

2nda Parte del curso 5, “Análisis de Cargas Térmicas”

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo X

Cargas Térmicas Internas

- 1) 10.1 Iluminación.
- 2) 10.2 Motores y Otros.
- 3) 10.3 Aparatos.
- 4) 10.4 Personas
- 5) 10.5 Ganancias en Sistema de Enfriamiento.
- 6) 10.6 Ejemplo.
- 7) Ejercicios

Cargas Térmicas Internas:

10.1 ILUMINACIÓN: Solo una pequeña fracción de la energía eléctrica que entra a la lámpara se convierte en luz visible, esto inicia desde 11% en lámparas incandescentes hasta el 25% en lámparas de alta eficiencia. El resto de la energía eléctrica se convierte en calor a través de una combinación de transferencia radiante y por convección. Las pérdidas por convección, se convierten de inmediato en carga térmica del espacio, pero las pérdidas radiantes, primero serán absorbidas por los muebles, muros, pisos y después serán transferidas por convección al espacio acondicionado, de ahí que el sistema de acondicionamiento percibe la carga por iluminación aun después de que esta haya sido apagada.

La fuente primaria de calor por iluminación son las lámparas, más se podrá tener calor adicional por accesorios tales como los Balastos de las lámparas fluorescentes.

10.1 ILUMINACIÓN:

. En cualquier momento la carga de enfriamiento por iluminación puede ser estimada como:

$$q_{el} = HG_{el}(CLF_{el})$$

En donde:

q_{el} = Carga de Enfriamiento por iluminación (BTU/Hr)

$HG_{el} = 3.41 \times W \times F_{ul} \times F_{sa}$ = Ganancia de Calor por Iluminación

W = Watts totales de las lámparas

F_{ul} = Factor de uso de la iluminación

F_{sa} = Factor especial de permisividad de la iluminación

CLF_{el} = Factor de carga de enfriamiento por iluminación

El total de watts (W) se obtiene de la información del fabricante de las lámparas y sumando todas las instaladas. El factor 3.41 convierte los watts a BTU/Hr. El factor de uso (F_{ul}) es la relación de los watts en uso, entre los watts totales instalados. El factor especial de permisividad de la iluminación es usado para incluir condiciones especiales

10.1 ILUMINACIÓN:

. tales como los balastos de las lámparas fluorescentes, este valor puede ser de tan alto como 2.19 para una lámpara de 32 Watts en un circuito de 277 Volts. Se recomienda un valor de 1.0 para lámparas de 34 watts T-8 con arrancadores electrónicos y de 1.2 para lámparas de arranque rápido de 40 watts con arrancador magnético.

Los datos del CLF_{el} se encuentran en la Tabla 10-1. En la cual el tipo de zona es el mismo que se utilizó en la Tabla 9-4, de la sección 9.

Nótese que en el primer renglón, (8 Horas encendidas) para Zona tipo A, el valor inicia en 0.85 y se incrementa en la medida que son mas horas después de encendidas las luces, pero cae de forma drástica después de 8 horas.

Hay alguna excepciones al anterior procedimiento, por ejemplo, si el sistema de AA funciona solo en horas de ocupación, entonces el CLF_{el} debe ser considerado 1.0 en lugar de los valores tabulados. Si una parte de las lámparas opera en horario diferente deberá ser considerada por aparte y finalmente si las luces, siempre están encendidas, entonces el CLF_{el} debe ser 1.0.

Tabla 10-1 Factores de Carga de Enfriamiento por Iluminación (CLF_{el})

Luces Encendidas por	Número de Horas después de que se encendieron las Luces																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zona Tipo A																								
8	0.85	0.92	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.13	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.85	0.93	0.95	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
12	0.86	0.93	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
14	0.86	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.15	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
16	0.87	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.15	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
Zona Tipo B																								
8	0.75	0.85	0.90	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.23	0.12	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
10	0.75	0.86	0.91	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.24	0.13	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
12	0.76	0.86	0.91	0.93	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.24	0.14	0.09	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
14	0.76	0.87	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.25	0.14	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03
16	0.77	0.88	0.92	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.25	0.15	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
Zona Tipo C																								
8	0.72	0.80	0.84	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.23	0.15	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
10	0.73	0.81	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.25	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
12	0.74	0.82	0.86	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.26	0.18	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
14	0.75	0.84	0.87	0.89	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.27	0.19	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07
16	0.77	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.28	0.20	0.16	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
Zona Tipo D																								
8	0.66	0.72	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.25	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04
10	0.68	0.74	0.77	0.80	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
12	0.70	0.75	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
14	0.72	0.77	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10
16	0.75	0.80	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14

10.1 ILUMINACIÓN:

Debido a que los detalles de la iluminación no son conocidos en las etapas iniciales del proyecto, se pueden usar valores paramétricos relacionados al área acondicionada, estos valores tienen una gama de 0.5 a 4.0 Watts/Ft², dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, un valor conservador para edificios de oficinas generales es de 1.5 Watts/Ft².

10.2 Motores Eléctricos:

La ganancia térmica instantánea por el uso de motores eléctricos dentro del área acondicionada, se puede calcular como:

$$q_{em} = 2545(\mathbf{P} / \mathbf{E}_m)(\mathbf{CLF})(\mathbf{F}_{UM})(\mathbf{F}_{LM}) \quad \text{Ecuación 10-2}$$

En donde:

q_{em} = Calor equivalente por equipo en operación (BTU/Hr)

$\mathbf{P}$ = Potencia del motor en (HP)

$\mathbf{E}_m$ = Eficiencia del Motor en fracción decimal < 1.0

$\mathbf{CLF}$ = Factor de Carga de Enfriamiento, ver Tabla 10-2

$\mathbf{F}_{UM}$ = Factor de uso del motor, en fracción decimal < 1.0

$\mathbf{F}_{LM}$ = Factor de carga del motor, en fracción decimal < 1.0

Los HP del motor se multiplican por 2545 para convertirlos en BTU/Hr y luego son divididos por la eficiencia. Ganancias típicas, eficiencias y otros datos de motores se listan en la Tabla 10-3. El factor de carga de enfriamiento por motores ($\mathbf{CLF}$) se proporciona en la Tabla 10-2 y posteriormente en esta sección será asociado con las personas y equipo sin extractor (unhooded equipment) . . .

. . . .

Tabla 10-2 Factores de Carga de Enfriamiento por Personas y Equipo Sin Extracción

Horas en el espacio	Número de Horas después ingresar al espacio o de que se encendieron los equipos																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Zona Tipo A																							
2	0.75	0.88	0.18	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.75	0.88	0.93	0.95	0.22	0.10	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.23	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.24	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.24	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
12	0.75	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.25	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.76	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
16	0.76	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02
18	0.77	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03
	Zona Tipo B																							
2	0.65	0.74	0.16	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.65	0.75	0.81	0.85	0.24	0.17	0.13	0.10	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.29	0.20	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
8	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.93	0.95	0.31	0.22	0.17	0.13	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.33	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
12	0.66	0.76	0.81	0.86	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.34	0.24	0.19	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
14	0.67	0.76	0.82	0.86	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03
16	0.69	0.78	0.83	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05
18	0.71	0.80	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09
	Zona Tipo C																							
2	0.60	0.68	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.60	0.68	0.74	0.79	0.23	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.61	0.69	0.74	0.79	0.83	0.86	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
8	0.61	0.69	0.75	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.32	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
10	0.62	0.70	0.75	0.80	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.35	0.28	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
12	0.63	0.71	0.76	0.81	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
14	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.38	0.30	0.25	0.20	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06
16	0.68	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.39	0.31	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09
18	0.72	0.78	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.39	0.31	0.26	0.21	0.17	0.14
	Zona Tipo D																							
2	0.59	0.67	0.13	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
4	0.60	0.67	0.72	0.76	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.61	0.68	0.73	0.77	0.80	0.83	0.26	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
8	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.30	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03
10	0.63	0.70	0.75	0.78	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
12	0.65	0.71	0.76	0.79	0.82	0.84	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
14	0.67	0.73	0.78	0.81	0.83	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.37	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
16	0.70	0.76	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13
18	0.74	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.39	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17

10.2 Motores Eléctricos:

. . . . El factor de uso del motor (F_{UM}) Tal como el uso del compresor de la fuente de agua fría, que solo funciona la mitad del tiempo, por lo tanto el factor será de $F_{UM} = 0.50$.

El factor de carga del motor (F_{LM}) debe ser utilizado, por ejemplo, para una bomba que consume 3.8 BHP y tiene un motor de 5.0 HP, este factor será de $F_{LM} = (3.8/5.0) = 0.76$.

La ecuación 10-2 supone que tanto el motor como el equipo movido están dentro del espacio acondicionado, en caso de que el motor este fuera, entonces se deberá aplicar la siguiente ecuación:

$$q_{em} = 2545(P)(F_{UM})(F_{LM}) \quad \text{Ecuación 10-3}$$

Y cuando el motor esté dentro y el equipo movido fuera, entonces aplicar la siguiente ecuación:

$$q_{em} = 2545(P)(F_{UM})(F_{LM})(1.0 - E_M)/E_M \quad \text{Ecuación 10-4}$$

Esta última ecuación también aplica para ventiladores o bombas que descargan el fluido fuera del espacio acondicionado.

