
ANALISIS DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA
A NIVEL DOMESTICO EN MEXICO Y PROCEDIMIENTO
DE ESTIMACION DE AHORROS DE ENERGIA ELECTRICA
EN CASAS HABITACION UBICADAS EN REGIONES DE
CLIMA CALIDO SECO.

PARTE 2 de 2

Ing. Odón de Buen Rodríguez

Programa Nacional del Uso
Racional de la Energía

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Noviembre de 1987.

I N D I C E

INTRODUCCION

1

ANALISIS DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA A NIVEL DOMESTICO EN MEXICO

1. El consumo de energía en el sector residencial, comercial y de servicios a nivel nacional 1
2. El consumo de energía eléctrica a nivel nacional 1
3. El consumo de energía eléctrica a nivel doméstico en México 3
4. Evolución del precio de la energía eléctrica para servicio doméstico 4
5. Consumos típicos diarios de equipos electrodomésticos 5
6. Clima y consumo eléctrico doméstico 7
7. Conclusiones 9

PROCEDIMIENTO DE ESTIMACION DE AHORROS DE ENERGIA ELECTRICA POR MEJORAS REALIZADAS A CASAS HABITACION UBICADAS EN REGIONES DE CLIMA CALIDO SECO

- I. Procedimiento general 11
- II. Cálculo de ganancias térmicas por conducción y convección 13
- III. Cálculo de ganancias térmicas por radiación solar 16
- IV. Cálculo de ganancias térmicas por infiltración 19
- V. cálculo de ganancias térmicas por carga interna 20
- VI. Ejemplo de aplicación 21

MEJORAS RECOMENDADAS PARA LA REDUCCION DEL CONSUMO ELECTRICO EN CASAS HABITACION UBICADAS EN REGIONES DE CLIMA MUY CALIDO

34

ANEXO A

36

BIBLIOGRAFIA

38

PARTE 2

PROCEDIMIENTO DE ESTIMACION DE AHORROS DE ENERGIA
ELECTRICA POR MEJORAS REALIZADAS A CASAS HABITACION
UBICADAS EN REGIONES DE CLIMA CALIDO SECO

I. PROCEDIMIENTO GENERAL.

A. Primero se calculan las ganancias promedio diario para el período en estudio para los siguientes conceptos:

1. Conducción y convección (G_{tcc}) (kcal/hr)
2. Radiación solar (G_{rs}) (kcal/hr)
3. Infiltración (G_i) (kcal/hr)
4. Carga interna (G_{ci}) (kcal/hr)

B. En segundo lugar se calculan las ganancias para condiciones extremas (en el período de estudio) para los mismos conceptos anteriores (la carga interna es igual para los dos casos).

C. Con la suma de las ganancias para condiciones extremas, más un 8% por factor de seguridad, se procede a establecer el Radio de Eficiencia Energética (REE) del aparato que tenga la capacidad de extraer el calor ganado. Esto se realiza usando la Tabla 1.

D. Se calcula la energía térmica ganada por la casa durante el día:

1. Por carga interna (E_{ci}):

$$E_{ci} = G_{ci} \cdot 24 \cdot 0.23 \quad (\text{kcal})$$

donde: 0.23 = factor de carga por carga interna
24 = horas del día

2. Por radiación solar (E_{rs}):

$$E_{rs} = G_{rs} \cdot h_p \quad (\text{kcal})$$

donde: h_p = horas promedio diario de insolación en el período de cálculo (hrs)

3. Por conducción, convección e infiltración (E_{cci}):

$$E_{cci} = (G_{tcc} + G_i) \cdot h_c \quad (\text{kcal})$$

donde: $h_c = 24 - h_{gnc}$

h_{gnc} = horas en el día en las que el flujo de calor va de adentro hacia fuera de la casa

4. Energía total ganada (E_{tg})

$$E_{tg} = E_{ci} + E_{rs} + E_{cci} \quad (\text{kcal})$$

5. Ganancia térmica total en kWh térmicos:

$$E_{tg} \text{ (kWh)} = E_{tg} \cdot 1.16 \times 10^{-3} \text{ (kcal)}$$

E. Se calcula el consumo eléctrico diario que se requiere para extraer E_{tg} :

$$C_{el} = E_{tg} / REE \text{ (kWh}_{el})$$

F. Para establecer el ahorro en el consumo eléctrico por mejoras en la casa se procede entonces de la manera siguiente:

1. Se realiza el cálculo completo para la casa sin mejoras (pasos A a E)
2. Se realiza el mismo proceso para la casa con mejoras individuales o en conjunto, considerando el mismo REE establecido antes.
3. Para obtener el valor del ahorro se resta el valor del consumo sin mejoras del valor del consumo con mejoras.

CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO			E E R	R E E	kw _{elec.} compresor
BTU/hr	kcal/hr	T _{refrig.}			
8700	2192	0.73	5.9	1.73	1.47
9000	2268	0.76	5.8	1.70	1.55
11000	2772	0.92	5.2	1.52	2.11
13500	3042	1.01	6.9	2.02	1.96
15500	3906	1.30	6.5	1.90	2.38
19000	4788	1.60	6.9	2.02	2.75
26500	6678	2.23	7.1	2.08	3.73
34000	8568	2.86	6.9	2.02	4.93
24000	6048	2.02	8.3	2.43	2.89
36000	9072	3.02	8.1	2.37	4.44
60000	15120	5.04	6.8	1.99	8.82
36000	9072	3.02	7.3	2.14	4.93
48000	12096	4.03	8.1	2.37	5.93
60000	15120	5.04	8.6	2.52	6.98

Tabla 1. Valores del Radio de Eficiencia Energética (REE), potencia eléctrica del compresor y valores equivalentes de capacidad de enfriamiento para equipos de aire acondicionado. (Datos de EER tomados de tabla de ELIZONDO S.A. de C.V. de junio de 1984).

EER = Eficiencia BTU/hr / Watt
REE = Eficiencia kcal/hr / Watt

$$1 \text{ REE} = 0.293 \text{ EER}$$

$$1 \text{ BTU/hr} = 0.000293 \text{ kWatt} \\ = 0.252 \text{ kcal/hr}$$

$$1 \text{ T}_{refrig} = 3000 \text{ kcal/hr} \\ = 11910 \text{ BTU/hr}$$

II. CALCULO DE GANANCIAS TERMICAS POR CONDUCCION Y CONVECCION

A. Para calcular la carga térmica por conducción y convección se necesita establecer los siguientes valores:

1. Temperatura interna promedio diario de la casa; ésta puede fijarse para una situación de confort (T_{int}) ($^{\circ}\text{C}$)
2. Temperatura ambiente promedio exterior; ésta puede obtenerse de las Normas Climatológicas de la SARH (T_{ext}) ($^{\circ}\text{C}$)
3. Para cada una de las paredes y el techo:
 - i. Area (A_p) (m^2)
 - ii. Coeficiente de transmisión de calor (U_p). Este se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$U_p = \frac{1}{R_{tot}} = \left(\frac{1}{f_{ext}} + \frac{1}{f_{int}} + \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{k_i} \right)^{-1} \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} \right)$$

donde: R_{tot} = resistencia térmica total ($\frac{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{kcal}}$)

f_{ext} = coeficiente de película para convección exterior ($\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$) (ver tabla 2)

f_{int} = coeficiente de película para convección interior ($\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$) (ver tabla 2)

n = número de capas en la pared

t_i = espesor de la capa i (m)

k_i = conductividad térmica de la capa i ($\frac{\text{kcal} \cdot \text{m}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$) (ver tabla 3)

4. Para cada una de las ventanas:

- i. Area (A_v) (m^2)

