Rejilla Retorno	22X22
Retorno Oficina	1600	1000-1500	Rejilla Retorno	24X12

Tabla 21. Selección de rejillas de retorno

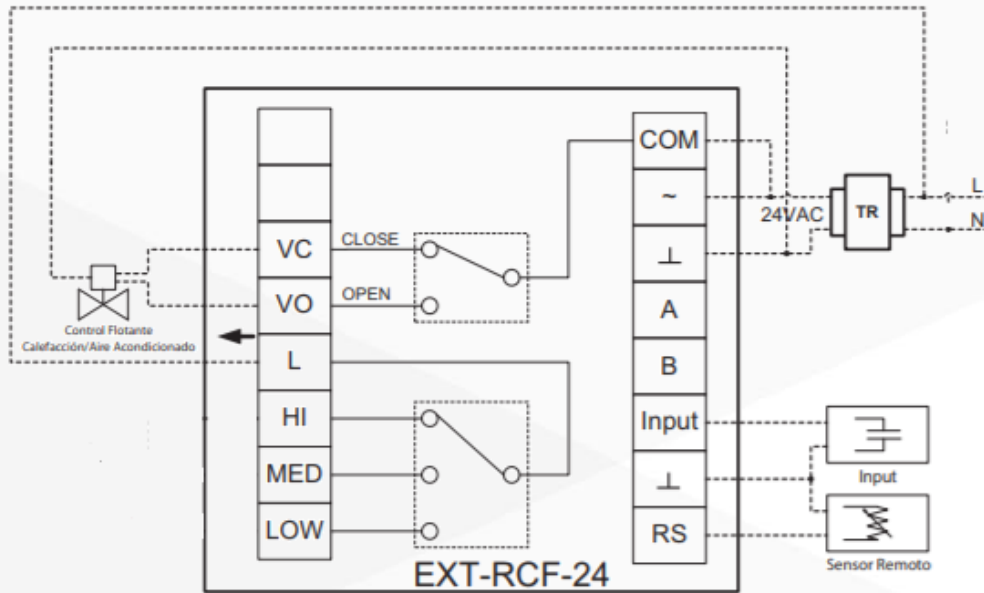


Figura 37. Esquema eléctrico del dispositivo de mando del sistema de control. [61]

Controlador On/Off, activado por una señal de temperatura, recopilada de un sensor de bulbo, ubicado en el ducto de retorno de cada manejadora. Este sensor remoto, tal como se muestra, toma la señal de temperatura y la codifica en señales de control, permitiendo al controlador, tomar la decisión de abrir o cerrar el circuito que controla la válvula electrónica de tres vías.

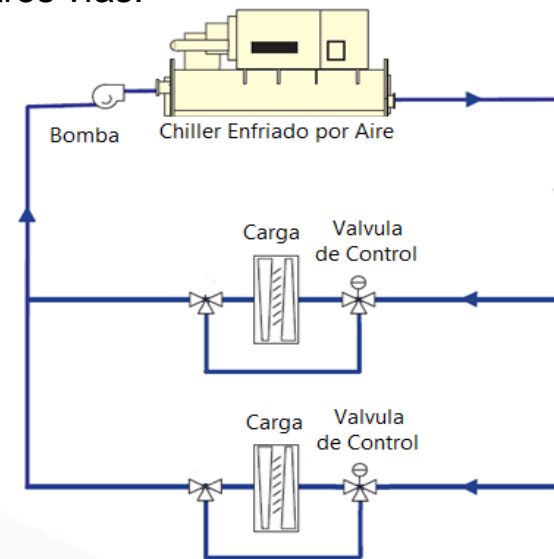



Figura 38. Esquema Básico de un sistema primario con Chiller condensado por aire. [47]

Resultado de la Implementación del análisis de precios unitarios en la elaboración de la oferta económica del estudio de caso.