Tabla 10-3 Ganancias Típicas por Motores Eléctricos

				Localización Motor y Equipo respecto al espacio acondicionado o flujo del aire		
				A	B	C
HP Placa del motor	Tipo de Motor	RPM nominales	Eficiencia a carga plena en %	Motor Dentro, Equipo Dentro (BTU/Hr)	Motor Fuera Equipo Dentro (BTU/HR)	Motor Dentro Equipo Fuera (BTU/HR)
0.050	Polo Sombreado	1500	35	360	130	240
0.080	Polo Sombreado	1500	35	580	200	380
0.125	Polo Sombreado	1500	35	900	320	590
0.160	Polo Sombreado	1500	35	1,160	400	760
0.250	Fase Partida	1750	54	1,180	640	540
0.330	Fase Partida	1750	56	1,500	840	660
0.500	Fase Partida	1750	60	2,120	1,270	850
0.750	3 Fases	1750	72	2,650	1,900	740
1.0	3 Fases	1750	75	3,390	2,550	850
1.5	3 Fases	1750	77	4,960	3,820	1,140
2.0	3 Fases	1750	79	6,440	5,090	1,350
3.0	3 Fases	1750	81	9,430	7,640	1,790
5.0	3 Fases	1750	82	15,500	12,700	2,790
7.5	3 Fases	1750	84	22,700	19,100	3,640
10.0	3 Fases	1750	85	29,900	24,500	4,490
15.0	3 Fases	1750	86	44,400	38,200	6,210
20.0	3 Fases	1750	87	58,500	50,900	7,610
25.0	3 Fases	1750	88	72,300	63,600	8,680
30.0	3 Fases	1750	89	85,700	76,300	9,440
40.0	3 Fases	1750	89	114,000	102,000	12,600
50.0	3 Fases	1750	89	143,000	127,000	15,700
60.0	3 Fases	1750	89	172,000	153,000	18,900
75.0	3 Fases	1750	90	212,000	191,000	21,200
100.0	3 Fases	1750	90	283,000	255,000	28,300
125.0	3 Fases	1750	90	353,000	318,000	35,300
150.0	3 Fases	1750	91	420,000	382,000	37,800
200.0	3 Fases	1750	91	569,000	509,000	50,300
250.0	3 Fases	1750	91	699,000	636,000	62,900

10.3 Aparatos:

La carga térmica por aparatos varios, es una de las más difíciles de estimar, lo anterior, debido a la gran variedad de estos aparatos y a que la operación diaria de los mismos, que es a menudo impredecible. Usualmente es suficiente con identificar a los contribuyentes mayores y luego ser conservadores al estimar sus ganancias de calor. Recuerde que la energía para estos aparatos puede ser Eléctrica, Gas o Vapor. Para tomar en cuenta la inercia térmica de carga sensible de la estructura, utilice la siguiente ecuación:

$$q = \mathbf{SHG} \times (\mathbf{CLF}) \quad \text{ecuación 10-5}$$

En donde la ganancia de calor sensible (**SHG**) está dada en las Tablas 10-5a , 10-5b, 10-6 y 10-7. El factor de carga de enfriamiento (**CLF**) está dado en la Tabla 10-2 para equipo sin extractor y en la Tabla 10-4 para equipo con extractor.

Aparatos en Oficinas: La Tabla 10-5a proporciona un listado de equipos típicos para oficina. La oficinas modernas con computadoras en cada estación de trabajo pueden tener una carga conectada de hasta 15.0 BTU/Hr.Ft², mientras . .

Tabla 10-4 Factores de Carga de Enfriamiento por Equipo con Extracción

Horas en Operación	Número de Horas después de que se encendieron los equipos																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Zona Tipo A																							
2	0.64	0.83	0.26	0.11	0.06	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.64	0.83	0.90	0.93	0.31	0.14	0.07	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.64	0.83	0.90	0.93	0.96	0.96	0.33	0.16	0.09	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.64	0.83	0.90	0.93	0.96	0.96	0.97	0.97	0.34	0.16	0.09	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
10	0.64	0.83	0.90	0.93	0.96	0.96	0.97	0.97	0.99	0.99	0.34	0.17	0.10	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
12	0.64	0.83	0.90	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.99	0.99	0.99	0.99	0.36	0.17	0.10	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.66	0.83	0.90	0.94	0.96	0.97	0.97	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.36	0.17	0.10	0.07	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01
16	0.66	0.84	0.91	0.94	0.96	0.97	0.97	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.36	0.17	0.10	0.07	0.04	0.04	0.04	0.03
18	0.67	0.84	0.91	0.94	0.96	0.97	0.97	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.36	0.17	0.10	0.08	0.07	0.07	0.04
	Zona Tipo B																							
2	0.50	0.63	0.23	0.16	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.50	0.63	0.73	0.79	0.34	0.24	0.19	0.14	0.10	0.09	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.50	0.64	0.73	0.79	0.84	0.87	0.41	0.29	0.21	0.17	0.13	0.10	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
8	0.50	0.63	0.73	0.79	0.84	0.87	0.90	0.93	0.44	0.31	0.24	0.19	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.50	0.64	0.73	0.79	0.84	0.87	0.90	0.93	0.94	0.96	0.47	0.34	0.26	0.20	0.16	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01
12	0.51	0.66	0.73	0.80	0.84	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.97	0.49	0.34	0.27	0.20	0.16	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03
14	0.53	0.66	0.74	0.80	0.84	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.97	0.99	0.99	0.50	0.36	0.27	0.21	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06
16	0.56	0.69	0.76	0.81	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.97	0.99	0.99	0.99	0.99	0.50	0.36	0.27	0.21	0.16	0.14	0.13	0.10
18	0.59	0.71	0.79	0.83	0.87	0.90	0.93	0.94	0.96	0.97	0.97	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.50	0.36	0.27	0.23	0.20	0.20	0.16
	Zona Tipo C																							
2	0.43	0.54	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.43	0.64	0.63	0.70	0.33	0.26	0.20	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.44	0.56	0.63	0.70	0.76	0.80	0.40	0.31	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.10	0.09	0.07	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01
8	0.44	0.56	0.64	0.70	0.76	0.80	0.84	0.87	0.46	0.37	0.30	0.24	0.20	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03
10	0.46	0.57	0.64	0.71	0.76	0.80	0.84	0.87	0.89	0.91	0.50	0.40	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.10	0.09	0.07	0.06	0.06	0.04
12	0.47	0.59	0.66	0.73	0.77	0.81	0.84	0.87	0.90	0.91	0.93	0.94	0.53	0.41	0.34	0.27	0.23	0.19	0.16	0.13	0.10	0.09	0.09	0.07
14	0.50	0.60	0.67	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.96	0.96	0.54	0.43	0.36	0.29	0.24	0.20	0.16	0.14	0.13	0.11
16	0.54	0.63	0.70	0.76	0.80	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.94	0.96	0.97	0.97	0.56	0.44	0.36	0.30	0.24	0.22	0.20	0.20	0.16
18	0.60	0.69	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.96	0.96	0.97	0.97	0.99	0.99	0.56	0.44	0.37	0.33	0.30	0.30	0.24
	Zona Tipo D																							
2	0.41	0.53	0.19	0.13	0.11	0.09	0.07	0.07	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.43	0.53	0.60	0.66	0.29	0.23	0.19	0.16	0.14	0.11	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01
6	0.44	0.54	0.61	0.67	0.71	0.76	0.37	0.29	0.24	0.21	0.19	0.16	0.14	0.11	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
8	0.46	0.56	0.63	0.67	0.71	0.76	0.79	0.81	0.43	0.34	0.29	0.24	0.21	0.19	0.16	0.14	0.11	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06
10	0.47	0.57	0.64	0.69	0.73	0.77	0.80	0.83	0.84	0.87	0.47	0.39	0.31	0.27	0.24	0.20	0.17	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.07
12	0.50	0.59	0.66	0.70	0.74	0.77	0.81	0.83	0.86	0.87	0.89	0.90	0.50	0.41	0.34	0.30	0.26	0.23	0.19	0.17	0.14	0.13	0.13	0.11
14	0.53	0.61	0.69	0.73	0.76	0.80	0.83	0.84	0.87	0.89	0.90	0.91	0.93	0.93	0.53	0.43	0.36	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.17	0.16
16	0.57	0.66	0.71	0.76	0.79	0.81	0.84	0.86	0.89	0.90	0.91	0.93	0.93	0.94	0.94	0.54	0.44	0.37	0.33	0.29	0.26	0.24	0.21	0.21
18	0.63	0.71	0.76	0.79	0.81	0.84	0.87	0.89	0.90	0.91	0.93	0.93	0.94	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.56	0.46	0.39	0.35	0.33	0.29

10.3 Aparatos:

. . . . Que las oficinas anteriores, requería solo de 3.0 a 4.0 BTU/Hr.Ft².

Sin embargo, las nuevas computadoras e impresoras, disminuyen su consumo de energía a solo una fracción del nominal durante los períodos en los cuales no son usadas como se muestra en la Tabla 10-5b

Equipo Médico y de Laboratorio: La Tabla 10-6 nos muestra las ganancias de calor para varios equipos de Hospitales y Laboratorios y recomendamos se tenga cuidado al evaluar la probabilidad de uso simultáneo de estos equipos y la duración del mismo.

Equipo para preparación de Alimentos: La Tabla 10-7 muestra la entrada de energía y la ganancia de calor para equipos en Restaurants.

