

DISIPADORES DE CALOR

Introducción.- Las potencias manejadas por los dispositivos semiconductores, transistores, TRIAC, MOSFET, Reguladores de tensión, etc., es en muchos casos de una magnitud considerable. El tamaño de tales dispositivos es muy pequeño y ello dificulta la adecuada disipación de energía en forma de calor por efecto Joule.

Si la temperatura aumenta puede alcanzar valores destructivos, produciéndose ruptura térmica, inutilizando el dispositivo permanentemente. Cuando la potencia a disipar es pequeña los dispositivos disipan el calor directamente a través de su encapsulado al ambiente. En los dispositivos de más potencia, la superficie del encapsulado no es suficiente y se requiere la utilización de un adecuado DISIPADOR DE CALOR.

Propagación de la energía calorífica.

La propagación se realiza de tres formas: radiación, convección y conducción.

Radiación: La radiación puede propagarse a través del vacío y no necesita de material sólido como medio.

Convección: Es un fenómeno que atañe a fluidos, tales como el aire o el agua. Favorece la propagación del calor en estos cuerpos, que son de por sí muy buenos aislantes térmicos. Un cuerpo caliente sumergido en aire, hace que las capas próximas al mismo se calienten, lo que a su vez ocasiona una disminución de su densidad, y por esto se desplazará esta masa de aire caliente hacia estratos más elevados dentro del recinto. Inmediatamente, el "hueco" que ha dejado este aire es ocupado por aire más frío, y así se repite el ciclo, generando corrientes convectivas que facilitan el flujo térmico. Este mismo fenómeno se da en el agua, o cualquier líquido o gas.

Conducción: Se manifiesta principalmente en sólidos.

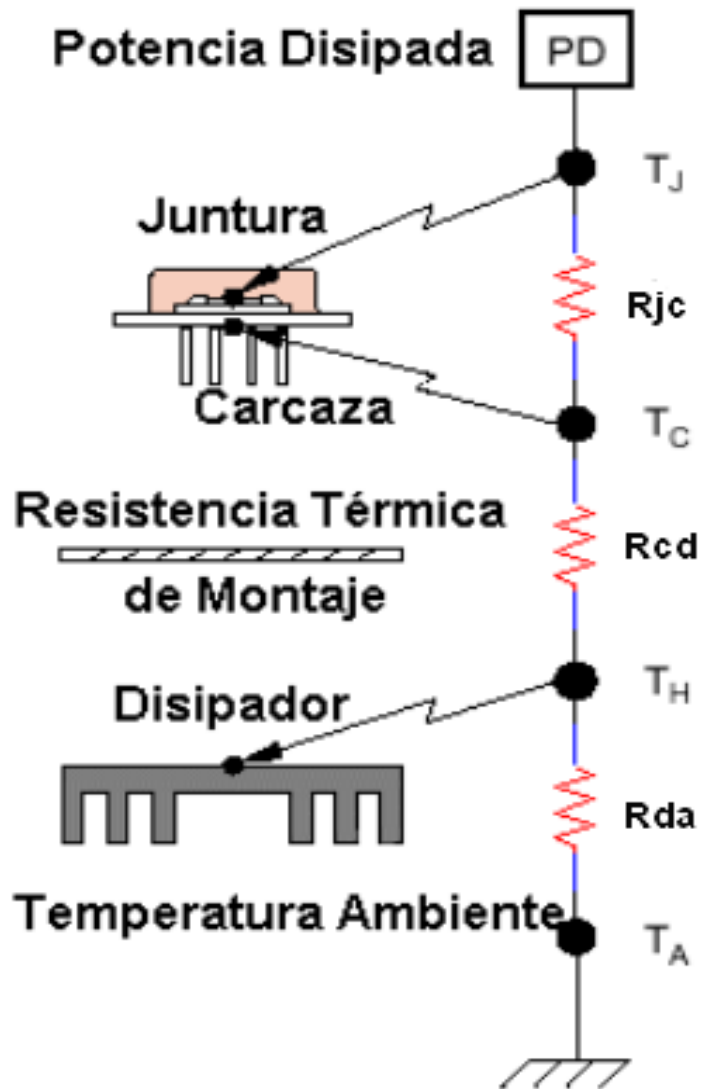
En general los buenos conductores eléctricos son también buenos conductores térmicos, por ello la elección de aluminio como material para disipadores responde a este concepto y si bien técnicamente podría utilizarse un mejor conductor como el cobre (oro, platino), las razones económicas lo imposibilitan.