 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS INDUSTRIAS DE REFRIGERACION HVER S.A.S COSTO DIRECTO					
ÍTEM:					
Ducto en Lamina de fibra de Vidrio Doble Foil				ÍTEM No.	UNIDAD
				3,1	m2
I. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	Und	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. PARCIAL	
Lamina de Fibra de DOBLE FOIL	M2	1,00	\$ 55.000	\$ 55.000	
Tiros de fijación	Und	2,00	\$ 350	\$ 700	
Angulo Dry Wall	M	1,04	\$ 3.400	\$ 3.536	
Cinta Foil	Rollo	0,10	\$ 30.000	\$ 3.000	
Goma boxer	Gal	0,03	\$ 47.000	\$ 1.410	
Bolsas Negras	Und	0,10	\$ 670	\$ 67	
SUBTOTAL					\$ 63.713
II. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	Und	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. PARCIAL	
Mano de obra Instalación	M2	1,000	\$ 22.670	\$ 22.670	
SUBTOTAL					\$ 22.670
III. Transporte, EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
DESCRIPCIÓN	Und	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	VR. PARCIAL	
Herramientas menores	Gl	1,000	\$ 3.023	\$ 3.023	
SUBTOTAL					\$ 3.023
COSTO UNITARIO TOTAL					\$ 89.406

EURO	N_A
TRM	3100
IVA	19%
MARGEN EQUIPOS	25%
MARGEN MATERIAS PRIMAS	25%
MARGEN MANO DE OBRA	30%
MARGEN OUTSOURCING	30%
F. I	1

Tabla 23. Variables de la Oferta Económica.

Figura 39. Análisis de Precio Unitario para el ducto en lámina de fibra de vidrio Doble Foil, Formato HIVER SAS.

Figura 40. Propuesta Económica Final
-Estudio de caso

CASO DE ESTUDIO TESIS PROYECTO TIPO CHILLER FORMULARIO DE CANTIDADES SUMINISTRO E INSTALACION DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CHILLER CONDENSADO POR AIRE					
ITEM	DESCRIPCION DEL SISTEMA	DATOS GENERALES			
	TIPO DE SISTEMA	CHILLER	Fecha Emisión	8. julio 2018	
	TIPO DE CONDENSACION	AIRE	Lugar	Barranquilla- Atlántico	
	TIPO DE COMPRESOR	SCROLL	Validez Oferta	10 Días Calendario	
	MARCA EQUIPOS	N_A	Moneda	Pesos Colombianos (COP)	
	REFRIGERANTE	R 410A	Ofertado a	A quien Corresponda	
	CAPACIDAD TONELADAS DE REFRIGERACION UNIDADES EXTERIORES	40,00	Realizado por	Ing. Samir Cano Salcedo	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VLR. UNITARIO	VLR. TOTAL
1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS				
1,1	Chiller Condensado por Aire de 40 TR 220V/3FH/60HZ	Und	1	\$ 141.091.930	\$ 141.091.930
1,2	Unidad Manejadora de Aire Hidronica de 20 TR, 220V/3FH/60HZ	Und	2	\$ 16.696.350	\$ 33.392.700
1,3	Unidad Manejadora de Aire Hidronica de 5 TR, 220V/3FH/60HZ	Und	1	\$ 10.163.787	\$ 10.163.787
2	SISTEMA DE BOMBEO				
2,1	Bomba Centrifuga Para punto de operación 30MCA 96GPM	Und	1	\$ 9.074.690	\$ 9.074.690
2,2	Valvulas de compuerta de 3" Roscar, Incluye Aislamiento Termico	Und	2	\$ 649.173	\$ 1.298.346
2,3	Uniones y Bidas	Und	2	\$ 296.000	\$ 592.000
2,4	Swhitch de Presión Diferencial	Und	1	\$ 1.278.571	\$ 1.278.571
2,5	Manometro de presión Glicerina	Und	2	\$ 45.470	\$ 90.940
2,6	Termometro	Und	2	\$ 49.470	\$ 98.940
3	CONDUCTOS DE AIRE				
3,1	Ducto en Lamina de fibra de Vidrio Doble Foil	M2	416	\$ 89.406	\$ 37.192.896
3,2	Ducto en Lamina Galvanizada Calibre 22, Incluye aislamiento Interno y tratamiento anticorrosivo	M2	12	\$ 111.200	\$ 1.334.400
4	DIFUSORES Y REJILLAS				
4,1	Difusor de Pared de 32"X12"	Und	14	\$ 206.841	\$ 2.895.774
4,2	Difusor de Pared de 10"X10"	Und	3	\$ 70.841	\$ 212.523
4,3	Difusor de Pared de 8"X8"	Und	3	\$ 58.841	\$ 176.523
4,4	Rejilla de Retorno aletas fijas 22"X22"	Und	8	\$ 233.541	\$ 1.868.328
4,5	Rejilla de Retorno aletas fijas 24"X12"	Und	1	\$ 141.541	\$ 141.541
5	TUBERÍA PVC, CIRCUITO DE AGUA FRÍA				
5,1	Tubería PVC φ de 3", Incluye soportería	MI	20	\$ 134.114	\$ 2.682.284
5,2	Tubería PVC φ de 2 1/2", Incluye soportería	MI	26	\$ 121.744	\$ 3.165.349
5,3	Tubería PVC φ de 1", Incluye soportería	MI	70	\$ 79.981	\$ 5.598.684
5,5	Accesorios de Instalacion PVC	Glb	1	\$ 96.000	\$ 96.000
6	SISTEMA DE CONTROL.				
6,1	Termostato proporcional	M2	3	\$ 407.143	\$ 1.221.429
6,2	Valvula Motorizada de 2 1/2" tres vías	M2	2	\$ 5.097.000	\$ 10.194.000
6,3	Valvula Motorizada de 1" tres vías	M2	1	\$ 1.720.000	\$ 1.720.000
6,4	Tuberia de 3/4" EMT	MI	30	\$ 15.200	\$ 456.000
6,5	Tuberia de 1/2" IMC	MI	30	\$ 20.500	\$ 615.000
6,6	Cable 2x18	MI	70	\$ 1.100	\$ 77.000
7	INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN				
7,2	Transporte e Izaje de equipos y Material	GI	1	\$ 4.200.000	\$ 4.200.000
7,3	Ingeniería y Supervisión	GI	1	\$ 6.600.000	\$ 6.600.000
	COSTO DIRECTO				\$ 277.529.635
			IVA	19%	\$ 52.730.631
	TOTAL PROYECTO				\$ 330.260.266