- ii. Coeficiente de transmisión de calor (U_v) que se calcula:

$$U_v = \left(\frac{1}{f_{ext}} + \frac{1}{f_{int}} + \frac{t_v}{k_v} \right)^{-1} \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} \right)$$

donde: f_{ext} = coeficiente de película para convección exterior ($\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$)

f_{int} = coeficiente de película para convección interior ($\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$)

t_v = espesor del vidrio (m)

k_v = conducción térmica del vidrio ($\frac{\text{kcal} \cdot \text{m}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$)
(ver tabla 3)

B. Se calculan las ganancias térmicas de paredes y ventanas de manera separada de acuerdo a:

$$G_c = (T_{ext} - T_{int}) \cdot A \cdot U \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right)$$

C. Se suman las ganancias de paredes y ventanas para obtener la ganancia total por conducción y convección (G_{tcc}):

$$G_{tcc} = \sum_{i=1}^{n_1} G_{cp_i} + \sum_{j=1}^{n_2} G_{cv_j} \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right)$$

donde: n_1 = número de paredes (incluye al techo)

G_{cp_i} = ganancia térmica por conducción y convección en la pared i ($\frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$)

n_2 = número de ventanas

G_{cv_j} = ganancia térmica por conducción y convección en la ventana j ($\frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$)

SUPERFICIE	Velocidad del viento (m/s)	FACTOR	
Exterior	2.0	20.0	f_e
Exterior	5.0	25.0	
Interior vertical	0.0	7.0	f_i
Interior horizontal	0.0	5.0	

Tabla 2. Coeficientes de película (f)

$$\left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right)$$

Materiales de Construcción	Densidad (Kg /m ³)	K (W/m°C)
Muro de ladrillo al exterior		0.872
Muro de ladrillo al exterior con recubrimiento impermeable por fuera.		0.768
Muro de ladrillo interiores		0.698
Muro de ladrillo comprimido vi- driado para acabado aparente, - exterior.		1.28
Muro de tabique ligero con recu- brimiento impermeable por fuera.		0.698
	1,600	0.582
	1,400	0.523
	1,200	0.407
	1,000	0.814
	1,600	0.582
Muro de tabique ligero al exterior.		0.209
Placas de asbesto cemento		0.163
Siporex al exterior con recubrimiento impermeable por fuera	660	0.14
	510	0.186
Siporex al interior en espacio seco	660	0.151
	510	0.128
Concreto armado	410	1.74
Concreto pobre al exterior	2,300	1.28
Concreto ligero al exterior	2,200	0.698
Concreto ligero al interior	1,250	0.582
Concreto ligero al exterior	1,250	0.465
Concreto ligero al interior	800	0.349
Muro de tepetate o arenisca calárea al exterior	800	1.047
Muro de tepetate o arenisca calárea al interior		0.93
Muro de adobes al exterior		0.93
Muro de adobes al interior		0.582
Muro de barro (con paja y carrizo)		0.465
Granito, basalto	2,700	3.49
Piedra de cal, mármol	2,600	2.442
Piedras porosas como arenisca y la caliza blanda o arenosa		2.326
Yeso	2,400	0.372
Adobe	800	0.93

TABLA 3. Coeficientes de conducti-
vidad térmica para diver-
sos materiales.

$$1 \frac{W}{m^2 \cdot C} = 0.864 \frac{Kcal}{hr m^2 \cdot C}$$

Rellenos y aislamiento	Densidad (Kg /m ³)	K (W/m°C)
Tezontle como relleno o terrado seco		0.186
Relleno de tierra, arena o grava ex- puestos a la lluvia		2.326
Relleno de terrado, secos, en azoteas		0.582
Arena, seca, limpia	1,700	0.407
Sénica de carbón, seco	700	0.233
Siporex despedazado, seco	400	0.151
Escoria, seco	150	0.093
Aserrín relleno suelto, seco	120	0.116
Aserrín relleno empacado, seco	200	0.081
Bolas de plástico celular, empacado seco		0.058
Virutas de relleno, seco	10-20	0.081
Masa de magnesia, seco	190	0.058
Poliuretano	28	0.020
Fibra de vidrio	11	0.047
Fibra de vidrio	104	0.032
Lana de escoria	35-200	0.046
Lana mineral	193-225	0.034
Plástico celular de poliestireno	17	0.034
Cartón ruberoide con breá	1,200	0.232
Cartón ruberoide con aislamiento		0.163
Cartón corrugado, seco, poros horizontales	40	0.046
Piso de corcho comprimido	500	0.081
Placa de corcho expandido, seco	140	0.04
Placa de corcho expandido, seco	210	0.046
Placa de paja comprimido, seco	300	0.093
Celotex	350	0.081
Fibracel, duro, seco	350	0.081
Fibracel, medio duro, seco	1,000	0.128
Fibracel, poroso, seco	600	0.081
Silicato de calcio		0.050
Perlita		0.056
VARIOS MATERIALES.		
Vidrio	2,600	0.814
Madera de encino, seco, 90° de la fibra	700	0.163
Madera de pino blanco, seco, 90° de la fibra	500	0.140
Madera de pino blanco, expuesto a la lluvia asfalto para fundir.	2,100	0.814
Linóleo, seco		0.186
Asfalto bituminoso	1,050	0.174
Algodón seco		0.046
Lana pura seco		0.046
Cáscara de semilla de algodón, suelta seca		0.058
Aire	1.2	0.026
Agua	1,000	0.582
Acero y fierro	7,800	52.335
Cobre	8,900	372.16
ACABADOS		
Azulejos y mosaicos		1.047
Aplanado con mortero de cal al exterior		0.872
Aplanado con mortero de cal al interior		0.698
Terrazos y pisos de mortero de cemento		1.75

Nota: Las conductividades térmicas están consideradas a 24°C

III. CALEULO DE GANANCIAS TERMICAS POR RADIACION SOLAR

A. Para calcular la carga térmica por radiación solar se necesita establecer los siguientes valores:

1. Radiación solar incidente promedio diario para cada una de las paredes y el techo (I_r) (kcal/hr m²)
 - i. Se establece primero la latitud local
 - ii. Con el valor de la latitud se va a una o dos de las tablas 4.
 - iii. En la tabla o tablas se busca al conjunto de datos correspondiente al día ubicado lo más cerca de la fecha intermedia del período en el que se está realizando el análisis.
 - iv. Para cada orientación se suman los valores para todos los puntos del día establecidos y el total se divide entre el número de puntos (Nota: no considerar los puntos donde el valor es igual a 0)
 - v. Dado que la radiación solar viene en BTU/hr ft² hay que multiplicar el valor obtenido en el punto anterior 2.71 para convertirla a kcal/hr m².
 - vi. En caso de que la latitud local sea intermedia entre los valores de las tablas se realizan los pasos anteriores para dos tablas (latitudes inmediatamente superior e inferior) y el valor buscado se obtiene por "regla de tres".