En la disipación de calor de los semiconductores observamos fenómenos principalmente asociados a la convección y conducción.

Analogía térmica y eléctrica: Se puede establecer una correspondencia entre la Ley de Ohm y la propagación térmica mediante la siguiente tabla de equivalencias:

analogía térmica - Ley de Ohm	
intensidad (I)	Potencia Disipada Pd (Watts)
tensión (V)	temperatura T (°C)
resistencia (R)	Resistencia térmica R (°C/W)
$V = IR$	$T = Pd.R$

Las unidades son W (Watts), T (°C, grados Celsius o Centígrados) y R (°C/W)



$$P_d = \frac{T_j - T_a}{(R_{jc} + R_{cd} + R_{da})}$$

- T_j = temperatura de la Juntura
- T_a = temperatura ambiente
- R_{jc} = resistencia térmica Juntura-carcaza
- R_{cd} = resistencia térmica carcaza-disipador
- R_{da} = resistencia térmica disipador-ambiente

La asociación de resistencias térmicas es igual que la asociación de resistencias. En serie, sumamos los valores de cada R, de manera que la resistencia térmica equivalente es mayor que cada una de las resistencias por separado. Lógicamente, cuanto mayor es la resistencia térmica, mayor dificultad para el flujo de calor.

Cálculo del disipador

Calcular un disipador se resume a obtener el valor de R_{da} en (°C/W) y para ello necesitamos despejarlo de la fórmula anterior