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la metodología desarrollada con asistencia computacional ayuda a obtener resultados óptimos y con menor margen de error.

La secuencia de los pasos postulados en la metodología permite desarrollar el esquema de dibujo del sistema, cálculo de carga térmica de enfriamiento para la edificación, diseño de conductos para distribución de aire, selección de unidades terminales de aire, diseño del sistema de distribución de agua y punto de operación de la bomba, modelo de control básico y la propuesta económica final con base en el análisis de precios unitarios.

La implementación de la metodología en el estudio de caso muestra los resultados obtenidos para una edificación comercial, con un área de ventas y un área de oficinas administrativas. Se obtuvo que:

1. La carga Térmica total de la edificación a través de la implementación del método CLTD con asistencia del Software ELITE CHVAC fue de 539.934 BTU/h, aproximadamente 45 Toneladas de Refrigeración. Se pudo concluir también que el techo es el factor más crítico en el aporte de calor en este tipo de edificación y que con la implementación de cielo raso se podría llegar a tener un ahorro en la carga térmica de la edificación hasta de un 22.5%.
2. El sistema de distribución de aire a través del método de caída de presión contante se logra dimensionar a través de la herramienta computacional DUCTSIZER, con valor de 0,15 In.Ca/100Ft para el suministro y 0,1 In.Ca/100Ft para el retorno como una medida estándar. Sin embargo, cuando el sistema es muy grande, es necesario realizar el cálculo de caída de presión del sistema para garantizar que el ventilador de la unidad manejadora de aire pueda distribuir el aire por todo el circuito.
3. El sistema de distribución de agua mostró que existe un margen de diferencia de aproximadamente el 6.8% en los valores arrojados por el software TACO HYDRONIC SOLUTION y la validación a través de la hoja de cálculo desarrollada con las ecuaciones que rigen las turbomáquinas hidráulicas.
4. El análisis de precios unitario para el estudio de caso arrojó, que, para un sistema de aire acondicionado con Chiller condensado por aire, manejadoras Hidronicas ductables y un sistema de control básico con válvulas de tres vías, el presupuesto de suministro e instalación está alrededor de los \$330.260.226 COP, aproximadamente \$7.339.200 COP/TR.