10.4 Ganancia por Personas:

La Tabla 10-8 proporciona datos representativos de calor sensible y latente producido por las personas en diferentes actividades, a menudo estas ganancias constituyen una parte importante de la carga total. Para ocupaciones de corto plazo el calor y humedad extra que producen las personas puede ser significativa. Para estimar la ganancia de calor sensible debida a las personas, utilice la siguiente ecuación:

$$q_s = N \times (SHG_p)(CLF_p) \quad \text{ecuación 10-6}$$

Para la ganancia de calor latente: $q_l = N \times (LHG_p)$ ecuación 10-7

En donde:

q_s = Ganancia de Calor sensible debida a las personas (BTU/Hr)

N = Número de personas

SHG_p = Calor sensible por persona (Ver Tabla 10-8)

CLF_p = Factor de Carga de enfriamiento debida a personas (Ver Tabla 10-2)

q_l = Ganancia de calor latente debida a personas

LHG_p = Ganancia de Calor latente por persona (Ver Tabla 10-8)

Tabla 10-8 Ganancia de Calor por Personas en Espacios Acondicionados

Grado de Actividad	Localizacion	Calor Total (BTU/Hr)		Calor Sensible	Calor Latente	% de Calor sensible que es Radiante (b)	
		Adultos Hombres	Ajuste H/M (a)	BTU/Hr	BTU/Hr	Bajo V	Alto V
Sentado en Teatro	Matinee Teatro	390	330	225	105	60	27
Sentado en Teatro (noche)	Teatro Noche	390	350	245	105		
Sentado Trabajo muy ligero	Oficina, Hotel, Apartamento	450	400	245	155		
Moderadamente Activo Trabajo Oficina	Oficina, Hotel, Apartamento	475	450	250	200	58	38
De pie, Trabajo ligero; Caminando	Tienda Departamentos, Supermercado	550	450	250	200		
Caminando, De pie	Farmacia, Banco	550	500	250	250		
Trabajo sedentario	Restaurant (c)	490	550	275	275	49	35
Trabajo en Mesa-Banco	Fábrica	800	750	275	475		
Baile Moderado	Salón de Baile	900	850	305	545		
Caminando 5 Km/Hr; Trabajo ligero Máquinas	Fábrica	1000	1000	375	625	54	19
Jugando Boliche	Boliche	1500	1450	580	870		
Trabajo Pesado (d)	Fábrica	1500	1450	580	870		
Trabajo Pesado en Máquina; Levantando	Fábrica	1600	1600	635	965		
Atetismo	Gimnasio	2000	1800	710	1090		
Notas							
1.- Los valores tabulados son a 75° F, Bulbo seco en el cuarto. Para 80° F, el calor total es el mismo, pero el Calor sensible se disminuye en un 20% y el Calor Latente aumenta en la misma cantidad.		(c) La ganancia ajustada incluye 60 BTU/Hr por cada comida servida, de los cuales son 30 BTU/Hr de calor sensible y 30 BTU/hr de calor latente.					
(a) El Valor ajustado Hombres-Mujeres está basado en el porcentaje normal de Hombres-Mujeres-Niños habitando estos locales. Con el postulado de que la cartga por mujeres es el 85% de los Hombres y la de los Niños es el 75% de los Hombres		(d) Por cada mesa de Boliche, suponga una persona jugando y todos los demás sentados (400 BTU/Hr) o de pie y caminando lentamente (550 BTU/Hr)					
(b) Valores aproximados de la Tabla 6, capítulo 8, donde la velocidad del aire está dentro de los límites mencionado en esa tabla.							

10.4 Ganancia por Personas:

Hay algunas excepciones para los cálculos antes descritos. Por ejemplo si la temperatura del espacio no es mantenida constante durante el período de 24 horas, (quizá debido a un paro nocturno) entonces durante las primeras horas de la mañana ocurrirá un arranque de sistema que deberá remover toda la energía que se almacenó en la estructura. En este caso se deberá utilizar un CLF de 1.0.

También para aplicaciones de alta densidad de ocupación (tales como teatros, auditorios y Arenas deportivas) utiliza un CLF de 1.0 ya que los efectos de radiación de onda larga se hacen despreciables.

10.5 Ganancia por Sistema de Enfriamiento:

La última carga interna a considerar, es el sistema de enfriamiento mismo. Pérdidas del ventilador de suministro, motor y transmisión pueden contribuir a la carga de enfriamiento, así como transferencia de calor en los ductos y pérdidas (o ganancias) de aire, debidas a fugas, pueden ser significativas y deberán tomarse en cuenta al hacer la estimación de cargas térmicas internas.

10.5 Ganancia debidas al Sistema de Enfriamiento:

La última carga interna a considerar es el sistema de enfriamiento mismo. Pérdidas del ventilador de suministro, motor y transmisión pueden contribuir a la carga de enfriamiento. Así como transferencia de calor en los ductos y pérdidas (o ganancias) de aire, debidas a fugas pueden ser significativas y deberán tomarse en cuenta al hacer la estimación de cargas térmicas internas.

Las eficiencias típicas de ventiladores van del 50% al 70% con un promedio del 65% de ahí que el 35% de la energía requerida por el ventilador aparece de forma instantánea en el aire, como ganancia de calor. Esto resultará en un pequeño incremento de la temperatura (del orden de 1 °F). Dependiendo del tipo de sistema este calor afectará de forma diferente al sistema.

En caso de un equipo con el serpentín de enfriamiento después del ventilador (Blow-Trough) el serpentín removerá la ganancia de inmediato y la carga del espacio no será afectada, sin embargo cuando el serpentín esté antes del ventilador (Draw-Trough) estas perdidas se convierten en ganancias para el sistema. Para compensar estas pérdidas, se deberá incrementar el flujo de aire o reducir la temperatura del aire de inyección.

10.5 Ganancia debidas al Sistema de Enfriamiento:

Los ductos de inyección y retorno usualmente no contribuyen en forma significativa a la carga térmica del sistema y generalmente es adecuado añadir el 1% a la carga sensible total para compensar estas pérdidas en ductos. En caso de que los ductos sean extremadamente largos y/o pasen por ambientes extremos se deberán efectuar cálculos adicionales de las pérdidas para esas condiciones.

Se recomienda especificar ductos con aislamiento térmico y barrera de vapor, en caso de que pasen por cámaras plenas (Plenums) o plafones, lo anterior, para evitar pérdidas (ganancias de calor) mayores y condensación en los ductos.

Las fugas de aire hacia y desde el sistema de distribución de aire (en ductos de inyección) pueden tener efectos drásticos en el desempeño del sistema. El aire acondicionado que se escapa antes de llegar al difusor o rejilla no ayudará a dispar la carga térmica, si la fuga ocurre en el espacio acondicionado se tendrán problemas de control y/o ruido, pero si la fuga es antes de llegar al espacio acondicionado, entonces se tendrá que compensar inyectando más aire.

10.5 Ganancia debidas al Sistema de Enfriamiento:

. Las fugas en los ductos de aire de retorno, no son tan serias, ya que este no ha sido acondicionado, sin embargo, si la fuga es después de el espacio acondicionado, puede causar un problema con la capacidad del sistema.

Un sistema de distribución con ductos correctamente diseñado e instalados, no deberá presentar fugas mayor al 1% o 2%. En cambio un sistema que no tenga estas características, puede presentar fugas hasta de un 10% a un 30%, lo cual arruinaría la validez de cualquier cálculo de Cargas Térmicas.

10.6 Ejemplos

Esta sección contiene varios ejemplos resueltos, para mostrar a ustedes como usar las Tablas de datos y el procedimiento a seguir.

Ejemplo 10-1 (Iluminación)

Problema: Una oficina privada de 10x12 Ft con piso alfombrado y paredes de tabla-roca, tiene 6 lámparas fluorescentes de 34 Watts a 277 Volts, con gabinetes sin ventilación. Las luces se encienden a las 8:00 AM y permanecen encendidas por 8 horas. Estime las ganancias de calor sensible a las 2:00 PM, a las 4:00 PM y a las 6:00 PM.

10.6 Ejemplos:

Solución: De la Tabla 9-4, el tipo de zona indicado es **B**. Los watts totales instalados son $6 \times 34 = 204$ Watts (Nótese que el promedio es de $204 \text{ Watts} / 120 \text{ Ft}^2 = 1.7 \text{ Watts/Ft}^2$) El factor de uso es de 1.0 (Todas las luces encendidas) el factor CLF de la Tabla 10-1 para zona tipo **B**, 8 horas encendidas y 6 Horas después de encendidas, es de 0.95; Los valores a las 4:00 PM y a las 6:00PM son de 0.96 y 0.12 respectivamente. De ahí que las ganancias sensibles se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla Ejemplo 10-1							
Horario	BTU/watt	Watts	F_{ul}	F_{sa}	(CLF_{el})	q_{el}	
a las 2:00 PM	3.41	204	1	1.2	0.95	793	BTU/Hr
a las 4:00 PM	3.41	204	1	1.2	0.96	801	BTU/Hr
a las 6:00 PM	3.41	204	1	1.2	0.12	100	BTU/Hr

Nótese que la carga residual de las luces, dos horas después de apagadas, es aun mayor que el 10% de la carga a las 4:00 PM.

Ejemplo 10-2 (Motores)

Problema: Compare las ganancias de calor sensible de un motor de 3.0 HP, instalado en una Manejadora de Aire tipo Draw-Trough (Ventilador después de serpentín). El ventilador requiere de 2.0 BHP. En el primer caso tanto el ventilador como el motor están dentro del flujo de aire del espacio acondicionado; en el segundo caso, el motor está fuera de la Manejadora. Finalmente para el segundo caso, determine la ganancia de calor sensible en el cuarto de equipo si este cuarto tiene piso de concreto, muros y plafond. El motor se enciende alas 7:00 AM y funciona por 4 horas al día. Estime las ganancias de calor sensible para el último caso y a las 2:00 PM, a las 4:00 PM y a las 6:00 PM.

Solución: Refiérase a la Tabla 10-3 para un motor de 3.0 HP (suponiendo 3 Fases, 1750 RPM y eficiencia de 81%). El valor de la columna A (para motor y ventilador dentro) es de 9,430 BTU/Hr. El valor de la columna B (solo el ventilador dentro) es de 7,640 BTU/Hr y el valor de la columna C (solo el motor dentro) es de 1,790 BTU/Hr (que es la diferencia entre los dos valores anteriores) El ventilador funciona continuamente, de ahí que $F_{UM} = 1.0$. Ya que el ventilador solo consume 2.0 BHP, estos valores deben ser multiplicados por $F_{LM} = 2/3 = 0.67$. Nótese que en los dos primeros casos, no se utiliza el factor de retraso CLF ya que la lámina de la Manejadora tiene muy baja Inercia Térmica.