$$P_d = \frac{T_j - T_a}{(R_{jc} + R_{cd} + R_{da})}$$

Queda

$$R_{da} = \frac{(T_j - T_a)}{P_d} - R_{jc} - R_{cd}$$

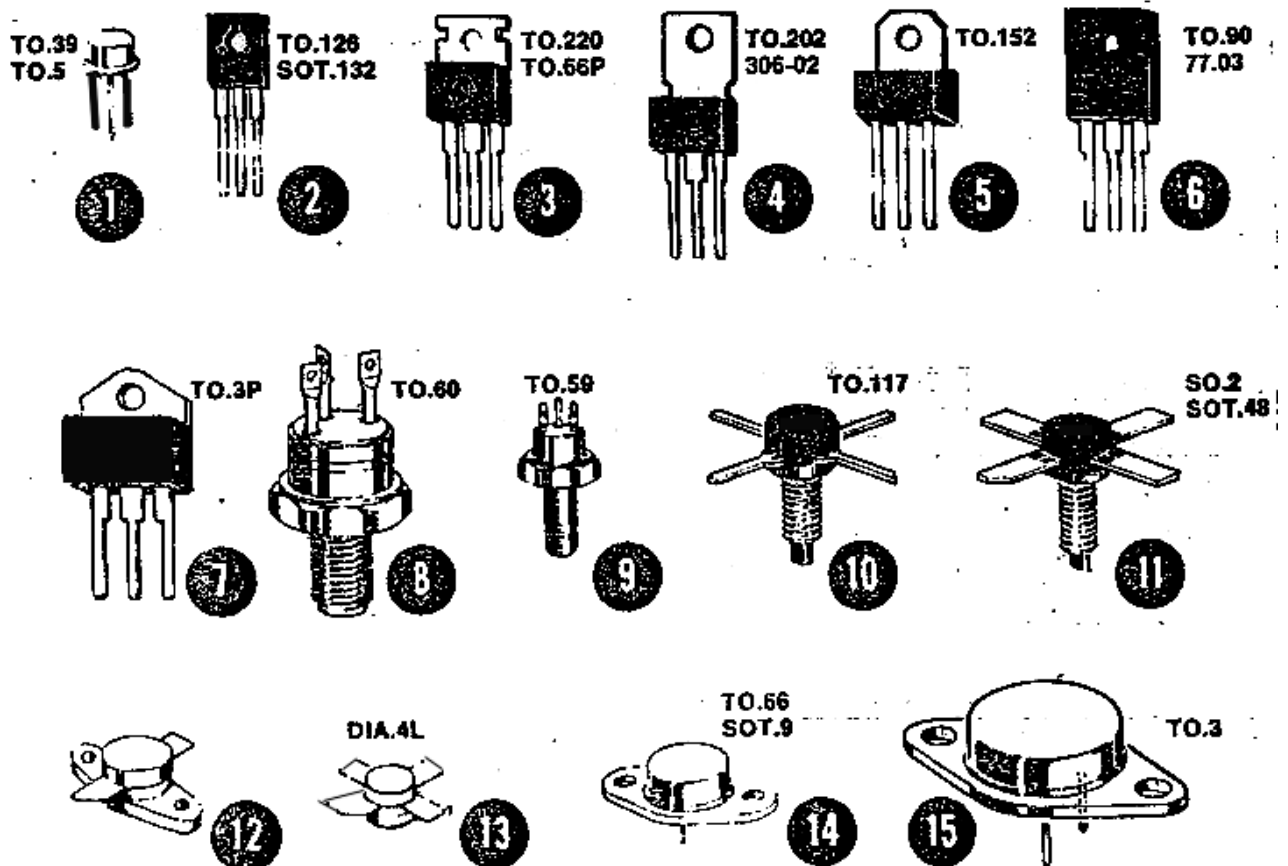
Una vez despejada Rda necesitamos obtener los datos de los restantes parámetros de la fórmula

Tj= La provee el fabricante del Componente Si no disponemos de estos datos, podemos tomar como $T_j = 135^\circ$

Ta= La temperatura ambiente debe ser considerada en base a la realidad de uso del equipo, por ej no es lógico una T_a de 25° en un dispositivo que se utilizará dentro de un automóvil.

Rjc= La provee el fabricante del Componente, depende del encapsulado y también hay tablas bastantes aproximadas para determinarla

Rcd= Se determina por la siguiente tabla



N°	Tipo de encapsulado	Solo encapsulado	Con Grasa siliconada y sin mica	Con Mica	Con Mica y grasa siliconada
		Rca	Rcd	Rcd	Rcd
1	TO39 Y TO5	1	0,7	NO	NO
2	TO126	1,4	1	2	1,5
3	TO220	0,8	0,5	1,4	1,2
4	TO202	0,8	0,5	1,4	1,2
5	TO152	0,8	0,5	1,4	1,2
6	TO90	0,5	0,3	1,2	0,9
7	TO3 PLÁSTICO	0,4	0,2	1	0,7
8 y 9	TO59	1,2	0,7	2,1	1,5
10	TO117	2	1,7	NO	NO
11	SOT48	1,8	1,5	NO	NO
12 y 13	DIA4L	1,1	0,7	NO	NO
14	TO66	1,1	0,65	1,8	1,4
15	TO3	0,25	0,12	0,8	0,4