2. Coeficiente de absorción (α) (adimensional)

Superficie	α
Ventana	0.5
Pared	1.0

3. Coeficiente de reflexión (s ó g) (adimensional)

- i. Para paredes : se le conoce como factor de radiación (s) y es función de la U_p calculada previamente:

$$s = 0.0465 \cdot U_p$$

- ii. Para ventanas: se le conoce como coeficiente de protección (g)

Tipo de ventana	g
Transparente	0.95
Polarizado	0.25*

*Variará según el tipo de polarizado (consultar al fabricante)

4. Area de incidencia de la radiación (igual a la calculada para conducción y convección) (A_v ó A_p) (m^2).

B. Se calcula la ganancia para las paredes (G_{rsp}) de acuerdo a la fórmula:

$$G_{rsp} = I_r \cdot \alpha \cdot s \cdot A_p \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right)$$

C. Se calcula la ganancia para las ventanas (G_{rsv}) de acuerdo a la fórmula:

$$G_{rsv} = I_r \cdot \alpha \cdot g \cdot A_v \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right)$$

D. Se suman ganancias parciales de paredes y ventanas para tener la ganancia total por radiación total (G_{rs}):

$$G_{rs} = \sum_{i=1}^{n_1} G_{rsp_i} + \sum_{j=1}^{n_2} G_{rsv_j} \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right)$$

donde: n_1 = número de paredes (incluye techo)

G_{rsp_i} = ganancia por radiación solar en la pared i
 $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right)$

n_2 = número de ventanas

G_{rsv_j} = ganancia por radiación solar en la ventana j
 $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right)$

[illegible]

IV. CALCULO DE GANANCIAS TERMICAS POR INFILTRACION.

A. Para calcular la carga térmica por infiltración se necesita establecer los siguientes valores:

1. Temperatura interna promedio diario de la casa (T_{int}) ($^{\circ}\text{C}$)
2. Temperatura ambiente promedio exterior (T_{ext}) ($^{\circ}\text{C}$)
3. Perímetro de las ventanas con infiltración (p_v) (m)
4. Perímetro de las puertas con infiltración (p_p) (m)
5. Factor de infiltración para ventanas (I_v) ($\frac{\text{m}^3}{\text{hr m}}$) (ver tabla 5)
6. Factor de infiltración para puertas (I_p) ($\frac{\text{m}^3}{\text{hr m}}$) (ver tabla 5)

B. Se calcula el volumen de aire infiltrado por unidad de tiempo:

$$V = (p_v \cdot I_v) + (p_p \cdot I_p) \quad \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hr}}\right)$$

C. Se calcula la energía ganada por unidad de tiempo por infiltración (G_i):

$$G_i = 0.288 (T_{ext} - T_{int}) \cdot V \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}}\right)$$

Tipo de ventana	Detalles	Velocidad del viento (kmh)				
		8.0	16.1	24.1	32.2	40.2
Con bastidor de madera (sin cerrojo)	Alrededor del marco en pared de mampostería (no calafateado)	0.28	0.76	1.33	1.90	2.57
	Alrededor del marco en pared de mampostería (calafateado)	0.10	0.19	0.28	0.38	0.48
	Alrededor del marco en construcción de madera	0.19	0.57	1.05	1.62	2.19
	Total para ventana promedio, sin tira de aislamiento, apertura de 1.6 mm y 2.4 mm de espacio libre. Incluye las filtraciones del borde de madera.	0.67	2.00	3.71	5.60	7.60
	Idem, con tira de aislamiento.	0.38	1.23	2.28	3.42	4.66
	Total para ventana pobremente empotrada, sin tira de aislamiento, apertura de 2.4 mm y 2.4 mm de espacio libre. Incluye filtraciones del borde de madera.	2.57	6.56	10.55	14.63	18.91
De metal con doble apoyo	Idem, con tira de aislamiento.	0.57	1.81	3.23	4.85	6.75
	Sin tira de aislamiento, con cerrojo	1.90	4.28	6.65	9.12	11.88
	Sin tira de aislamiento, sin cerrojo	1.09	4.47	7.03	9.88	13.02
Con bastidor de sección de metal rolado	Con tira de aislamiento, con cerrojo	0.57	1.81	3.04	4.37	5.70
	Pivoteado industrial, apertura de 1.6 mm	4.94	10.26	16.72	23.18	28.88
	Proyectado arquitectónico, apertura de 0.8 mm	1.43	3.42	5.89	8.17	10.64
	Proyectado arquitectónico, apertura de 1.2 mm	1.90	4.94	8.36	11.02	14.44
	Marco de ventana residencial, apertura de 0.4 mm	0.57	1.71	3.14	4.47	5.70
	Marco de ventana residencial, apertura de 0.8 mm	1.33	3.04	4.94	7.22	9.50
	Sección de marco de ventana pesada, proyectada, 0.4 mm de ap.	0.29	0.95	1.71	2.47	3.42
	Sección de marco de ventana pesada, proyectada, 0.8 mm de ap.	0.76	2.28	3.61	5.13	6.84
De metal hueco, pivoteada verticalmente		2.85	8.36	13.78	17.67	21.00
P U E R T A S	Bien empotrada	2.57	6.56	10.45	14.63	18.91
	Pobremente empotrada	5.13	13.11	20.90	30.16	31.81

Tabla 5. Factor de infiltración para ventanas y puertas ($\frac{\text{m}^3}{\text{hr m}}$)
(Tomada de: "Other Homes and Garbage". Leckie, Jim, et.al.
Sierra Club Books, San Francisco, CA. 1975)

V. CALCULO DE LA GANANCIA TERMICA POR CARGA INTERNA.

A. Para calcular la carga térmica por carga interna se necesita establecer los siguientes valores:

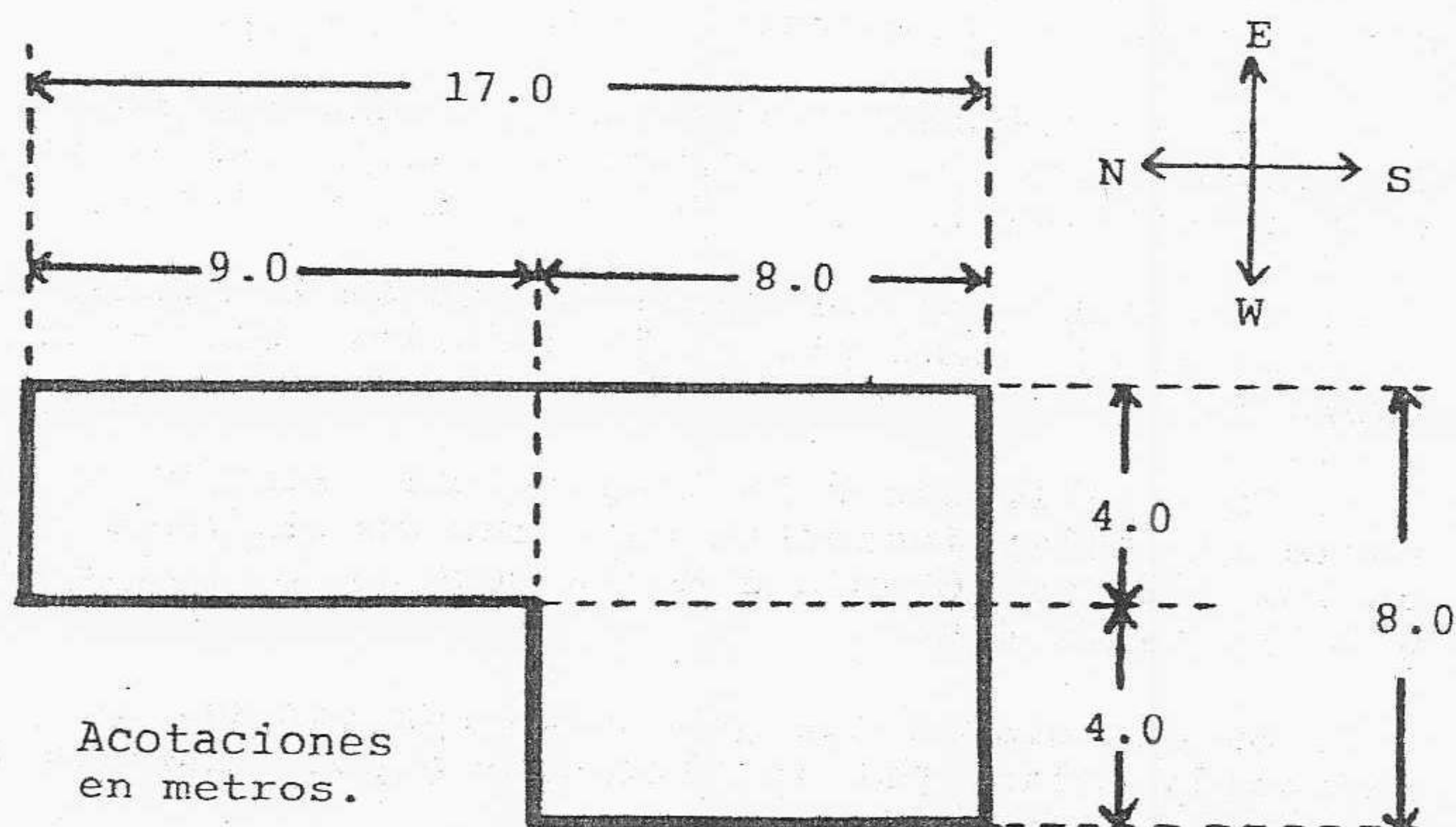
1. El número de personas que ocupan la casa (n_p)
2. La capacidad eléctrica instalada en iluminación (W_i) (Watts)
3. La capacidad eléctrica instalada en motores (W_m) (Watts)