Ejemplo 10-2 (Motores)

. . . . De ahí que si el motor está dentro, la ganancia del flujo de aire es de $9,430 \times 0.67 = 6,318$ BTU/Hr y si el motor está fuera la ganancia será de $7,640 \times 0.67 = 5,119$ BTU/Hr.

Para la tercera parte del problema, las pérdidas del motor van directamente al cuarto de equipo. Aplica que sea una zona tipo D para sótano con muros de block de concreto y piso de concreto sin alfombra. Los valores de CLF, de la Tabla 10-2, para 14 horas de operación y para 7, 9 y 11 horas después de encendido el motor son de 0.88, 0.91 y 0.93. Los cálculos restantes se muestran a continuación:

Tabla Ejemplo 10-2								
Horario	BTU/HP.Hr	HP	E_M	CLF	F_{UM}	F_{LM}	q_{em}	
a las 2:00 PM	2,545	3	0.81	0.88	1	0.67	5,558	BTU/Hr
a las 4:00 PM	2,545	3	0.81	0.91	1	0.67	5,747	BTU/Hr
a las 6:00 PM	2,545	3	0.81	0.93	1	0.67	5,873	BTU/Hr

Ejemplo 10-3 (Aparatos)

Problema: La oficina del ejemplo 10-1, contiene una computadora personal con impresora Laser, una copiadora pequeña y una cafetera. Estime el patrón de uso y las ganancias de calor sensible para cada uno de estos aparatos a las 2:00 PM, las 4:00 PM y las 6:00 PM

Solución: Los valores recomendados en la Tabla 10-5a como en la Tabla 10-5b son razonables y los compararemos en la Tabla de abajo:

Aparato	Tabla 10-5a	Tabla 10-5b				
Microcomputadora	133	800				
Impresora	248	1000				
Copiadora	181	3000				
Cafetera	N/A	3,580	Sensible + 1540 Latente			
Valores en BTU/Hr						

Para este ejemplo se tomaron los valores de la Tabla 10-5b. Si este ejemplo estuviese localizado dentro de una oficina grande, abierta y con muchas computadoras, en un lugar de una oficina privada, los valores de la Tabla 10-5a hubiesen sido una mejor selección.

Ejemplo 10-3 (Aparatos)

. Suponga que la computadora y la impresora se encienden a las 8:00 AM y permanecen encendidas por 8 Horas, la copiadora se enciende a las 10:00 AM y solo permanece encendida por 2 horas, la cafetera se enciende solo durante la mañana. Ya que esta área es zona tipo B, entonces el CLF será de la Tabla 10-2 y las cargas de enfriamiento para cada hora, son como se indican en la siguiente tabla:

Tabla 2 Ejemplo 10-3

Aparato	Ganancia de calor	Horas al día	Hora de Arranque	CLF a las			Carga Térmica a las		
				02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.	02:00 p.m	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Computadora	800	8	08:00	0.91	0.95	0.22	728	760	176
Impresora	1000	8	08:00	0.91	0.95	0.22	910	950	220
Copiadora	3000	2	10:00	0.11	0.06	0.04	330	180	120
Cafetera Sensible	3580	4	08:00	0.17	0.10	0.06	609	358	215
Cafetera Latente	1540								
Calor sensible Total (BTU/Hr)							2577	2248	731
Calor Latente Total (BTU/Hr) (solo ocurre de las 8:00 a las 12:00 Horas)							0	0	0

Ejemplo 10-4 (Personas)

Problema: El aula para banda de escuela con 100 asientos, es usada continuamente desde el mediodía hasta las 4:00 PM todos los días. Las primeras dos horas, está al 50% de su capacidad; durante las últimas dos horas está al 80% de su capacidad. Estime la ganancia de calor sensible por personas a las 2:00 pm, 4:00 pm y 6:00 pm.

Solución: Supongamos que los muros son de Block de concreto, se cuenta con unas pocas ventanas y el piso es de concreto, por lo cual esta es una zona tipo **C**. El nivel de actividad puede ser descrito como trabajo sedentario, comparable con un restaurant, de la tabla 10-8 el calor total ajustado por persona es de 275 BTU/Hr Calor Sensible y 275 BTU/Hr Calor Latente. El CLF y la carga sensible se muestran en la tabla a continuación.

A las 2:00 pm hay 50 personas en el cuarto, con otras 30 que entrando. La energía que generan las personas entrando ocurrirá hasta las 3:00 PM. Nótese que la carga latente siempre es instantánea.

Tabla Ejemplo 10-4

Tabla Ejemplo 10-4									
Numero de Personas	Ganancia calor por Persona	Horas / Día	Hora de Arranque	CLF a las:			Carga de Enfriamiento a las:		
				2:00 PM	4:00 PM	6:00 PM	2:00 PM	4:00 PM	6:00 PM
50	275	4	12:00	0.68	0.79	0.18	9,350	10,863	2,475
30	275	2	02:00	0	0.68	0.11	0	5,610	908
	275	(Latente)					13,750	0	0
				Calor sensible Total (BTU/Hr)			9,350	16,473	3,383
				Calor Latente Total (BTU/Hr)			13,750	0	0

10.7 Ejercicios:

10-01: Un salón de clases de computación, de 40x30 Ft. incluye 15 estaciones de trabajo para 30 estudiantes, más dos impresoras y un proyector de cañón. El interior es alfombrado y tiene muros de block de concreto. Las clases inician a las 8:00 AM y terminan a las 3:00 PM. Este salón se usa el 75% del tiempo con tres clases de 40 minutos, luego un receso de 40 minutos. La iluminación es de 1,500 watts con lámparas fluorescentes. Determine la ganancia de calor para cada una de las tres fuentes de calor, Iluminación, Personas y Equipo a las 2:00 PM y a las 4:00 PM.

10-02: Para el ejemplo 10-01, determine la ganancia de calor latente a las 12:00 Hrs.

10-03: La cafetería en un piso de oficinas abre a las 7:30 AM, cierra a las 5:30 PM y tiene una ocupación como se muestra en la tabla a continuación. La comida caliente (desde apertura hasta las 9:00 AM y de las 11:00 AM a las 13:00 Hrs.) se sirve desde un calentador de comida (Food Warmer). Estimar las ganancias de calor sensible y latente de ambas fuentes de calor (personas y Equipo).

Promedio de Ocupación de la Cafetería (Problema 10-03)

Hora del día	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
No. de personas	18	8	8	44	80	62	24	14	9	8

10-04: El propietario de una tienda está considerando cambiar las lámparas actuales (60 lámparas de 40 watts con balastro magnético) por nuevas lámparas T-8 de 40 watts (con balastro electrónico) o por 5,000 watts de lámparas incandescentes para resaltar los productos. La tienda abre a las 9:00 am y cierra a las 9:00 pm, los siete días de la semana. Determine la carga de calor sensible en los tres escenarios a las 10:00 am, 3:00 pm y 8:00 pm. Utilice estos datos para discutir brevemente como es que cada uno afecta la carga térmica del espacio y haga una recomendación al propietario, sobre lo más conveniente, desde el punto de vista del sistema de aire acondicionado.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo XI

Ejemplo de Cálculo de Cargas Térmicas de Enfriamiento y Calefacción:

- 1) 11.1 Definición del problema.
- 2) 11.2 Datos Iniciales Captura y Suposiciones.
- 3) 11.3 Carga de Calefacción.
- 4) 11.4 Carga de Enfriamiento.
- 5) 11.5 Revisión.

Cálculo de Cargas Térmicas Enfriamiento y Calefacción:

Objetivos de esta sección:

En esta sección se aplicarán todos los nuevos conocimientos de este curso en el diseño térmico de un restaurant de comida rápida (Fast Food). Iniciaremos con la definición del problema, luego procederemos paso a paso. En la medida en que resolvemos nuestro problema, la técnica de cada uno de ustedes se hará mas fluida e integrada. Sin embargo para asegurarnos de que cada uno de los pasos sea entendido totalmente, utilizaremos esta sección con la técnica de que este proyecto represente el examen final de su curso, más todavía tenemos más material de trabajo en nuestra última sección XII, que ustedes ejecutarán por su cuenta y con nuestro apoyo.

Cálculo de Cargas Térmicas Enfriamiento y Calefacción:

11.1 Descripción del problema:

Se trata de un nuevo restaurant de comida rápida localizado en Maryland, un poco al Noreste de Washington, D.C. las dimensiones del edificio se muestran en el plano de planta de la Figura 11-1a, así como en los detalles en corte de los muros y techo en la Figura 11-1b. El área de restaurant está orientada hacia el sur y se cuenta con un volado de 5.0 Ft. a 10.0 Ft de altura alrededor del área del restaurant solamente. El piso es una losa de 5.0 pulg. de espesor, de terrazo, con todo el perímetro aislado.

Las ventanas del área del restaurant son de 5.5 Ft de altura (desde 2.5 Ft. del nivel de piso hasta los 8.0 Ft. de altura), esto permite columnas de con 8.0 Ft de separación que son difíciles de aislar y supondremos que tienen una pérdida similar a la de las ventanas. La pared hacia el Este del área de comida, contiene dos secciones de vidrio, una sección de muro y la entrada principal. Se ignora la eficiencia térmica del la entrada con doble puerta. La combinación de los vidrios y puertas de entrada, son comparables con las ventanas de esta área

Cálculo de Cargas Térmicas Enfriamiento y Calefacción:

11.1 Descripción del problema:

. . . . que son de (9.35 x 5.5 Ft). El área de los vidrios del área de servicio en coche (Drive-Up) es similar a las ventanas a las del comedor (9.35 x 5.5 Ft) y el muro de la saliente de esta área de servicio en coche (Drive-Up) puede ser incluido en el área de muro al Oeste.