RECOMENDACIONES

- Estudiar la implementación metodológica de un sistema de control más avanzado, con variadores de frecuencia, comunicación BACNET, cajas de volumen variable para sistemas con Chiller condensados por aire.
- Realizar una aplicación de la metodología que incluya sistemas de aire acondicionado con Chiller con condensación por agua.
- Implementar la metodología para aplicaciones industriales en enfriamiento de procesos, teniendo en cuenta la variación de la unidad manejadora de aire con respecto a la unidad de intercambio de calor requerida para el sistema.
- Utilizar como fluido secundario Glicol en diferentes porcentajes y estudiar las ventajas y desventaja de este.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MME, Ministerio de minas y energías, «Plan de acción,» UPME, Republica de Colombia, 2016.
- [2] UPME, «Plan de acción indicativo de eficiencia energetica 2017-2022,» *Programa de uso racional y eficiente de la Energía*, vol. III, p. 35, 2016.
- [3] Technavio.com, «Global HVAC Service Market 2017-2021,» Infiniti Research Limited, Toronto, Canada, 2017.
- [4] A. LATinoamerica, «Latinoamerica, ACR. Automatización, Climatización y Refrigeración,» Latin Press, Inc., 16 05 2017. [En línea]. Available: <http://www.acrlatinoamerica.com>. [Último acceso: 25 01 2018].
- [5] Trane INC., «Applications Engineering Manual,» de *Chiller System Design and Control*, Dublín, Irlanda, 2011, pp. 2-3.
- [6] Emerson Network Power, «User Manual Fluid Chiller,» Liebert, Missouri, 2016.
- [7] S. R. Thangavelu, «Energy Optimization methodology of multi-chiller plant in commercial buildings,» *ScienceDirect*, vol. I, pp. 64-76, 2017.
- [8] L. Zhaohui, T. Hongwei, L. Duo, Y. Guobao, L. Jin y L. Zhenyu, «Optimal Chiller Sequencing Control in an Office Building Considering the Variation of Chiller Maximum Cooling Capacity,» *ScienceDirect*, vol. Volumen 140, pp. 430-442, 2017.
- [9] M. D. Ignacio y A. H. Maria, «EVOLUCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS EN EDIFICACIONES, DESARROLLADAS POR LA ASHRAE,» *Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C.*, vol. I, pp. 113-116, 2004.
- [10] S. Ujjwal Kumar, R. Rajesh y P. Anil, «Comparison of Cooling Load Estimation by CLTD Method and Computer Software,» *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. III, pp. 1378-1380, 2016.
- [11] S. M. A. Hashmi, C. R. Prasad, S. Faheem, S. O. U. Rahman y S. M. Ali, «Cooling Load Calculation during Summer & Duct Design and Duct Drafting for Commercial Project,» *IJSRSET*, vol. III, pp. 501-508, 2017.
- [12] J. Armas Valdés, M. Lapido Rodríguez, M. Álvarez Guerra y S. Montelíer Hernández, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTRATEGIAS DE OPERACIÓN EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN CENTRALIZADOS POR AGUA HELADA,» FMEC, CUBA, 2015.
- [13] C. Mao, *ANALYSIS OF BUILDING PEAK COOLING LOAD CALCULATION METHODS FOR COMMERCIAL BUILDINGS IN THE UNITED STATES*, Tesis Doctoral, 2016.