B. La ganancia térmica por carga interna (G_{ci}) se calcula por medio de la fórmula:

$$G_{ci} = (50 \cdot n_p) + 0.86 \cdot (W_i + W_m) \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right)$$

VI. EJEMPLO.

Se quiere conocer el efecto que sobre el consumo promedio diario durante los seis meses en que se aplica la tarifa para clima cálido tiene el aislar con 1" de espuma de poliuretano el techo de una casa localizada en Mexicali, Baja California. La vista de la planta de la casa en estudio se puede ver en la siguiente figura:



Las cuatro paredes están construidas de tabique de 14 cm de ancho con aplanados de 1 cm por dentro y por fuera. El techo es de concreto con un espesor de 10 cm y lleva por encima un enladrillado de 2 cm de espesor que va cubierto con una lechada de 1 cm; por dentro de la casa el concreto lleva un acabado de yeso de 2 cm.

La casa tiene ventanas en las paredes norte, sur y este. En la pared norte tiene dos ventanas de 1 m por 1 m; en la pared sur una sola ventana de 1 m por 1 m que tiene doble vidrio (separados por una capa de aire de 1 cm de espesor); en la pared este las ventanas son dos de 1 m por 1 m cada una. Las ventanas de las paredes norte y este tienen un solo vidrio; todos los vidrios tienen 3 mm de espesor.

SOLUCION

Para conocer el valor estimado de la reducción en consumo eléctrico para la casa definida se procedió de la siguiente manera:

1. Se obtuvo una copia de las normales climatológicas para Mexicali Baja California.
2. Se definieron los datos geométricos de la casa para establecer áreas de muros, ventanas y puertas.
3. Se calculó, a partir de los datos de la hoja de normales climatológicas, la temperatura exterior (T_{ext}).
4. Se calcularon los valores de radiación solar incidente para los cinco planos que componen la casa a partir de los valores mostrados en la tabla 4.D. (30° de latitud norte).
5. Se calcularon los coeficientes de transmisión de calor para la casa sin aislamiento utilizando los valores obtenidos de la tabla 3.
6. Se establecieron la temperatura exterior y los valores de radiación solar incidente para las condiciones extremas a partir de los valores obtenidos de la hoja de normales climatológicas y de la tabla 4.D.
7. Se calcularon las ganancias por conducción y convección, por radiación solar, por infiltración y por ganancia interna para condiciones promedio.
8. Se calcularon las mismas ganancias que en el punto anterior pero para condiciones extremas.
9. Con la suma de las ganancias para condiciones extremas se estableció, usando la tabla 1, el valor del Radio de Eficiencia Energética para los equipos en la casa en estudio.
10. Con los valores de las ganancias para condiciones promedio y con el valor de REE obtenido en el punto anterior se obtuvo el consumo promedio diario para la casa sin aislar.
11. Con el valor anterior del coeficiente de transmisión de calor y con el correspondiente a 1" de poliuretano se calculó el nuevo coeficiente para el techo.
12. Con el nuevo valor del coeficiente de transmisión de calor para el techo se calcularon las ganancias por conducción y convección y por radiación solar (las ganancias por infiltración y ganancia interna son iguales a los de la casa sin aislar).
13. Con los nuevos valores de las ganancias se obtuvo el consumo promedio diario para la casa con aislamiento.
14. La reducción en el consumo promedio diario se obtuvo restando el valor obtenido en el punto 10 del obtenido en el punto anterior.

TABLA DE TEMPERATURAS PROMEDIO EXTERIOR

MES	N°	5	6	7	8	9	10	PROMEDIOS
	Nombre	may	jun	jul	ago	sep	oct	
Promedio de máxima (T _{pm})		34.6	39.4	41.8	40.9	39.3	33.4	38.2
Media (T _m)		24.9	29.3	33.1	32.6	30.0	24.1	29.0

Datos tomados de: "NORMAS CLIMATOLOGICAS" de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

LOCALIDAD: Mexicali B.C.

Cálculo de la temperatura exterior (T_{ext})

h_{gnc} = horas del día en las que el flujo de energía va de adentro hacia afuera de la casa.

h_{gnc} = 9 (hrs.).

T_{ext} = T_m + (T_{pm} + T_m) · (h_{gnc} / 12) = 31.3 (°C).

Orientación pared	Tiempo solar														Σ
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6		
Norte	6	8	11	13	13	14	14	14	13	13	11	8	6	144.3	
Sur	2	8	13	27	47	58	63	58	47	27	13	8	2	373.1	
Este	66	147	165	148	102	46	14	14	13	13	11	8	2	747.5	
Oeste	2	8	11	13	13	14	14	46	102	148	165	147	66	747.5	
Horizontal	6	47	107	161	200	225	235	225	200	161	107	47	6	1729.0	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

FECHA CONSIDERADA: _____

(Valores tomados de tablas en BTU/hr ft²).

VALORES PROMEDIO

Orientación pared	BTU/hr ft ²	kcal/hr m ²
Norte	11.1	30
Sur	28.7	79
Este	57.5	156
Oeste	57.5	156
Horizontal	133.0	360
-	-	-

Casa: Tipo

Localidad: Mexicali, B.C.

Epoca del año: Verano (24 ago.)

1 BTU/hr ft² = 2.71 kcal/hr m²

HOJA AUXILIAR EN EL CALCULO DE LA RADIACION SOLAR INCIDENTE PROMEDIO DIARIO

DATOS GEOMETRICOS DE CASA EN ESTUDIO.

Orientación	Largo (m)	Ancho (m)	Area total (m ²)	VENTANAS		PUERTAS		MURO
				Perímetro (m)	Area (m ²)	Perímetro (m)	Area (m ²)	Area (m ²)
N	17.0	2.5	42.5	8.0	2.0	-	-	40.5
S	17.0	2.5	42.5	4.0	1.0	-	-	41.5
E	8.0	2.5	20.0	8.0	2.0	6.4	2.4	15.6
W	8.0	2.5	20.0	-	-	6.4	2.4	17.6
Techo	(irregular)		84.0	-	-	-	-	84.0

M U R O S

PARED	1/f _{ext}	1/f _{int}		capa 1	capa 2	capa 3	capa 4	U _p
N, S, E, W	1/20	1/7	mat	Applanado	Tabique	Applanado		2.36
			t	0.01	0.19	0.01		
			k	0.75	0.90	0.60		
Techo	1/20	1/5	mat	Lechada	Enladrillado	Concreto	Techo	2.82
			t	0.01	0.02	0.10	0.02	
			k	0.66	0.75	1.50	0.33	
-	-	-	mat					-
			t					
			k					
-	-	-	mat					-
			t					
			k					

P U E R T A S

PARED	1/f _{ext}	1/f _{int}		capa 1	capa 2	capa 3	capa 4	U _p
E, W	1/20	1/7	mat	Madera				1.83
			t	0.05				
			k	0.19				
-	-	-	mat					-
			t					
			k					

V E N T A N A S

PARED	1/f _{ext}	1/f _{int}		capa 1	capa 2	capa 3	capa 4	U _v
N, E	1/20	1/7	mat	Vidrio				5.1
			t	0.003				
			k	0.70				
S	1/20	1/7	mat	Vidrio	Aire	Vidrio		1.5
			t	0.003	0.01	0.003		
			k	0.70	0.022	0.70		
-	-	-	mat					-
			t					
			k					

Nota: t en metros y k en m/hr m².C.