Hay tres puertas al exterior: una, de vidrio de 32x80 pulg. en el lado sur, dos de vidrio de 32x80 pulg. en la parte exterior de el entrada principal y una para servicio de metal aislado (sin rompimiento térmico), de 36x80 pulg. hacia el lado norte. Suponemos que las puertas de vidrio son equivalentes a 0.25 pulg. de policarbonato/acrílico para puertas dobles con marco de aluminio, sin rompimiento térmico. Todas las ventanas son fijas, de doble vidrio claro de 0.25 pulg. con espacio de aire de 0.50 pulg. y marcos de aluminio fijos.

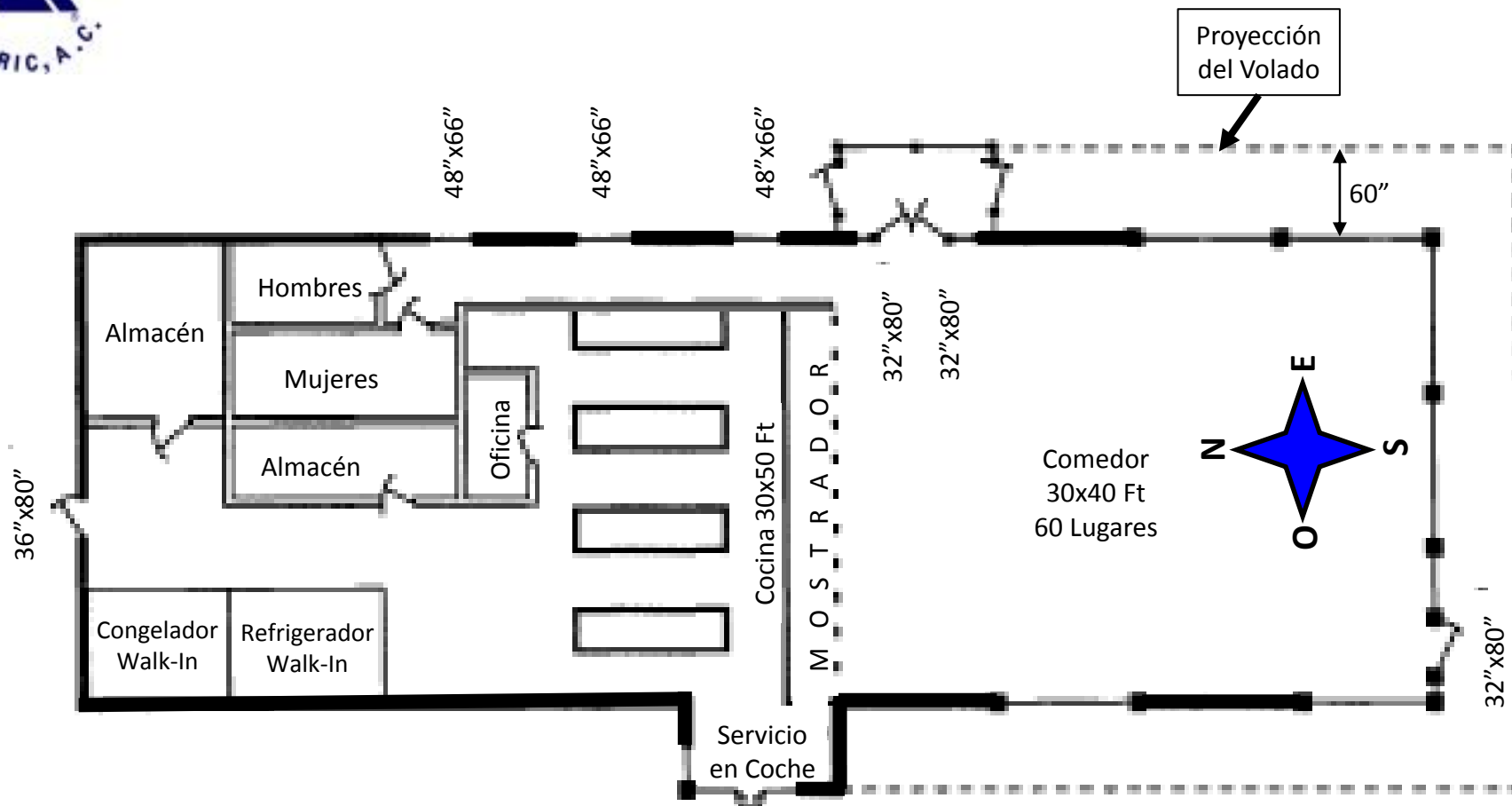
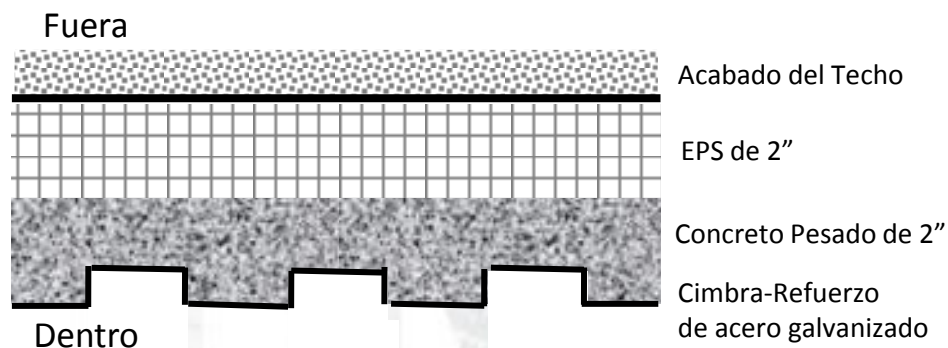
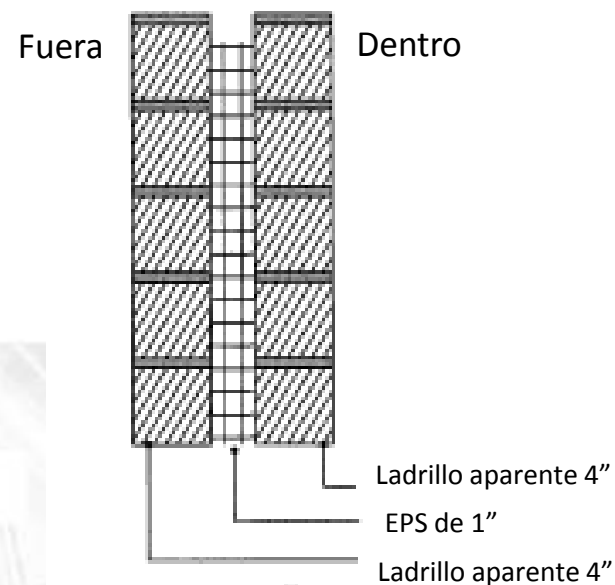


Figura 11-1a Plano de Planta Restaurant



Detalle del Techo

Nota: EPS = Poliestireno Expandido



Detalle del Muro

Figura 11-1b Cortes Transversales de Muro y Techo

Tabla 11-1 Equipo de Cocina

Cant.	Descripción/Capacidad
1	Congelador de 8x10 Ft (Entrada a pesonas) (Walk-In)
1	Refrigerador de 8x10 Ft (Entrada a personas)(Walk-In)
2	Congeladores de 10 Ft ³
2	Refrigeradores de 8 Ft ³
2	Máquina para hacer hielo (10 Lbs/Hr)
2	Despachadores de Refrescos
4	Horno de Microondas Comercial
2	Parrillas de Gas de 36x36 pulg. (Uno de Reserva)
4	Freidoras profundas de alta capacidad
2	Vaporizadores (steamers)
4	Calentadores Infrarojos de comida de 36 pulg.
3	Cajas registradoras electrónicas
2	Cafeteras comerciales de 12 Tasas
1	Calentador de agua de 12 Galones (45 Litros)

Tabla 11-2. Extracciones en Cocina

Cant.	Localización	Capacidad c/u
2	Parrillas (1 de reserva)	1,600 cfm
2	Freidoras	900 cfm
2	Vaporizadores	600 cfm
1	Baños	500 cfm

Cálculo de Cargas Térmicas Enfriamiento y Calefacción:

11.1 Descripción del problema:

. . . . Se cuenta con 25 lámparas en el comedor, 20 en la cocina, dos en cada baño, una en la oficina y una en cada uno de los almacenes. Cada lámpara es de 2 tubos fluorescentes de 35 watts c/u, son empotradas y sin ventilación. También hay 10 lámparas de 150 watts c/u en el volado exterior y 6 de 250 watts en el estacionamiento.

Los planos y especificaciones indican los aparatos que se encuentran en la cocina y están listados en la Tabla 11-1. Nótese que de las parrillas (Broilers) son dos pero solo uno es operativo, el otro es de reserva. Tanto el Congelador como el Refrigerador tienen sus unidades de condensación en la azotea, pero todas las otras unidades son auto-contenidas. También se cuenta con 7 extractores uno sobre cada parrilla (broiler), otro sobre cada par de Freidores, otro sobre cada Vaporizador y uno mas para los Baños, estos está enumerados en la Tabla 11-2.

11.2 Acopio de Datos y Suposiciones:

Su primera llamada deberá ser al gerente de una tienda similar en tamaño y servicios, cuando le mencione que se trata de una tienda de 60 lugares él verá que es similar. Usted sabrá que se están usando cuatro unidades paquete, dos para el comedor y dos para la cocina, (Se utilizan varias unidades para asegurar algo de confort cuando se presenten fallas) y usted podrá obtener información útil sobre la ocupación de la tienda como se anota en la Tabla 11-3.