BIBLIOGRAFÍA

- [7] M. B. Reyes Rodriguez, J. L. Moya Rodriguez, M. Cruz Fonticiella y R. Mestizo Cerón, «Optimización de intercambiadores de tubo y coraza mediante la tecnica de recocido simulado,» *Centro Azucar* , vol. 40, pp. 1-13, 2013.
- [8] M. B. Reyes Rodriguez, J. L. Moya Rodriguez, M. Cruz Fonticiella, E. Fírvida Donéstevez y J. A. Velázquez-Pérez, «Automatización y optimización del diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza mediante el método de Taborek,» *Ingenieria Mecanica* , vol. 17, nº 1, pp. 78-89, 2014.
- [9] E. A. Pastén Mejías, «Análisis Exergético y Termoecónomico de intercambiadores de calor de tubo y coraza,» *Revista de Ingenieria-Universidad de Talca*, vol. II, p. 1, 2012.
- [10] C. S. C. A. a. B. S. Kotcioglu. I, «Second Law Analysis and Heat Transfer in a Cross-Flow Heat Exchanger with a New Winglet-Type Vortex Generator,» *Energy*, vol. II, nº 35 (9), pp. 3686-3695, 2010.
- [11] A. Fakheri, «Second Law Analysis of Heat Exchangers,» *ASME Journal of Heat Transfer*, vol. I, nº 111802, p. 132, 2010.
- [12] M. a. L. S. Arivazhagan, «Entropy Generation Minimization of Shell and Tube Heat Exchanger with Porous Medium,» *Experimental Techniques*, vol. I, nº 10.1111, pp. 1567-1747, 2011.
- [13] S. Z. a. Z. S. M. Shuja, «Thermoeconomic Considerations in the Design and Analysis of a Finned Heat Sink Array: The Effect of Material Cost,» *International Journal of Exergy*, vol. III, nº 9, pp. 370-387, 2011.
- [14] M. E. b. M. R. H. Sadeghzadeh, «Techno-economic optimization of a shell and tube heat exchanger,» *Energy Conversion and Management*, vol. I, nº 93, pp. 84-91, 2014.

- [14] V. Diaz y B. Raul, Acondicionamiento Térmico de Edificios, Buenos Aires: Nobuko, 2005, p. 242.
- [15] R. Hubbard, «Chiller Water Piping COntfigurations,» Texas, 2016.
- [16] J. R. d. Bullet, «Chiller Plant Design,» DeBullet Consulting, Miami, 2017.
- [17] J. A. F. ARTEAGA, *MÉTODO DE PREDICCIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN ENFRIADOR DE LÍQUIDO (CHILLER) EN FUNCIÓN DE UN PERFIL DE DEMANDA*, Huancayo-Perú: Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU, 2010.
- [18] Cooltools, «Chilled Water Plant Design Guide,» de *CoolTools Design Guide*, Energydesignresources, 2009, pp. 26-28.
- [19] G.-R. M. Luigi Menon, «PUMP AND/OR ROTATIVE COMPRESSOR». Italia Patente 2,785,851, 19 Marzo 1957.
- [20] P. Bandukwalla, «CENTRIFUGAL COMPRESSOR». Estados Unidos, N.Y. Patente 4,378,194 , 29 marzo 1983.
- [21] R. J. S. Garza, *Compresores Centrifugos*, Nuevo Leon, Mexico: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON, FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA, 2001.
- [22] Y. I. C. H. Engineering, *Chiller- Plant Energy Performance*, York, Pensilvania Estados Unidos.: York Internacional, 2004.
- [23] W. Jones, *Air Conditioning Engineering*, Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
- [24] H. N. S. Michael J. Moran, *Fundamental of Engineering Thermodynamics*, Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [25] Temperature Corporation, «Temperature Corporation,» 12 05 2017. [En línea]. Available: <http://www.temperaturecorporation.com>. [Último acceso: 27 05 2018].
- [26] R. Smith, «Plastics Process Cooling,» Globalcon, BOSTON, MASSACHUSETTS, 2016.