Pd= La potencia disipada por el dispositivo se determina de acuerdo a la aplicación que se realice en el circuito, por ej . en un regulador LM317 cuya entrada de tensión es $V_i=22\text{ V}$ y la salida es variable entre $V_o=1,2\text{ V}$ y 18 Volts se considera el "PEOR CASO" que sería que el

regulador entregue su mínima tensión o esté en cortocircuito . Si este peor caso se da rara vez y de manera muy instantánea , se puede considerar un caso mas favorable y que requiera de un disipador mas pequeño, como el caso que el circuito entregue su máxima corriente $I_{Lm\acute{a}x}$ (1,5 A) con 5 Volts de salida . En este último caso tendríamos que la potencia disipada máxima del LM317 es :

$$P_d = \frac{V_i - V_o}{I_{Lm\acute{a}x}}$$

$$P_d = \frac{22V - 5V}{1,5A}$$

$$P_d = 11,3 \text{ Watts}$$

Si utilizamos un LM317T con encapsulado TO-220 y cuyos datos son los siguientes:

De la hoja de datos (datasheet) sacamos estos datos:

$$T_j = 125 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$R_{jc} = 5 \text{ }^\circ\text{C/w}$$

De nuestro montaje y las tablas, deducimos:

$$R_{cd} = 1.2 \text{ }^\circ\text{C/w (mica y grasa siliconada)}$$

$$T_a = 30 \text{ }^\circ\text{C (tomamos este valor)}$$

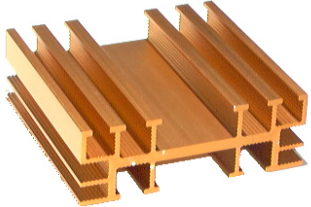
$$R_{da} = \frac{(T_j - T_a) - R_{jc} - R_{cd}}{P_d}$$

$$R_{da} = \frac{(125^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) - 5^\circ\text{C/W} - 1,2^\circ\text{C/W}}{11,3 \text{ W}}$$

$$R_{da} = 8,4 \text{ }^\circ\text{C/W} - 5^\circ\text{C/W} - 1,2^\circ\text{C/W} = 2,2 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Buscamos en catálogo y encontramos las siguientes opciones de Disipador:

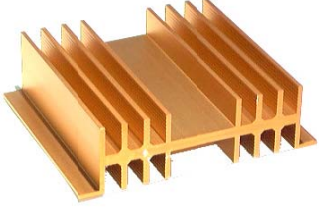
Para una Longitud de disipador de 75 mm

	<p>ZD-8 Dimensiones: Base 100mm - Altura 35mm - Espesor núcleo central 32mm Resistencia térmica: 2.20° C/W para 75mm Superficie: 1019 mm²/mm</p>
---	---

O si se desea plano de un lado

	<p>ZD-27 Dimensiones: Base 104mm - Altura 37mm - Espesor núcleo central 6.2mm Resistencia térmica: 2.2° C/W para 75mm Superficie: 1259 mm²/mm</p>
---	---

Para una Longitud de disipador de 10 mm

	<p><i>Este no daría , pero está muy cerca de la especificación y se trata de un disipador de precio aceptable</i></p> <p>ZD-7 Dimensiones: Base 120mm - Altura 35mm - Espesor núcleo central 32mm Resistencia térmica: 2.30° C/W para 10mm Superficie: 1200,9 mm²/mm</p>
---	--

Consideraciones para grandes potencias Cuando tengamos que disipar potencias de más de 50 Watts, los tamaños del disipador se vuelven muy grandes y también ineficientes. Entonces surgen soluciones prácticas como económicas: por ejemplo disponer en el circuito de dispositivos en paralelo, donde se reparta la disipación y a su vez se logra achicar considerablemente el disipador


Por ej: debemos disipar 60 Watts con transistores con los siguientes datos

- T_j = 200 °C
- R_{jc} = 1.5 °C/w
- R_{cd} = 0.8 °C/w (para este ejemplo solo usamos mica sola y sin grasa - cápsula TO-3)
- T_a = 30 grados

Con 1 Transistor:

$$R_{da} = \frac{T_j - T_a}{W} - R_{jc} - R_{cd} = \frac{200 - 30}{60} - 1.5 - 0.8 = 0.533^\circ C / w$$

Resulta un disipador:

	<p>ZD-23 Dimensiones: Base 120mm - Altura 120mm - Espesor núcleo central 18mm Resistencia térmica: 0.48° C/W para 150 mm Superficie: 4689 mm²/mm</p>
---	---

Un disipador de importante tamaño y precio

Con 2 Transistores en paralelo:

Examinemos detenidamente la situación, dibujando un diagrama de analogía eléctrica:

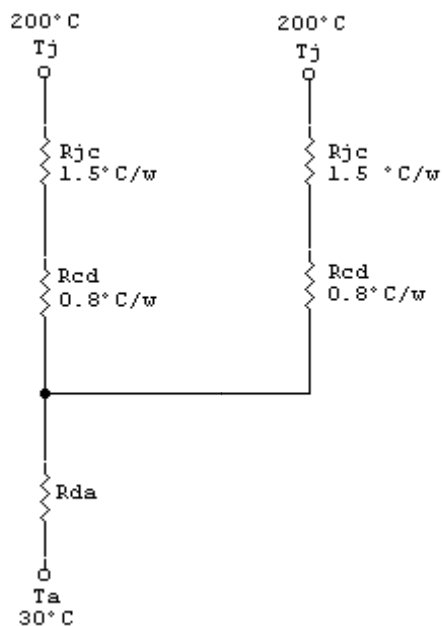


Fig. 1

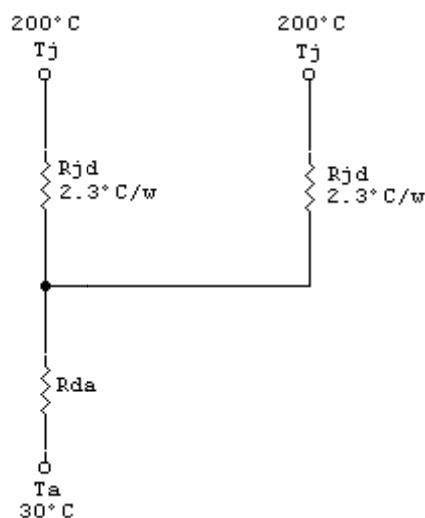


Fig. 2

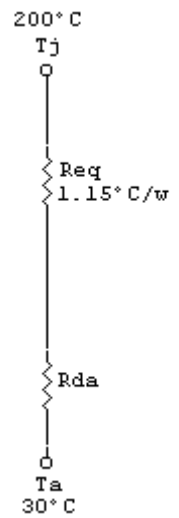
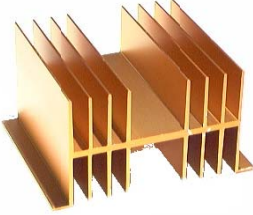


Fig. 3

La asociación de resistencias térmicas se tratan igual que las eléctricas, asociando series y paralelos llegamos al resultado de la Fig.3. La resistencia térmica total de los transistores (R_{jd}) es de 1.15°C/w en lugar de los 2.3°C/w que establecimos con uno. O sea, hemos reducido a la mitad la R_{jd} por el mero hecho de utilizar dos transistores. Calculando de nuevo nuestro disipador:

$$R_{da} = \frac{T_j - T_a}{P} \quad R_{jc} \quad R_{cd} = \frac{200 - 30}{60} \quad 1.15 = 1.68^\circ\text{C/w}$$

La diferencia entre un disipador de 0.53°C/w y otro de 1.68°C/w es notable.

	<p>ZD-53 Dimensiones: Base 120mm - Altura 66mm - Espesor núcleo central 32mm Resistencia térmica: 1.50° C/W para 75mm Superficie: 1240 mm²/mm</p>
---	---

Un disipador de un modelo más económico y la mitad de largo

Cuatro Transistores:

Si en lugar de dos transistores, pusiéramos cuatro, la nueva R_{jd} valdría 0.575°C/w y el nuevo disipador que necesitaríamos tendría una R de 2.26°C/w.