El siguiente paso es obtener la información ambiental (interiores), misma que se puede obtener de varias fuentes, como lo es ASHRAE *capítulo 3 del manual HVAC Applications* bajo el rubro “restaurants” y verá que las condiciones interiores recomendadas son:

Invierno: de 70° a 74° F, con 30% a 40% Humedad relativa

Verano: de 74° a 78° F; con 55% a 60% Humedad relativa.

También se requiere de obtener las condiciones exteriores de diseño, que también se pueden encontrar en ASHRAE u otras fuentes, para nuestro caso se obtuvieron de ASHRAE y se resumen en la Tabla 11-4.

Tabla 11-3 Cédula de Ocupación

Hora	Empl.	Clientes	Hora	Empl.	Clientes	Hora	Empl.	Clientes
0100	0	0	0900	5	10	1700	6	26
0200	0	0	1000	6	12	1800	6	50
0300	0	0	1100	6	28	1900	6	40
0400	0	0	1200	6	45	2000	4	34
0500	0	0	1300	6	42	2100	4	22
0600	3	0	1400	4	26	2200	3	12
0700	5	12	1500	4	18	2300	3	0
0800	5	20	1600	5	22	2400	2	0

Tabla 11-4 Datos Climáticos

Proyecto: Restaurant Fast Food	Localización: Andrews AFB
Latitud 39° Norte	Temperatura Bulbo Seco Verano 91° F
Longitud 76° Oeste	Temperatura Bulbo Húmedo Verano 74° F
Temp. Bulbo Seco Invierno 18°F	Gama diaria de variación 18.7° F
Ventilación Recomendada 5,100 cfm	

11.2 Acopio de Datos y Suposiciones:

Debido a que no se cuenta con datos exactos de esta localidad, se deberá obtener datos de la estación metereológica más cercana, condiciones que cumple la base Andrews de la Fuerza Aerea (Andrew AFB) sin embargo usted puede haber seleccionado las condiciones del 99.6% y 0.4% del tiempo, o haber utilizado los datos del Aeropuerto BWI de Baltimore, en ambos casos las repuestas será diferentes, pero no necesariamente equivocadas. Esta es solo una de las varias suposiciones que tendrá que hacer para resolver el problema.

En la Tabla 11-4, el valor de 1,320 cfm para la ventilación, sería correcto para el máximo de 66 Personas (60 clientes y 6 empleados) a razón de 20 cfm/persona (ver sección 6 de este curso) y que para la cocina se suministrase el aire de repuesto que las extracciones expulsan. Sin embargo, en este caso los ventiladores extraen 5,100 cfm y el sistema de ventilación debe suministrar un caudal igual para que los sistemas funcionen adecuadamente. En caso que el aire de repuesto fuese menor al de extracción, cada vez que se abriese la puerta se tendría un gran ingreso de aire del exterior y como los extractores estarían buscando más aire, el comedor se llenaría de humo y olores de la cocina.

11.2 Acopio de Datos y Suposiciones:

. A continuación calcularemos los factores U para los muros y techo. Refiérase a la Figura 11-1 de la sección 4 y al Apéndice A para ayuda al completar la Tabla 11-5a.

Tabla 11-5a. Factores U. Muros y Techo				
Tipo Muro	Ladrillo/Aislamiento/ Ladrillo	Valores R de los componentes		
1				
2				
3				
4				
5				
Valor de R_{total}			Hr.Ft ² .°F/BTU	
factor $U = 1/R_{tot} = 1/$ _____ =			BTU/Hr.Ft ² .°F	
Tipo de Techo	Acabado/aislamiento/Co ncreto	Valores R de los componentes		
1				
2				
3				
4				
5				
Valor de R_{total}			Hr.Ft ² .°F/BTU	
factor $U = 1/R_{tot} = 1/$ _____ =			BTU/Hr.Ft ² .°F	

11.2 Acopio de Datos y Suposiciones:

. El valor ***R*** del ladrillo se supuso para una densidad de 150 Lbs/Ft³ , el valor tabulado de ***k***, es de 0.11 Hr.°F.Ft²/BTU-Pulg. por lo tanto la ***R*** del ladrillo de 4.0 pulg, es de 0.44 Hr.°F.Ft²/BTU-Pulg.

De forma similar se calcula el valor ***R*** de la losa de concreto de 2.0 pulg. de espesor y suponiendo una densidad de 130 Lbs/Ft³.

Hay más componentes, de los que debemos calcular sus valores de ***R***. Nótese que se requiere de los Valores para las cuatro orientaciones (Norte, Sur, Este y Oeste), así como que el piso y los plafones están divididos en cocina y comedor de tal forma que tendremos zonas diferentes y deben tratarse por separado. Refiérase a las secciones 2,4,5 y 9 así como a la figura 11-1 para llenar los datos requeridos en la Tabla 11-6a (redondeé las áreas a lo Ft² mas cercanos). Las repuestas las veremos a continuación.

Tabla 11-5a. Factores U. Muros y Techo				
Tipo Muro	Ladrillo/Aislamiento/ Ladrillo	Valores R de los componentes		
1	Película aire exterior	0.17		
2	Ladrillo 4 pulg.	0.44		
3	EPS de 1.0 pulg.	5.00		
4	Ladrillo 4 pulg.	0.44		
5	Película aire interior	0.68		
Valor de R_{total}		6.73	Hr.Ft ² .°F/BTU	
factor $U = 1/R_{tot} = 1/6.73 =$		0.15	BTU/Hr.Ft ² .°F	
Tipo de Techo	Acabado/aislamiento/ Concreto	Valores R de los componentes		
1	Película aire exterior	0.17		
2	Acabado del Techo	0.33		
3	EPS de 2 pulg.	10.00		
4	Concreto de 2 pulg.	0.20		
5	Película aire interior	0.61		
Valor de R_{total}		11.31	Hr.Ft ² .°F/BTU	
factor $U = 1/R_{tot} = 1/11.31 =$		0.09	BTU/Hr.Ft ² .°F	

11.2 Acopio de Datos y Suposiciones:

El comedor, no tiene muro al Norte ya que da a la cocina. El área del muro sur fue calculada, midiendo todo el muro y deduciendo el área de las puertas y ventanas.

De la misma forma calcularemos las demás áreas de muros, puertas y ventanas, tanto del comedor como de la cocina que son las dos zonas que analizaremos a detalle.

También debemos calcular el perímetro de los pisos y supondremos que la losa del piso tiene una pérdida de 0.81 BTU/Hr.Ft.°F por cada pie de perímetro en cada una de las dos áreas. Los valores para las puertas de vidrio y metal se muestran en la Tabla 9-1 con ID #2 y #5 respectivamente. Suponemos que las ventanas no tienen rompimiento térmico (Thermal Break). El valor de U de la puerta aislada orientada al Norte, se muestra en la Tabla 2-2.

Tabla 11-6a Areas y Factores U, de los Componentes

Factor U del Piso <u>0.81</u> BTU/Hr.Ft ² .°F								
Factor U de las Ventanas <u>0.64</u> BTU/Hr.Ft ² .°F								
Factor U de las Puertas de Vidrio <u>1.14</u> BTU/Hr.Ft ² .°F								
Factor U de la Puerta de Metal <u>0.40</u> BTU/Hr.Ft ² .°F								
	COMEDOR					COCINA		
	Area Muro	Area Neta del Muro	Vidrio	Puertas		Area Muro	Area Neta del Muro	Puertas
Norte	Esp. Calent	0	0	0		300	280	20
Este	400	235	129	36		500	434	0
Sur	135	128	154	18		Esp Calent	0	0
Oeste	400	297	103	0		600	545	0
Piso	Per 110	110 Ft	0	0		Per 140	140 Ft	0
Plafond	1200	1200	0	0		1550	1550	0

11.3 Carga térmica de Calefacción:

Ahora ya contamos con toda la información requerida para poder calcular la carga de calefacción. Ingresaremos los valores en la Tabla 11-7a mostrada a continuación:

Debemos recordar que la carga de calefacción se calcula con una temperatura interior de 65 °F y debemos notar que la carga por ventilación está repartida igual entre las dos zonas y también veremos que representa mas del 80% de la carga de calefacción y por esto es conveniente hacerle una recomendación al propietario para cambiar el sistema de ventilación, por uno que tenga el 90% del suministro del aire de extracción con una manejadora de aire de repuesto dedicado y el otro 10% a través de los equipos; lo anterior representará un ahorro significativo en capacidad de los equipos y en consumo de energía. Después de la perdida por ventilación, la pérdida por ventanas es la más significativa. Nótese que las cargas de calefacción para comedor y cocina son muy parecidas, lo cual nos sugiere que tengamos cuatro equipos iguales, añadiendo un 10% de capacidad de reserva, que será muy útil para el arranque en mañanas muy frías y para rápidamente dar la capacidad en caso de apertura prolongada de las puertas.

Tabla 11-7a Carga Térmica Calefacción

Comedor	Factor U	Area	Dif. de Temp.	Pérdida Total	
Norte	0.00	0	47	0	
Este	0.15	235	47	1,657	
Sur	0.15	128	47	902	
Oeste	0.15	297	47	2,094	
Ventanas	0.64	386	47	11,611	
Puertas	1.14	54	47	2,893	
Plafones	0.09	1200	47	5,076	
Piso	0.81	110	47	4,188	
Infilt/Vent.	1.09	2550	47	130,637	
Pérdida Total de la Zona				159,058	BTU/Hr.
Cocina	Factor U	Area	Dif. de Temp.	Pérdida Total	
Norte	0.15	280	47	1,974	
Este	0.15	434	47	3,060	
Sur	0.00	0	47	0	
Oeste	0.15	545	47	3,842	
Ventanas	0.64	121	47	3,640	
Puertas	0.40	20	47	376	
Plafones	0.09	1550	47	6,557	
Piso	0.81	140	47	5,330	
Infilt/Vent.	1.09	2550	47	130,637	
Pérdida Total de la Zona				155,416	BTU/Hr.