CASA: Tipo LOCALIDAD: Mexicali, B.C.
 Cálculo: OdeB Fecha: 29 IV 87

HOJA AUXILIAR PARA CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CALOR (U)

MUROS

Orientación	Area (m ²)	U _p (kcal/hr m ² ·°C)	Ganancia (kcal/hr)
N	40.5	2.36	506.6
S	41.5	2.36	519.1
E	15.6	2.36	195.1
W	17.6	2.36	220.1
Techo	84.0	2.82	1,255.5
PUERTAS			Subtotal
			2,696.4

Orientación	Area (m ²)	U _p (kcal/hr m ² ·°C)	Ganancia (kcal/hr)
E	2.4	1.83	23.3
W	2.4	1.83	23.3
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
VENTANAS			Subtotal
			46.6

Orientación	Area (m ²)	U _p (kcal/hr m ² ·°C)	Ganancia (kcal/hr)
N	2.0	5.1	50.5
S	1.0	1.5	7.9
E	2.0	5.1	50.5
-	-	-	-
-	-	-	-
			Subtotal
			108.9
			TOTAL
			2,851.9

$$\Delta T_p (T_{ext} - T_{int}) = 5.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$G_c = \Delta T_p \cdot A \cdot U$$

CONDUCCION Y CONVECCION

MUROS

Orientación	Radiación solar (kcal/hr m ²)	Area (m ²)	α	S°	Ganancia (kcal/hr)
N	30.0	40.5	1.0	0.11	133.7
S	79.0	41.5	1.0	0.11	360.6
E	156.0	15.6	1.0	0.11	267.7
W	156.0	17.6	1.0	0.11	302.0
Techo	360.0	84.0	1.0	0.13	3,931.2
PUERTAS					Subtotal
					4,995.2

Orientación	Radiación solar (kcal/hr m ²)	Area (m ²)	α	S°	Ganancia (kcal/hr)
E	156.0	2.4	1.0	0.09	33.7
W	156.0	2.4	1.0	0.09	33.7
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
VENTANAS					Subtotal
					67.4

Orientación	Radiación solar (kcal/hr m ²)	Area (m ²)	α	S°	Ganancia (kcal/hr)
N	30.0	2.0	0.5	0.95	28.5
S	79.0	1.0	0.5	0.95	37.5
E	156.0	2.0	0.5	0.95	148.2
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
					Subtotal
					214.2
					TOTAL
					5,276.8

$$S = 0.0465 U_p$$

$$G_{rs} = I_r \cdot \alpha \cdot s \cdot A \quad \text{para paredes}$$

$$G_{rs} = I_r \cdot \alpha \cdot g \cdot A \quad \text{para ventanas}$$

RADIACION SOLAR

CARACTERISTICAS: Sin aislamiento .CONDICIONES: Promedio

I. DATOS

1. Temperatura exterior (T_{ext}) = 31.3 °C
2. Temperatura interior (T_{int}) = 26.0 °C
3. Perímetro de las ventanas (p_v) = 20.0 m
4. Perímetro de las puertas (p_p) = 12.8 m
5. Factor infiltración ventanas (I_v) = 0.57 (m³/hr m)
6. Factor infiltración puertas (I_p) = 2.57 (m³/hr m)

II. VOLUMEN DE AIRE INFILTRADO POR UNIDAD DE TIEMPO (V)

$$V = (p_v \cdot I_v) + (p_p \cdot I_p) = \underline{44.3} \text{ (m}^3/\text{hr)}$$

III. ENERGIA GANADA POR INFILTRACION (G_i)

$$G_i = 0.2880 \cdot (T_{ext} - T_{int}) \cdot V = \boxed{67.6} \text{ (kcal/hr)}$$

VENTANAS

Pared	Tipo	Perímetro (m)
N	Metal dash of c/c. gis	8.0
S	✓	4.0
E	✓	8.0
-	-	-
TOTAL		20.0

PUERTAS

Pared	Tipo	Perímetro (m)
E	Bien empotrada	6.4
W	✓	6.4
-	-	-
-	-	-
TOTAL		12.8

CONDICIONES: Promed 2.

*Velocidad del viento: 8.0 kmh

Calculó: Ode B

Cálculo de ganancias por infiltración

DATOS

1. n_p = N° de personas que ocupan la casa = 6
2. W_i = Capacidad instalada en iluminación = 500 Watts.
3. W_m = Capacidad instalada en motores = 600 Watts.

FORMULA

$$G_{ci} = (50 \cdot n_p) + 0.86 \cdot (W_i + W_m) = \boxed{1,296} \text{ Kcal/hr.}$$

Cálculo de ganancias por carga interna

VALORES PARA CONDICIONES EXTREMAS

1. Temperatura exterior (T_{ext})

$T_{ext} = 41.8$ °C. (Mes: julio)

2. Radiación solar. (Día: 23 .Mes: julio .Hora: 2 PM)

Orientación	Radiación solar	
	BTU/hr ft ²	kcal/hr m ²
N	14.0	37.9
S	27.0	73.2
E	14.0	37.9
W	44.0	119.2
Techo	236.0	639.2

$$1 \text{ BTU/hr ft}^2 = 2.71 \text{ kcal/hr m}^2$$

MUROS

Orientación	Area (m ²)	U _p (kcal/hr m ² .°C)	Ganancia (kcal/hr)
N	40.5	2.36	1,510.2
S	41.5	2.36	1,549.5
E	15.6	2.36	581.7
W	17.6	2.36	656.3
Techo	84.0	2.82	3,742.7
Subtotal			8038.4

PUERTAS

Orientación	Area (m ²)	U _p (kcal/hr m ² .°C)	Ganancia (kcal/hr)
E	2.4	1.83	69.4
W	2.4	1.83	69.4
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
Subtotal			138.8

VENTANAS

Orientación	Area (m ²)	U _p (kcal/hr m ² .°C)	Ganancia (kcal/hr)
N	2.0	5.1	161.2
S	1.0	1.5	23.7
E	2.0	5.1	161.2
-	-	-	-
-	-	-	-
Subtotal			346.1
TOTAL			8,523.3

$\Delta T = (T_{ext} - T_{int}) = 15.8^{\circ}C$

$G_c = \Delta T \cdot A \cdot U$

CONDUCCION Y CONVECCION

CARACTERISTICAS: sin aislamiento

CASA: Tipo

CONDICIONES: Extreñas

FECHA: _____ . CALCULO: De la B

MUROS

Orientación	Radiación solar (kcal/hr m ²)	Area (m ²)	α	S°	Ganancia (kcal/hr)
N	37.9	40.5	1.0	0.11	168.8
S	73.2	41.5	1.0	0.11	334.2
E	37.9	15.6	1.0	0.11	65.0
W	119.2	17.6	1.0	0.11	230.8
Techo	639.6	84.0	1.0	0.13	6,984.4
Subtotal					7,783.2

PUERTAS

Orientación	Radiación solar (kcal/hr m ²)	Area (m ²)	α	S°	Ganancia (kcal/hr)
E	37.9	2.4	1.0	0.09	8.2
W	119.2	2.4	1.0	0.09	25.7
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Subtotal					33.9