	<p>ZD-7 Dimensiones: Base 120mm - Altura 35mm - Espesor núcleo central 32mm Resistencia térmica: 2.26° C/W para 10mm Superficie: 1200,9 mm²/mm</p>
---	--

Un disipador clásico y de razonable precio .

En resumen: debe observarse que la diferencia entre 1 transistor y 2 en paralelo es enorme, sin embargo entre 2 y 4 no tanto (además 4 Transistores entran muy ajustados en un disipador ZD7). Debe considerarse un punto de equilibrio costo beneficio de este criterio, en cada caso es diferente.

Disipadores con ventilación forzada, utilizando Cooler:

Proceso de cálculo

Determinaremos la resistencia térmica **R_{da}** necesaria de acuerdo con los cálculos habituales de disipación natural.

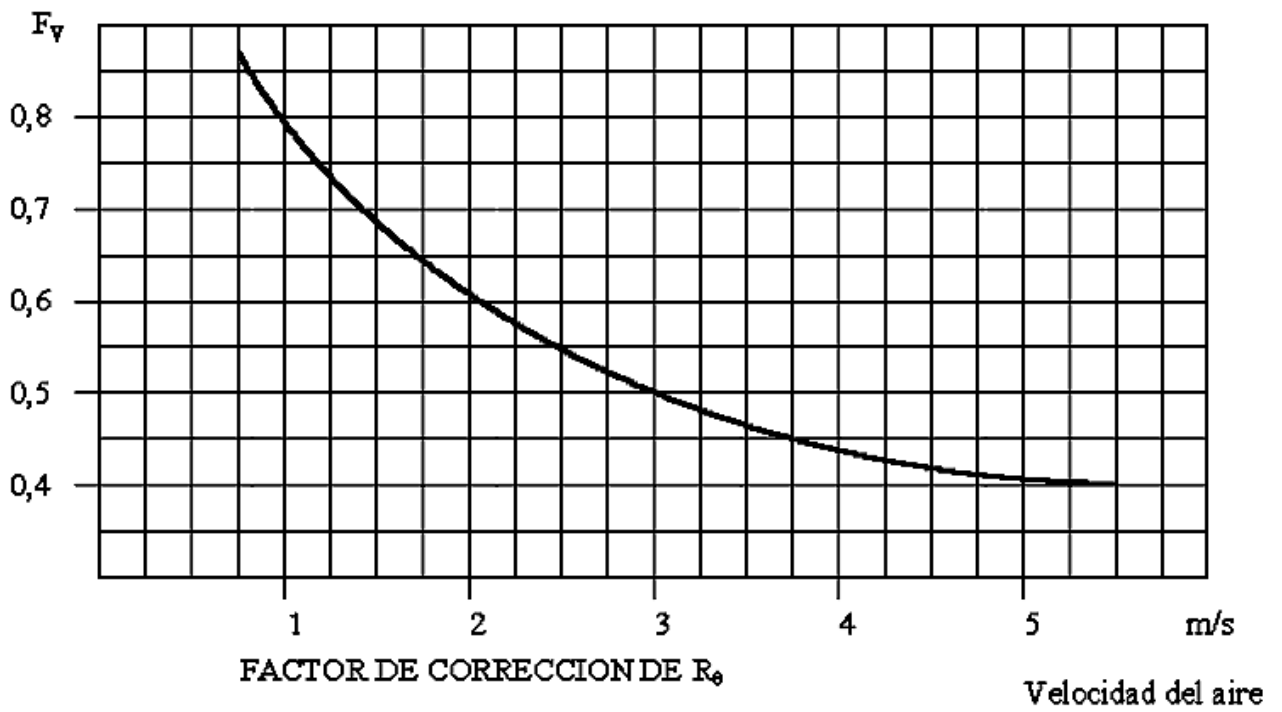
Primer planteo

Dado un valor R_{da} correspondiente a un disipador conocido, hallar el nuevo valor R_{da} que resultará al aplicar a dicho disipador un flujo de aire a una velocidad determinada.