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

El cálculo de la carga térmica de enfriamiento, lo haremos de una forma más rápida, ya que ahora contamos con muchos de los valores requeridos. Tendremos cuatro secciones para nuestro cálculo, como sigue:

- 1) Conducción a través de Techo, muros y vidrios.
- 2) Ganancia solar en vidrios
- 3) Ganancias Internas de Luces, Motores, Aparatos y Personas.
- 4) Ventilación e infiltración.

Recordemos que los primeros dos resultan en solo carga sensible y los últimos dos tendrán el componente de Calor Sensible y el componente de Calor Latente. También deberemos seleccionar una Hora y Mes adecuados. Dado que la carga máxima de enfriamiento ocurre durante las últimas horas de la tarde, supondremos que esto sucede a las 6:00 pm EDT que es igual que las 5:00 pm EST (Eastern Standar Time). A esta hora el sol aparecerá bajo el volado y también se tendrá el mayor número de personas en el comedor.

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

1) *Conducción:* Llene los datos de la Tabla 11-8a (a continuación mostrada) Los Factores U ya fueron determinados antes. Encuentre los CLTD (recuerde corregirlos) en la Tabla 9-1 del Apéndice C.

Hemos supuesto que la masa de concreto de 2.0 pulg. en el techo está dentro del aislamiento con $R = 11.3 \text{ Hr.BTU.}^{\circ}\text{F.Ft}^2/\text{BTU}$ y con plafond , con esto obtenemos un Techo número 13. Tomando el muro con $R = 6.6 \text{ Hr.BTU.}^{\circ}\text{F.Ft}^2/\text{BTU}$ el Apéndice B, nos informa que tenemos un muro número 16.

A esta hora las CLTD del Techo, Muro Norte y Vidrios son de 46°F , 13°F y 13°F respectivamente. Cada una de estas CLTD deberá ser corregida para la temperatura ambiente como sigue: $((91-19/2) - 85)) = -3^{\circ}\text{F}$ y Para el piso tendremos una temperatura promedio de $((91-19/2)-78)) = -4^{\circ}\text{F}$.

Tabla 11-8a Carga Térmica Enfriamiento					
Comedor	Factor U	Area	Dif. de Temp.	Ganancia Total	
Norte		0			
Este		235			
Sur		128			
Oeste		297			
Ventanas		386			
Puertas		54			
Techo		1200			
Piso		110			
Ganancia Conducción de la Zona					BTU/Hr.
Cocina	Factor U	Area	Dif. de Temp.	Ganancia Total	
Norte		280			
Este		434			
Sur		0			
Oeste		545			
Ventanas		121			
Puertas		20			
Techo		1550			
Piso		140			
Ganancia Conducción de la Zona					BTU/Hr.

Tabla 11-8b Carga Térmica Enfriamiento

Comedor	Factor U	Area	Dif. de Temp.	Ganancia Total	
Norte	0	0	0	0	
Este	0.15	235	28	987	
Sur	0.15	128	17	326	
Oeste	0.15	297	14	624	
Ventanas	0.64	386	10	2470	
Puertas	1.14	54	10	616	
Techo	0.09	1200	43	4644	
Piso	0.81	110	4	356	
Ganancia Conducción de la Zona				10023	BTU/Hr.
Cocina	Factor U	Area	Dif. de Temp.	Ganancia Total	
Norte	0.15	280	10	420	
Este	0.15	434	28	1823	
Sur	0	0	0	0	
Oeste	0.15	545	14	1145	
Ventanas	0.64	121	10	774	
Puertas	0.40	20	10	80	
Techo	0.09	1550	43	5999	
Piso	0.81	140	4	453	
Ganancia Conducción de la Zona				10695	BTU/Hr.

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

2) *Ganancia Solar:* Para Calcular las ganancias solares, aplicaremos las técnicas aprendidas en la sección 9, utilice esos datos para completar la Tabla 11-9a y llénela. Las Tablas 9-4a y 9-4b nos indican el tipo de zona y la Tabla 9-5, se utiliza para determinar la carga de enfriamiento solar. La Tabla 9-3 nos proporciona el valor del Coeficiente de Ganancia Solar (SHGC), también utilizaremos la Figura 9-9, para la Altitud y Azimut Solares. Intentemos llenar la Tabla 11-9a antes de ver las respuestas.

Ya que contamos con tres muros expuestos al exterior, Piso de concreto, Muros de ladrillo (block) y sin sombreado interno, en cada una de las dos zonas, estas resultan ser del Tipo C, para Ganancia Solar, Personas e Iluminación, este tipo de zona se utilizó para determinar los SCL de la Tabla 9-5.

También requerimos determinar el ángulo de la sombra. Usando los ángulos de la Altitud y Azimut solares, de 24° y 97° respectivamente y de la Tabla 9-9, para Julio a las 0700 Horas, que es lo mismo que para las 1700 Horas. Encontramos que solo las ventanas al Oeste están expuestas al sol.

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

. Los valores de SCL, para las ventanas hacia el Este y el Sur, son significativamente menores y representan los efectos residuales de la radiación solar más temprano en el día. La altura de la sombra causada por el volado de 5.0 Ft (60 pulg), es como sigue:

$$SH = PH.(\tan \Omega) = 60 (\tan 24^\circ) = 60 \times 0.445 = 27 \text{ pulg.}$$

Ya que el volado está a 10 Ft de altura y los vidrios terminan a 8.0 Ft de altura, solo las 3.0 pulgadas de la parte alta del vidrio de las ventanas al Oeste, estarán sombreadas el resto de la ventana estará soleado. La ventana en el área de servicio en coche, estará totalmente soleada ya que no cuenta con volado alguno.

Tabla 11-9a Ganancias Solares					
Comedor	SHGC	Area	SCL	Ganancia Total	
Norte					
Este					
Sur					
Oeste (Sombra)					
Oeste (Soleado)					
Ganancia Solar Total de la Zona				0	BTU/Hr.
Cocina	SHGC	Area	SCL	Ganancia Total	
Norte					
Este					
Sur					
Oeste (Soleado)					
Ganancia Solar Total de la Zona				0	BTU/Hr.

Tabla 11-9b Ganancias Solares					
Comedor	SHGC	Area	SCL	Ganancia Total	
Norte	0.64	0	29	0	
Este	0.64	129	37	3,055	
Sur	0.64	154	33	3,252	
Oeste (Sombra)	0.64	5	29	93	
Oeste (Soleado)	0.64	98	156	9,784	
Ganancia Solar Total de la Zona				16,184	BTU/Hr.
Cocina	SHGC	Area	SCL	Ganancia Total	
Norte	0.64	0	29	0	
Este	0.64	66	37	1,563	
Sur	0.64	0	33	0	
Oeste (Soleado)	0.64	55	156	5,491	
Ganancia Solar Total de la Zona				7,054	BTU/Hr.

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

3) *Ganancias Internas (Personas, Luces y Aparatos):* La tercera parte del cálculo de la carga de enfriamiento, se refiere a las cargas Internas. Regrese a la Tabla 11-1, y antes de ver las respuestas, busque valores de Calor Sensible y Latente, razonables para cada aparato en la Tabla 10-7. Los datos y ecuaciones para calcular la ganancia por iluminación de la Tabla 11-11, también se encuentran en la sección 10. Estime la carga sensible y latente por personas a esta hora utilizando las Tablas 10-2 y 10-8.

Tabla 11-10 Ganancia por Aparatos

Cant.	Descripción	Sensible c/u	Latente c/u	Sensible Total	Latente Total
1	Congelador de 8x10 Ft (entrada a pesonas) (Walk-In)	0	0	0	0
1	Refrigerador de 8x10 Ft (entrada a personas)(Walk-In)	0	0	0	0
2	Congeladores de 10 Ft ³	1,090x(10/18) Ft ³	0	1,211	0
2	Refrigeradores de 8 Ft ³	665x(8/10) Ft ³	0	1,064	0
2	Máquina para hacer hielo (10 Lbs/Hr)	9,320	0	18,640	0
2	Despachadores de Refrescos	0	0	0	0
4	Horno de Microondas Comercial	8,970	0	35,880	0
2	** Parrillas de Gas de 36x36 pulg. (Una de Reserva)	5,340/Ft ²	0	48,060	0
4	** Freidoras 30" profundidad, de alta capacidad	1,900	0	7,600	0
2	** Vaporizadores 50 Lb (steamers)	11 / Lb	0	1,100	0
4	Calentadores Infrarojos de comida de 36 pulg.	990 / Ft	0	11,880	0
3	Cajas registradoras electrónicas	160	0	480	0
2	Cafeteras comerciales de 12 Tasas	3,750	1,910	7,500	3,820
1	Calentador de agua de 120 Galones (45 Litros)	500	500	0	0
				133,415	
	Ganancia Total por Aparatos (133,415x0.96)			128,078	3,820
** Con Extractor					

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

El total de la ganancia por iluminación está dado por las siguientes ecuaciones donde las luces permanecen encendidas por 16 Horas al día y en donde se analiza la zona tipo C, para 11 horas después de que las luces han sido encendidas. Cada lámpara de 2x35 watts = 70 watts y debemos multiplicar, por 1.2 (debido a los Balastros). Los valores de CLF vienen de la Tabla 10-1. Note que la información de las luces exteriores y de seguridad no es requerida.

$$q_{el} = 3.41 \times W \times (Ful \times Fsa) \times CLF_{el}$$

$$\text{Para el comedor } q_{el} = 3.41 \times 25 \times 70 (1.0 \times 1.2) \times 0.95 = 6,803 \text{ BTU/Hr.}$$

$$\text{Para la cocina } q_{el} = 3.42 \times 27 \times 70 (1.0 \times 1.2) \times 0.95 = 7,347 \text{ BTU/Hr}$$

Los valores anotados en la Tabla 11-10 son los recomendados para equipos sin extracción, excepto en donde se apunta. Note que el congelador y Refrigerador (tipo walk-in), no contribuyen a la carga ya que toda su energía es descargada al exterior.