VENTANAS

Orientación	Radiación solar (kcal/hr m ²)	Area (m ²)	α	S°	Ganancia (kcal/hr)
N	37.9	2.0	0.5	0.95	36.0
S	73.2	1.0	0.5	0.95	34.8
E	37.9	2.0	0.5	0.95	36.0
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Subtotal					106.8
TOTAL					7,923.9

$S = 0.0465 U_p$

$G_{rs} = I_r \cdot \alpha \cdot S \cdot A$ para paredes
 $G_{rs} = I_r \cdot \alpha \cdot g \cdot A$ para ventanas

RADIACION SOLAR

I. DATOS

1. Temperatura exterior (T_{ext}) = 41.8 °C
2. Temperatura interior (T_{int}) = 26.0 °C
3. Perímetro de las ventanas (p_v) = 20.0 m
4. Perímetro de las puertas (p_p) = 12.8 m
5. Factor infiltración ventanas (I_v) = 0.57 (m³/hr m)
6. Factor infiltración puertas (I_p) = 2.57 (m³/hr m)

II. VOLUMEN DE AIRE INFILTRADO POR UNIDAD DE TIEMPO (V)

$$V = (p_v \cdot I_v) + (p_p \cdot I_p) = \underline{44.3} \text{ (m}^3/\text{hr)}$$

III. ENERGÍA GANADA POR INFILTRACIÓN (G_i)

$$G_i = 0.2880 \cdot (T_{ext} - T_{int}) \cdot V = \underline{201.6} \text{ (kcal/hr)}$$

VENTANAS

Pared	Tipo	Perímetro (m)
N	Plata/doble ap. c/c. a/iz.	8.0
S	✓	4.0
E	✓	8.0
-	-	-
TOTAL		20.0

PUERTAS

Pared	Tipo	Perímetro (m)
E	Bien empotrada	6.4
W	✓	6.4
-	-	-
-	-	-
TOTAL		12.8

CONDICIONES: Extremas.

*Velocidad del viento: 8.0 kmh Cálculo: Oda B

GANANCIA TOTAL PARA CONDICIONES EXTREMAS

a. Conducción y convección	<u>8523.3</u>	kcal/hr
b. Radiación solar	<u>7,923.9</u>	"
c. Infiltración	<u>201.9</u>	"
d. Carga interna	<u>1,296.0</u>	"
Subtotal	<u>17,894.8</u>	"
e. 8% de factor de seguridad	<u>1,431.6</u>	"
TOTAL	<u>19,326.9</u>	"

RADIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (REE) (Tomado de tabla 1)

$$REE = \underline{2.5}$$

Observaciones: Se considera que se
instalaron dos aparatos.
Se tomó el REE del mayor.

DATOS

$$U_p = \underline{2.82} \text{ (kcal/hr m}^2\text{.C)} \text{ Coeficiente de transmisión de calor de muro o techo sin aislamiento.}$$

$$t_{ais} = \underline{0.0254} \text{ (m)} \text{ Espesor de la capa de aislamiento}$$

$$k_{ais} = \underline{0.0173} \text{ (kcal m/hr m}^2\text{.C)} \text{ Conductividad térmica de la capa de aislamiento}$$

FORMULA

$$U_{Pais} = (1/U_p + t_{ais} / k_{ais})^{-1}$$

$$U_{Pais} = \underline{0.55} \text{ (kcal/hr m}^2\text{.C)}$$

MATERIAL DE AISLAMIENTO: Poliuretano

HOJA AUXILIAR PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMISION
DE CALOR DE MUROS CON AISLAMIENTO TERMICO (U_{Pais})

MUROS

Orientación	Area (m ²)	U _p (kcal/hr m ² .°C)	Ganancia (kcal/hr)
N			506.6
S			519.1
E			195.1
W			220.1
Techo	84.0	0.55	244.9
PUERTAS			Subtotal
			1,685.8

Orientación	Area (m ²)	U _p (kcal/hr m ² .°C)	Ganancia (kcal/hr)
E			23.3
W			23.3
-			-
-			-
-			-
VENTANAS			Subtotal
			46.6

Orientación	Area (m ²)	U _p (kcal/hr m ² .°C)	Ganancia (kcal/hr)
N			505
S			7.9
E			505
-			-
-			-
			Subtotal
			1,089
			TOTAL
			1,846.5

$$\Delta T = (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}) = 5.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$G_c = \Delta T \cdot A \cdot U$$

CONDUCCION Y CONVECCION

CARACTERISTICAS: Techo aislado "1" polivretano .CONDICIONES: Promedio

FECHA: T. 1. 1. 1.

CALCULO: OAB

MUROS

Orientación	Radiación solar (kcal/hr m ²)	Area (m ²)	α	g°	Ganancia (kcal/hr)
N					133.7
S					360.6
E					267.7
W					302.0
Techo	360.0	84.0	1.0006		773.4
PUERTAS					Subtotal
					1,837.4

Orientación	Radiación solar (kcal/hr m ²)	Area (m ²)	α	g°	Ganancia (kcal/hr)
E					33.7
W					33.7
-					-
-					-
-					-
VENTANAS					Subtotal
					67.4

Orientación	Radiación solar (kcal/hr m ²)	Area (m ²)	α	g°	Ganancia (kcal/hr)
N					28.5
S					37.5
E					148.2
-					-
-					-
					Subtotal
					214.2
					TOTAL
					2,119.0

$$S = 0.0465 U_p$$

$$G_{rs} = I_r \cdot \alpha \cdot s \cdot A \text{ para paredes}$$

$$G_{rs} = I_r \cdot \alpha \cdot g \cdot A \text{ para ventanas}$$

RADIACION SOLAR

I. GANANCIAS TERMICAS (kcal/hr)

1. Conducción y convección (G_{tcc}) = 2,851.9
2. Radiación solar (G_{rs}) = 5,276.8
3. Infiltración (G_i) = 67.6
4. Carga interna (G_{ci}) = 1,246.0

II. Radio de Eficiencia Energética (REE) = 2.5

III. ENERGIA GANADA POR LA CASA DURANTE UN DIA (kWh)

1. Por carga interna (E_{ci})

$$E_{ci} = G_{ci} \cdot 24 \cdot 0.23 = 6,877.9 \text{ (kcal)}$$

2. Por radiación solar (E_{rs}). $h_p = 13$ hrs.

$$E_{rs} = G_{rs} \cdot h_p = 68,598.4 \text{ (kcal)}$$

3. Por conducción convección e infiltración (E_{cci})

$$h_{gnc} = 9 \text{ hrs.}$$

$$E_{cci} = (G_{tcc} + G_i) \cdot (24 - h_{gnc}) = 43,792.5 \text{ (kcal)}$$

4. Energía total ganada (E_{tg})

$$E_{tg} = (E_{ci} + E_{rs} + E_{cci}) \cdot 1.16 \cdot 10^{-3} = 138.4 \text{ (kWh)}$$

IV. CONSUMO ELECTRICO DIARIO (C_{el}) (kWh)

$$C_{el} = E_{tg} / REE = 55.4 \text{ (kWh)}$$

Casa: Tipo, Localidad: Mexicali: BL, Calculó: Ode B

HOJA AUXILIAR PARA EL CALCULO DEL CONSUMO ELECTRICO DIARIO A PARTIR DE LAS GANANCIAS TERMICAS.