BIBLIOGRAFÍA

- [27] R. W. Cartwright, «Chiller Control System». Estados Unidos. Patente US 6,550,259 B2, 22 Abril 2003.
- [28] H. W. Stanford, HVAC Water Chillers and Cooling Tower, Boca Raton: CRC Press, 2016.
- [29] S. K. Wang, «METHODOLOGY—TRANSFER FUNCTION,» de *HANDBOOK OF AIR CONDITION AND REFRIGERATION* , New York, San Francisco, Washington, D.C. Auckland, Bogotá, McGraw-Hill, 2001, p. 6.14.
- [30] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, ASHRAE Handbook, Fundamentals, 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, Georgia, 2001.
- [31] S. K. Wang, HANDBOOK OF AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION, New York: McGraw-Hill, 2000.
- [32] H. Sauer, R. Howell y W. Coad, PRINCIPLES OF HEATING VENTILATING AND AIR CONDITIONING, Atlanta, Georgia: ASHRAE Inc., 2001.
- [33] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE Handbook, Fundamentals, Atlanta, Georgia, 1989.
- [34] W. L. MCCABE, Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, Ciudad de Mexico.: McGraw-Hill, 2007.
- [35] R. L. Mott, Mecánica de Fluidos Sexta Edición, Ciudad De Mexico: Pearson Education INC, 2006.
- [36] C. Mataix, Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Cambridge: Happer & Row Latinoamericana, 2004.
- [37] C. P. Arora, Refrigeration And Air Conditioning, Nwe Dehli: McGraw-Hill Publishing company Limited, 2006.
- [38] C. J. Suarez Salazar, Costo y Tiempo en la Edificación, Mexico: Limusa, 2005.
- [39] J. Zegarra Russo, Costos y Presupuestos en Edificación, Lima: Capeco, 2011.

BIBLIOGRAFÍA

- [40] C. Y. Puentes Leal, «ELABORACION DE UNA BASE DE DATOS DE PRESUPUESTOS Y ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA LOS PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA DE LA SECRETARIA DE PLANEACIÓN DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTAS,» Facultad de Ingeniería Civil, Bucaramanga, 2009.
- [41] S. K. Wang, «METHODODOLOGY—HEAT BALANCE,» de HANDBOOK AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION, New York, The McGraw-Hill Companies, Inc., 2001, pp. 6.12-6.14.
- [42] S. K. Wang, «METHODODOLOGY—TRANSFER FUNCTION,» de HANDBOOK OF AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION, New York, McGraw-Hill Companies, Inc., 2001, pp. 6.14 - 6.16.
- [43] H. Sauer, R. Howell y W. Coad, Principles of Heating, Ventilation and Air-Conditioning, Atlanta: ASHRAE, 2013.
- [44] Elite Software Development, Inc., «Manual Elite Software CHVAC,» College Station , 2012.
- [45] M. O. Maritorea, «CALCULO Y MEDIDA DE INFILTRACIONES DE AIRE EN EDIFICACIONES,» Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Minas Y Obras Publicas, Pais Vasco, 2008.
- [46] ASHRAE, «Estándar ANSI/ASHRAE 62.1,» de Ventilacion para una Calidad Aceptable de Aire Interior, Atlanta, Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de aire Inc., 2007, pp. 11-13.
- [47] TACO INC. , «Taco Confort Solutions,» 18 05 2017. [En línea]. Available: <http://www.tacomfort.com>. [Último acceso: 11 03 2018].
- [48] S. Hanson, M. Schwedler y B. Bakkum, «Applications Engineering, Chiller System Design and Control,» TRANE, Dublín, Irlanda, 2011.
- [49] S. S. Marquez, Interviewee, Ingeniero Mecánico. [Entrevista]. 12 03 2018.
- [50] D. Applied, «DAIKIN,» Daikin Applied, 08 03 2018. [En línea]. Available: <http://www.daikinapplied.com/design-tools.php>. [Último acceso: 08 03 2018].
- [51] Refrigeración., Asociación Colombiana de Acondicionamiento de Aire y de la, «Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios,» Acaire, Colombia, 2017.
- [52] Ley de Ordenación de la Edificación;, «Código Técnico de la Edificación.,» minvivienda, España, 2006.
- [53] Comité Técnico AEN/CTN 100, «Instalaciones de acondicionamiento de Aire en Hospitales, Norma UNE 100713,» AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación., Madrid-España, 2005.
- [54] L. SA, «Guia de Selección Rejillas y Difusores,» Medellin, 2016.
- [55] UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, «MANAGEMENT THECNOLGY POLICY,» Institute for Manufacturing, 05 04 2018. [En línea]. Available: www.ifm.eng.cam.ac.uk. [Último acceso: 05 04 2018].



AUTÓNOMA DEL CARIBE
— LA UNIVERSIDAD —

GRACIAS