$$R_{daf} = R_{da} \cdot F_v$$

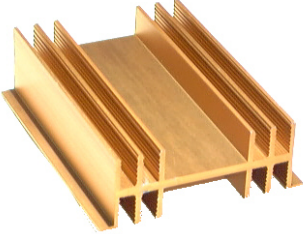
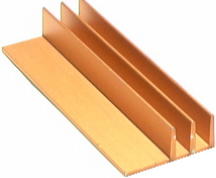
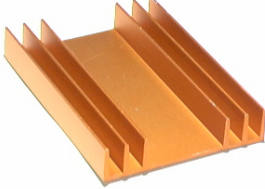
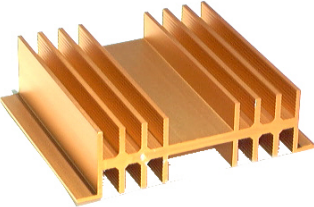
siendo **F_v**: **Factor de velocidad**

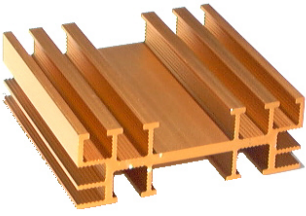
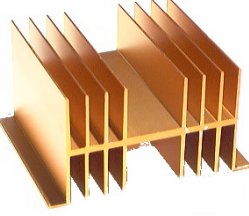
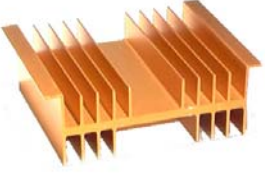
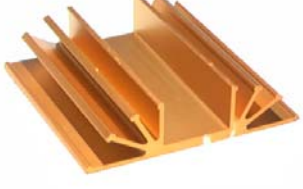
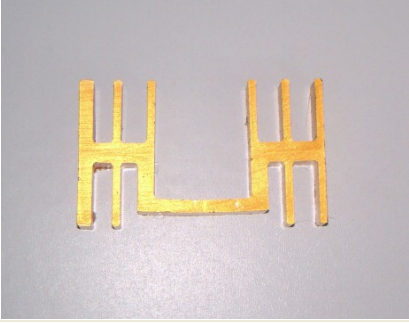
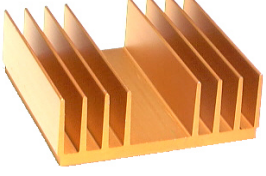
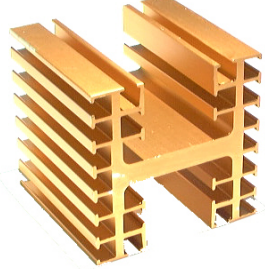
AIRE FORZADO



Anexo : Perfiles de disipadores nacionales

DISIPADOR	CARACTERISTICAS
	<p>ZD-1</p> <p>Dimensiones: Base 58 mm - Altura 29mm - Espesor núcleo central 3.5mm</p> <p>Resistencia Térmica: 3.5° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 525,10 mm²/mm</p>
	<p>ZD-3</p> <p>Dimensiones: Base 50mm - Altura 14mm - Espesor núcleo central 2mm</p> <p>Resistencia térmica: 5° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 252 mm²/mm</p>
	<p>ZD-9</p> <p>Dimensiones: Base 57mm - Altura 23mm - Espesor núcleo central 27mm</p> <p>Resistencia térmica: 3.80° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 343mm²/mm</p>