Características constructivas: sin mejoras

Consumo eléctrico de casa sin mejoras

I. GANANCIAS TERMICAS (kcal/hr)

1. Conducción y convección (G_{tcc}) = 1,846.3
2. Radiación solar (G_{rs}) = 2,119.0
3. Infiltración (G_i) = 67.6
4. Carga interna (G_{ci}) = 1,246.0

II. Radio de Eficiencia Energética (REE) = 2.5

III. ENERGIA GANADA POR LA CASA DURANTE UN DIA (kWh)

1. Por carga interna (E_{ci})

$$E_{ci} = G_{ci} \cdot 24 \cdot 0.23 = 6,877.9 \text{ (kcal)}$$

2. Por radiación solar (E_{rs}). $h_p = 13$ hrs.

$$E_{rs} = G_{rs} \cdot h_p = 27,547.0 \text{ (kcal)}$$

3. Por conducción convección e infiltración (E_{cci})

$$h_{gnc} = 9 \text{ hrs.}$$

$$E_{cci} = (G_{tcc} + G_i) \cdot (24 - h_{gnc}) = 28,713.0 \text{ (kcal)}$$

4. Energía total ganada (E_{tg})

$$E_{tg} = (E_{ci} + E_{rs} + E_{cci}) \cdot 1.16 \cdot 10^{-3} = 73.2 \text{ (kWh)}$$

IV. CONSUMO ELECTRICO DIARIO (C_{el}) (kWh)

$$C_{el} = E_{tg} / REE = 29.3 \text{ (kWh)}$$

Casa: Tipo, Localidad: Mexicali: BL, Calculó: Ode B

HOJA AUXILIAR PARA EL CALCULO DEL CONSUMO ELECTRICO DIARIO A PARTIR DE LAS GANANCIAS TERMICAS.

Características constructivas: con aislamiento de 7" de polivretan-
no

Consumo eléctrico de casa con mejora

RESULTADO FINAL

El efecto que sobre el consumo promedio diario durante los seis meses en que se aplica la tarifa para clima cálido tiene el aislar el techo de la casa es igual a la diferencia de consumos estimados para la casa sin aislar y aislada:

$$\text{Reducción de consumo} = 55.4 - 29.3 = \underline{26.1} \text{ kWh/día}$$

NOTA: La reducción de consumo que se ha calculado en este ejemplo solo será posible si la casa tiene instalado el equipo de aire acondicionado de la capacidad determinada en los calculos para condiciones extremas la cual, para el caso del ejemplo anterior, fue de poco más de 19,000 kcal/hr (ver tabla 1 del procedimiento). Sin embargo, el reducir las ganancias permitirá tener una situación de mayor confort para la casa.

MEJORAS RECOMENDADAS PARA LA REDUCCION DEL CONSUMO ELECTRICO
EN CASAS HABITACION UBICADAS EN REGIONES DE CLIMA MUY CALIDO

Las tablas A y B presentan el resumen del análisis realizado en casas típicas ubicadas en Ciudad Obregón, Sonora, y que, dado el clima de este lugar que es cálido seco, se puede generalizar a todo el noroeste de la República y a casi todo el norte del país.

En la tabla A se muestran los valores calculados de ganancias térmicas y los respectivos consumos que estas significan. Para estos cálculos se consideró una temperatura promedio para el verano de 29.6°C.

En la tabla B se pueden ver valores que dan una idea de la posible efectividad de cada una de las medidas mostradas. Aquí resalta como más efectiva la polarización de ventanas E y W, seguida del aislamiento del techo con 1" de poliuretano, de la reducción de infiltraciones, del aislamiento de paredes Oeste y Este con 3/4" de poliuretano y, finalmente, del aislamiento de la pared Sur con 1/2" de poliuretano. Cabe aclarar que se evaluó solamente al poliuretano en estas mejoras por ya haberse hecho una evaluación anterior de la disponibilidad, precio, montaje y conductividad térmica por espesor de aislamiento de los distintos materiales aislantes existentes en el mercado mexicano.

CONCEPTO	GANANCIAS TERMICAS (kcal/hr)				kWh/día	
	Conducción	Radiación	Carga interna	Infiltración	CONSUMO	AHORRO
Casa sin mejoras	1723	4697	1381	167	74.5	-
Con ventanas polarizadas	1723	3278	1381	167	61.1	13.3
Reduciendo infiltraciones	1723	4697	1381	60	73.1	1.3
Aislado techo con 1" de poliuretano	1265	2991	1381	167	52.4	22.0
Aislado pared Oeste con 1" de poliuretano	1590	4583	1381	167	71.7	2.7
Aislado pared Sur con 1" de poliuretano	1490	4551	1381	167	70.0	4.4
Casa con todas las mejoras juntas	918	1338	1381	60	30.9	43.7

Tabla de ganancias térmicas, consumos y ahorros de casa situada en Ciudad Obregón, Sonora, para diversas mejoras posibles. y con equipo de refrigeración de 15,000 kcal/hr (5 toneladas de refrigeración).

Tabla A.

CONCEPTO	kWh/día		Unidades	kWh/día Unidad	k\$ Unidad*	kWh/mes k\$
	CONSUMO	AHORRO				
Casa sin mejoras	74.5	-	-	-	-	-
Con ventanas polarizadas en paredes E y W.	61.1	13.3	13 m ²	1.02	10.0	3.06
Reduciendo infiltraciones	73.1	1.3	48 m	0.04	-	0.49
Aislado techo con 1" de poliuretano	52.4	22.0	93 m ²	0.24	11.7	0.60
Aislado pared Oeste con 3/4" de poliuretano	71.9	2.6	17 m ²	0.15	10.0	0.45
Aislado pared Sur con 1/2" de poliuretano	71.1	3.4	35 m ²	0.10	8.7	0.33
Aislado pared Este con 3/4" de poliuretano	71.7	2.8	20 m ²	0.14	10.0	0.42

* Precios de octubre de 1987.

POSIBLES MEJORAS A CASAS HABITACION EN REGIONES DE CLIMA MUY CALIDO Y SUS VALORES UNITARIOS DE REDUCCION DE CONSUMO POR UNIDAD Y POR COSTO DE MEJORA
(Valores calculados para casas habitación en Ciudad Obregón, Sonora)

NOTA: Estas reducciones son posibles solo si la casa tiene instalado un equipo de capacidad para enfriar toda la casa en las condiciones más extremas para la localidad por lo que, en caso de no ser así las mejoras solo significarán un aumento en confort para toda la casa

Tabla B.

ANEXO A
GRADOS DÍA

La medida grado día sirve para establecer las ganancias o pérdidas térmicas a las que estará sujeta una construcción en una localidad dada durante temporadas de calor o de frío.

El grado día se establece a partir de una temperatura de referencia y es igual a la cantidad de grados de diferencia que se presentan durante 24 horas respecto de esa temperatura de referencia; en caso de ser grados día de refrigeración se considera a partir de 26°C hacia arriba y en caso de ser grados día de calefacción a partir de 18°C hacia abajo. Así, por ejemplo, si se tiene una temperatura constante de 15°C durante 24 horas se tendrán:

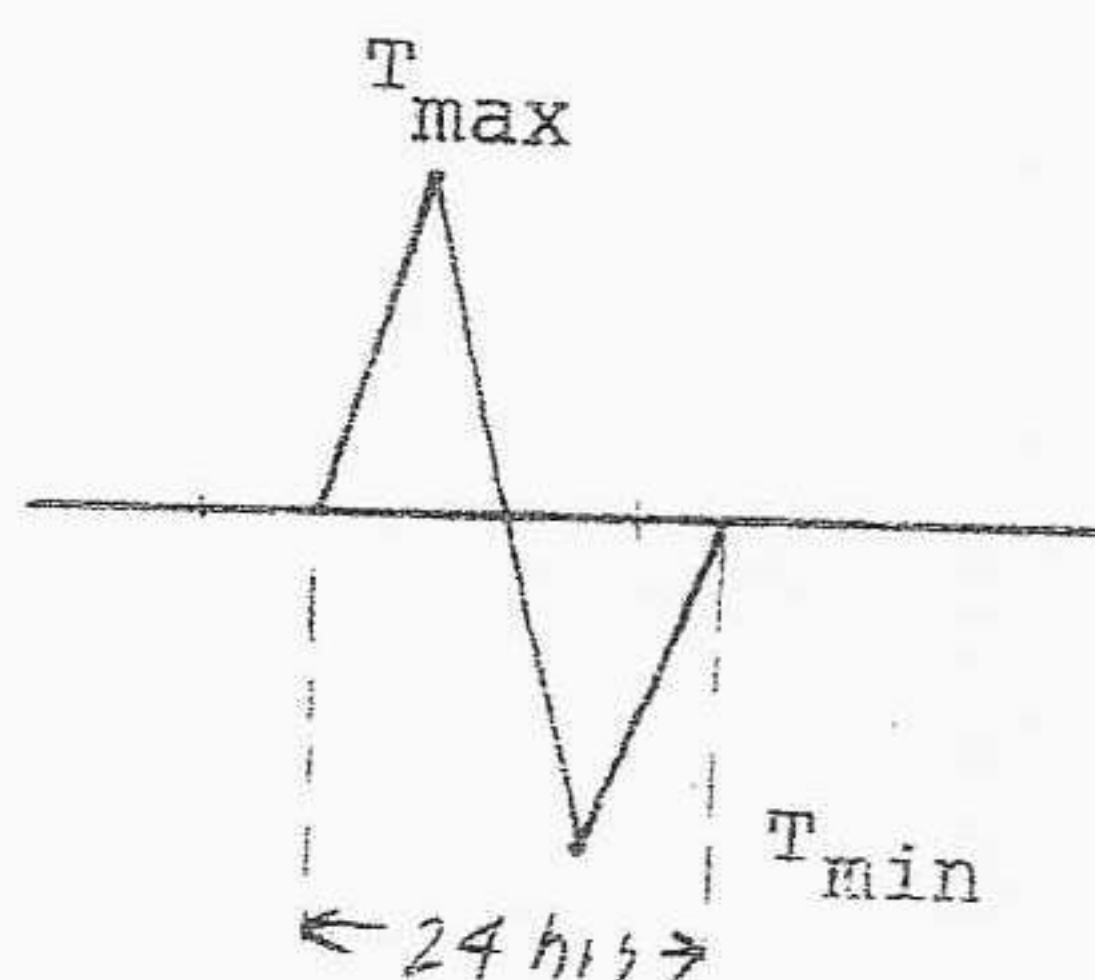
$$(18-15) ^\circ\text{C} \times 1 \text{ día} = 3 \text{ grados día.}$$

Ahora bien, si esta temperatura se mantuviese, por supuesto hipotéticamente, por un mes se tendrían:

$$(18-15) ^\circ\text{C} \times 30 \text{ días} = 90 \text{ grados día.}$$

Para establecer los grados día de una localidad dada, como las que se muestran en la tabla, se procedió a hacer un algoritmo que parte de la siguiente simplificación:

- a. Se considera que la temperatura varía, durante el día, de la siguiente manera



- b. Se considera que el comportamiento es igual para todos los días de un mes, tomándose como T_{max} al promedio de temperatura máxima y como T_{min} al promedio de temperatura mínima, para ese mes. Las temperaturas para cada mes y localidad se toman de las Normales Climatológicas que edita el Servicio Meteorológico Nacional dependiente de la SARH.
- c. Se calcula, para los doce meses del año, el número de horas en la que se presenta una temperatura dada.
- d. Dadas las temperaturas de referencia para calefacción (18°C) y para refrigeración (26°C) se multiplica el número de horas en que aparece una temperatura dada por la diferencia entre esa temperatura y la de referencia, se suman estos productos para todas las temperaturas abajo de 18°C para grados día de calefacción y arriba de 26°C para refrigeración y los dos totales se dividen entre 24 para tener los dos valores que se buscan.

Se considera que este algoritmo tiene un error de $\pm 20\%$.

A continuación se presenta el listado del programa utilizado para calcular los grados día de la tabla y que está hecho de acuerdo al algoritmo mencionado. Este programa se corrió en una computadora de bolsillo marca SHARP modelo EL-5500II y el lenguaje utilizado es el BASIC

```

250: "B": CLEAR : DIM TE(50
      ), ME(12): INPUT "LOCALI
      DAD: "; L$: GOSUB 900
      : LPRINT "LOCALIDAD: "
      : L$
252: FOR I=1 TO 50
253: TE(I)=0
255: NEXT I
256: ME(1)=31, ME(2)=28, ME
      (3)=31, ME(4)=30, ME(5
      )=31, ME(6)=30
258: ME(7)=31, ME(8)=31, ME
      (9)=30, ME(10)=31, ME(
      11)=30, ME(12)=31
265: FOR I=1 TO 12
270: INPUT "T MIN="; T0, "T
      MAX="; T1
275: LPRINT USING "###.#"
      : I; " "; T0; " "; T1
278: TX=24*(1/(T1-T0))*ME
      (I)
280: FOR J= INT (T0) TO
      INT (T1)
285: IF J > INT (T0) THEN
      295
290: TE(J)=TE(J)+(24*((J+
      1-T0)/(T1-T0))*ME(I)
      ): GOTO 310
295: IF J= INT (T1) THEN
      305
300: TE(J)=TE(J)+TX: GOTO
      310
305: TE(J)=TE(J)+(24*((T1
      -J)/(T1-T0))*ME(I))
310: NEXT J
315: NEXT I

```

```

320: INPUT "T/GR.FRI: "; TF
      , "T/GR.CAL: "; TC: CT=0
      : FT=0
400: FOR I=1 TO TF
405: IF TE(I)=0 THEN 420
410: FT=FT+TE(I)*(TF-I)
420: NEXT I
425: FOR I=TC TO 50
427: IF TE(I)=0 THEN 435
430: CT=CT+TE(I)*(I-TC)
435: NEXT I
437: GOSUB 900: USING "###
      ##": LPRINT "GRADOS D
      IA "; LPRINT "FRIO"; "
      ("; TF; ")"; FT/24
440: LPRINT "CAL. "; "("; TC
      ; ")"; CT/24: GOSUB 900
445: GOSUB 900
450: INPUT "OTRO (SI)(NO)
      "; LJ$
455: IF LJ$="SI" THEN 250
490: END
900: LPRINT "-----
      -----": RETURN

```

LOCALIDAD: ZAC. ZAC

1.0	6.0	13.1
2.0	6.8	14.9
3.0	8.5	17.6
4.0	11.0	20.1
5.0	12.4	21.5
6.0	12.1	20.7
7.0	11.0	19.0
8.0	11.2	18.9
9.0	10.6	17.4
10.0	9.9	16.7
11.0	8.3	15.6
12.0	6.7	13.5

GRADOS DIA

FRIO(	18)	1855
CAL.(	26)	0

BIBLIOGRAFIA

1. SEMID, "Balance Nacional de Energía 1984", México DF, 1985.
2. Comisión Federal de Electricidad, "Estadísticas por Entidad Federativa. 1986", México DF, 1987.
3. Comisión Federal de Electricidad, "Evolución del Precio del kWh en México. Período 1962-1984", México DF, 1985.
4. Geller S., "Progress in the Energy Efficiency of Residential Appliances and Space Conditioning Equipment", capítulo del libro "Energy Resources: Conservation and Renewables", American Institute of Physics, 1985.
5. Tamayo, J., "Geografía Moderna de México", Editorial Trillas, México DF, 1972.
6. TRANE AIR CONDITIONING MANUAL
7. Hernández G., E., "Aire Acondicionado y Refrigeración", Editorial Limusa-Wiley, México.
8. Leckie, J., et.al., "Other Homes and Garbage", Sierra Club Books, San Francisco, CA, 1975.
9. SARH, "Normas Climatológicas", Servicio Meteorológico Nacional, México.



SUBDIRECCION DE OPERACION

**PROGRAMA NACIONAL DEL USO
RACIONAL DE LA ENERGIA
PRONURE - C. F. E.**