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

Los despachadores de refrescos, aunque están en la lista, contribuyen en muy poco o nada, ya que no están asociados con ningún equipo de refrigeración. Los datos de las cajas registradoras, viene de la Tabla 10-5a . El calentador de agua se estimó como de 2 Ft de diámetro y 5 Ft de altura con aislamiento $R = 4.0 \text{ Hr.}^\circ\text{F.Ft}^2/\text{Btu}$ con 70°F de diferencial de temperatura y se suponen 12 Horas de 18 horas de operación, la CLF de la Tabla 10-4 es de 0.96.

La carga por ocupación es la más difícil de predecir, ya que las personas entran y salen constantemente. La Tabla 11-11A nos muestra una forma razonable de estimar el valor de la carga por ocupación. En este modelo, se supuso una base de 25 personas y otros 25 que entran a las 6:00 pm. Note que la energía almacenada por las personas que entraron al mediodía y en la mañana, ha desaparecido por la tarde casi en forma total. La carga sensible y latente por personas que ocupan un restaurant nos la proporciona la Tabla 10-8 y nos indica que son 275 BTU/Hr sensibles y 275 BTU/hr latentes. La carga latente debe ser removida de inmediato y para la carga sensible aplica el valor de CLF.

Tabla 11-11 Ganancias Luces y Personas

Luces Comedor		Carga por Luces = BTU/Hr						
Luces Cocina		Carga por Luces = BTU/Hr						
Personas Area de Comedor								
Hora de Entrada	Número Total de Personas	Personas nueva entrada	Horas desde la entrada hasta las 18:00	Total de Horas adentro	CLF CLF _p	BTU cada uno	Total	
								BTU/Hr Sensible
								BTU/Hr Latente
Personas Area de Cocina								
Hora de Entrada	Número Total de Personas	Personas nueva entrada	Horas desde la entrada hasta las 18:00	Total de Horas adentro	CLF CLF _p	BTU cada uno	Total	
								BTU/Hr Sensible
								BTU/Hr Latente

Tabla 11-11 Ganancias Luces y Personas

Tabla 11-11 Ganancias Luces y Personas								
Luces Comedor		Carga por Luces = 6,803 BTU/Hr						
Luces Cocina		Carga por Luces = 7,347 BTU/Hr						
Personas Area de Comedor								
Hora de Entrada	Número Total de Personas	Personas nueva entrada	Horas desde la entrada hasta las 18:00	Total de Horas adentro	CLF CLF _p	BTU cada uno	Total	
10:00	25	25	8	12	0.91	275	6,256	
18:00	50	25	1	2	0.60	275	4,125	
							10,381 BTU/Hr Sensible	
18:00	50					275	13,750 BTU/Hr Latente	
Personas Area de Cocina								
Hora de Entrada	Número Total de Personas	Personas nueva entrada	Horas desde la entrada hasta las 18:00	Total de Horas adentro	CLF CLF _p	BTU cada uno	Total	
7:00	6	0	11	16	0.94	275	1,551 BTU/Hr Sensible	
18:00	6					275	1,650 BTU/Hr Latente	

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

4) *Ventilación e Infiltración:* El cuarto y final paso de las cargas internas es determinar la carga por ventilación e infiltración. El caudal total de extracción es de 5,100 cfm que debe ser reemplazado con aire exterior y la energía removida por el sistema de enfriamiento, pero como este proceso ocurre en la manejadora de aire o la Unidad paquete, esta carga no es parte de la carga del espacio. Refiérase a la sección 6 y vea si puede calcular la carga sensible y latente de la ventilación. Si no está usted familiarizado con la carta psicrométrica, a continuación se proporcionan datos , La humedad absoluta interna y externa son $0.011 \text{ Lb}_{\text{agua}}/\text{Lb}_{\text{aire}}$ y $0.0142 \text{ Lb}_{\text{agua}}/\text{Lb}_{\text{aire}}$ respectivamente.

Calcular:

$Q_{\text{sensible}} =$

$Q_{\text{latente}} =$

Tal como lo hicimos con la carga de calefacción, supondremos que el aire de ventilación es suministrado por cada una de las cuatro unidades paquete en igual cantidad (2,550 cfm en la cocina y 2,550 cfm en el comedor).

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

. Ya que las temperaturas interior y exterior son de 78 °F y 91 °F, la ganancia sensible por ventilación será de:

$$\begin{aligned}q_{\text{sensible}} &= 1.10 \times Q \times (t_0 - t_1) = \\&= 1.10 \times 2,550 \times (91 - 78) = \\&= 36,465 \text{ BTU/Hr}\end{aligned}$$

Para determinar la carga latente, se deberá utilizar una carta psicrométrica y encontrar la humedad absoluta a las condiciones del aire interior y exterior. Dadas las condiciones de 55% Humedad relativa interior y 74 °F Temperatura de bulbo húmedo exterior, las humedades absolutas interior y exterior son de 0.011 y 0.0142 como antes lo habíamos anotado. Por lo tanto al calor latente debido a la ventilación es de:

$$\begin{aligned}q_{\text{latente}} &= 4,840 \times Q \times (W_0 - W_1) = \\&= 4,840 \times 2,550 \times (0.0142 - 0.0110) = \\&= 39,494 \text{ BTU/Hr.}\end{aligned}$$

Finalmente haremos un resumen de las cargas de calefacción.

11.4 Carga térmica de Enfriamiento:

. y enfriamiento como se muestra en la Tabla 11-13. Las cargas sensible y Latente para las dos zonas, Comedor y Cocina se anota en esta tabla.

Tabla 11-13 Resumen de Cargas Térmicas					
		Comedor		Cocina	
De la Tabla		Sensible	Latente	Sensible	Latente
11-7b	Pérdida Calor (Calefacción)	159,058	0	155,416	0
	Ganancia de Calor (Enfr)				
11-8b	Muros, Techo, Vidrios	10,023	0	10,695	0
11-9b	Ganancia Solar	16,184	0	7,054	0
	Iluminación	6,803	0	7,347	0
11-11	Equipo de Cocina	0	0	128,558	3,820
11-12	Personas	10,381	13,750	1,551	1,650
	Ventilación	36,465	39,494	36,465	39,494
Total de cargas Térmicas Enfriamiento		79,856	53,244	191,670	44,964
Gran Total Carga Enfriamiento = 369,734 BTU/Hr = 30.81 TR					

11.5 Revisión Final:

Una vez que las cargas de calefacción y enfriamiento han sido calculadas, es una buena práctica revisar los resultados y ver en donde ocurren las cargas mayores y si estos valores parecen razonables. En la Tabla 11-13, se puede notar, que la carga mayor para el comedor, es debida a la ventilación y la ganancia solar a través de las ventanas. El caudal de ventilación está muy bien definido, sin embargo, la hora seleccionada para nuestro análisis (6:00 pm EDT o 17:00 EST) se basó primero en el mayor nivel de ocupación y tiene también la mayor ganancia solar ya que la línea de sombra del volado, está cerca de la parte más alta de las ventanas. Una hora más temprano, el sol estará más alto y se tendrá un mayor sombreado en las ventanas, una hora más tarde, la intensidad del SCL hubiese disminuido considerablemente, de 156 a 128 (Ver Tabla 9-5).

Es fortuito, que en este caso el pico de carga por ocupación ocurre en forma simultánea al pico de carga por asoleamiento, esto no siempre ocurre y usualmente se tendrán que efectuar varios cálculos, a diferentes horas para asegurarse de que se tiene la condición de carga máxima.

11.5 Revisión Final:

. En la cocina la mayor parte de la carga, es debida al equipo, quizá se deba revisar el tamaño de las parrillas ya la capacidad de los ventiladores de extracción, un pequeño cambio (en ambos sentidos) en el caudal (cfm) puede tener un efecto importante en la carga térmica. Muy a menudo, en las fases primarias del proyecto se hacen algunas suposiciones con valores estimados para permitir el avance del proyecto, sin embargo, con mayor avance en el proyecto, a menos que alguien haga la pregunta correcta a la persona adecuada, los valores revisados, podrían no se incluirse nunca.

Finalmente, compare las cargas totales de enfriamiento y calefacción con las de experiencias previas. En este caso, la carga total de enfriamiento (sin incluir la ventilación) es de cerca de 4.0 TR (Toneladas de Refrigeración) para un área de piso de 1,200 FT², o sea, de 300 FT²/TR. Este valor está dentro de lo esperado para comedores. Puede usted llamar a algún gerente de restaurant similar y preguntar ¿Cuál es su capacidad instalada? Y esto puede ser una gran ayuda para confirmar la validez de sus cálculos.

11.6 Ejercicios:

11-01 Calcule las cargas térmicas del edificio analizado, para las 6:00 EDT habiéndolo girado 90° en el sentido del reloj (el Norte, ahora será el Este).

11-02 Calcule las cargas térmicas con el diseño original, pero ahora a las 12:00 Horas.

11-03 Calcule las cargas térmicas con el diseño original, pero ahora para la ciudad de Detroit, Mi. A las 6:00 pm EDT (= 17:00 EST) en Julio.

*Por su muy valioso tiempo y
dedicada atención,
Muchas GRACIAS.*

*Ha sido un verdadero
placer trabajar con ustedes*

Me pongo a sus apreciables órdenes en:

aibarra1943@hotmail.com