	<p>ZD-6</p> <p>Dimensiones: Base 80mm - Altura 30mm - Espesor núcleo central 32mm</p> <p>Resistencia térmica: 2.90° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 626,5 mm²/mm</p>
	<p>ZD-29</p> <p>Dimensiones: Base 37mm - Altura 15mm - Espesor núcleo central 2mm</p> <p>Resistencia térmica: 10.8° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 156 mm²/mm</p>
	<p>ZD-36</p> <p>Dimensiones: Base 29mm - Altura 15mm - Espesor núcleo central 18mm</p> <p>Resistencia térmica: 8.80° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 112 mm²/mm</p>
	<p>ZD-32</p> <p>Dimensiones: Base 120mm - Altura 11mm - Espesor núcleo central 2.5mm</p> <p>Resistencia térmica: 4.2° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 305 mm²/mm</p>
	<p>Artículo 6225M ZD-5</p> <p>Dimensiones: Base 70mm - Altura 17mm - Espesor núcleo central 32mm</p> <p>Resistencia térmica: 5.10° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 296 mm²/mm</p>
	<p>ZD-2K</p> <p>Dimensiones: Base 145mm - Altura 50mm - Espesor núcleo central 4.5mm</p> <p>Resistencia térmica: 0.92° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 2000 mm²/mm</p>
	<p>ZD-2E</p> <p>Dimensiones: Base 138mm - Altura 40mm - Espesor núcleo central 5mm</p> <p>Resistencia térmica: 1.2° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 1273 mm²/mm</p>
	<p>ZD-7</p> <p>Dimensiones: Base 120mm - Altura 35mm - Espesor núcleo central 32mm</p> <p>Resistencia térmica: 2.60° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 1200,9 mm²/mm</p>

	<p>ZD-8 Dimensiones: Base 100mm - Altura 35mm - Espesor núcleo central 32mm Resistencia térmica: 2.20° C/W para 75mm Superficie: 1019 mm²/mm</p>
	<p>ZD-53 Dimensiones: Base 120mm - Altura 66mm - Espesor núcleo central 32mm Resistencia térmica: 1.50° C/W para 75mm Superficie: 1240 mm²/mm</p>
	<p>ZD-42 Dimensiones: Base 126mm - Altura 43mm - Espesor núcleo central 5mm Resistencia térmica: 1.4° C/W para 75mm Superficie: mm²/mm</p>
	<p>ZD-28 Dimensiones: Base 104mm - Altura 25.4mm - Espesor núcleo central 4.75mm Resistencia térmica: 2.9° C/W para 75mm Superficie: 5640 mm²/mm</p>
	<p>ZD 58</p>
	<p>ZD-27 Dimensiones: Base 104mm - Altura 37mm - Espesor núcleo central 6.2mm Resistencia térmica: 2.2° C/W para 75mm Superficie: 1259 mm²/mm</p>
	<p>ZD-18 Dimensiones: Base 100mm - Altura 100mm - Espesor núcleo central 12mm Resistencia térmica: 0.85° C/W para 75mm Superficie: 2656 mm²/mm</p>

	<p>ZD-23</p> <p>Dimensiones: Base 120mm - Altura 120mm - Espesor núcleo central 18mm</p> <p>Resistencia térmica: 0.65° C/W para 100mm</p> <p>Superficie: 4689 mm²/mm</p>
	<p>ZD-41</p> <p>Dimensiones: Base 100mm - Altura 100mm - Espesor núcleo central 18mm</p> <p>Resistencia térmica: 0.80° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: 2700 mm²/mm</p>
	<p>ZD-43</p> <p>Dimensiones: Base 144mm - Altura 88mm - Espesor núcleo central 24mm</p> <p>Resistencia térmica: 1.12° C/W para 75mm</p> <p>Superficie: mm²/mm</p>
	<p>ZD-55 (con ranura)</p> <p>Dimensiones: Base 125mm - Altura 135mm</p> <p>Peso por metro: 14 kg</p> <p>Espacio entre ranura: 80 mm</p> <p>Resistencia térmica: 0.80° C/W/3 in.</p> <p>Superficie: 6088,5 mm²/mm</p>
	<p>ZD-51</p> <p>Dimensiones: Base 125mm - Altura 135mm</p> <p>Peso por metro: 14 kg</p> <p>Resistencia térmica: 0.80° C/W/3 in.</p> <p>Superficie: 6088,5 mm²/mm</p>