

APLICACIONES DE LA CAÑERÍA DE CALOR

Por

K. Thomas FELDMAN, Jr.
Glen H. WHINTING

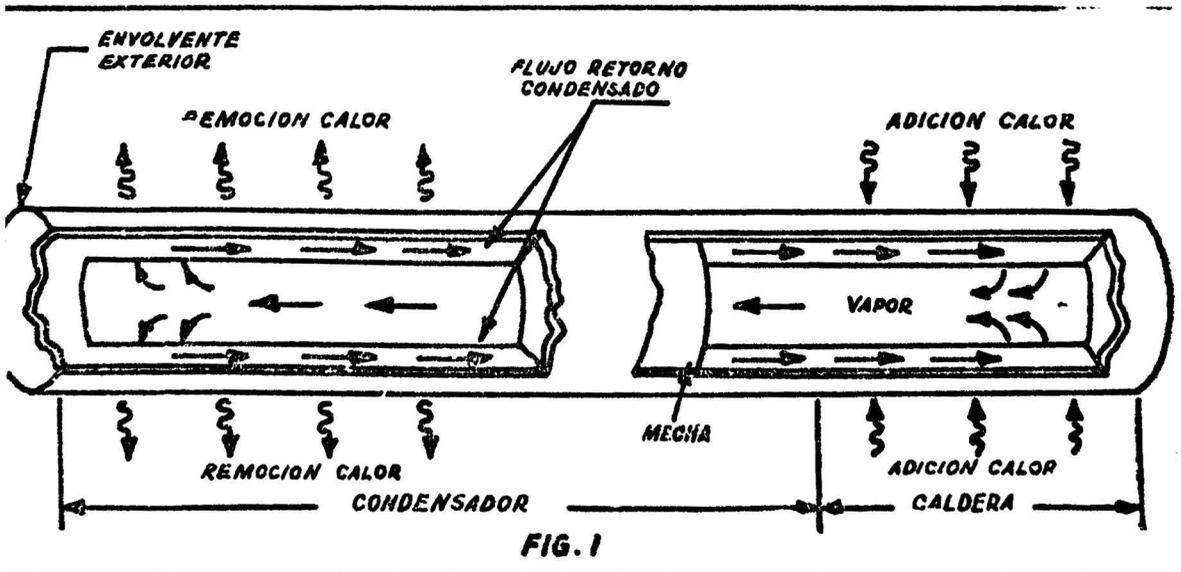
(Traducido del "Mechanical Engineering" de Noviembre de 1968).

La cañería de calor consiste de un tubo, una mecha y un fluido que puede transferir calor a una razón fenomenal. Tiene una fracción de peso, y muchos cientos de veces la capacidad de transferir calor del cobre sólido, plata o aluminio.

Puede reemplazar muchos sistemas de transferencia de calor, mejorando de esta

manera la performance de casi cualquier sistema de conservación de energía. Aquí damos sus aplicaciones, desde el enfriamiento de vehículos espaciales hasta calefacción de automóviles.

La mayoría de las cañerías de calor han sido construidas de una sección circular como se muestra en la Fig. 1. Los elementos básicos de una cañería de ca-



lor son: un envolvente exterior cerrado, una mecha capilarmente porosa, y un fluido de trabajo. La mecha está hecha firme uniformemente en el interior de la pared de la cañería. Sin embargo, como se muestra en las figuras siguientes, la cañería de calor puede asumir cualquier forma geométrica.

El calor en una región de la cañería de calor evapora el fluido de trabajo y conduce el vapor a otras regiones donde es condensado entregando su calor latente. En la mecha, las fuerzas de tensión superficial hacen regresar el condensado a la región de evaporación por los canales capilares. Donde la cañería de calor es requerida para operar contra campos de gravedad o aceleración (esto es, con el extremo del evaporador sobre el extremo del condensador en un campo de gravedad), las fuerzas de tensión en la mecha pueden levantar el líquido desde uno a cuatro pies, dependiendo de la mecha y líquido usado.

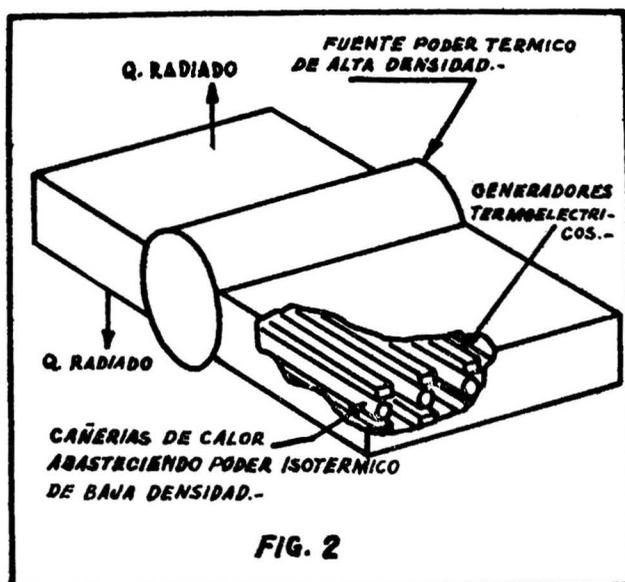
La cañería de calor opera con sólo unos pocos grados de gradiente de temperatura a lo largo de su extensión. Pueden ser usadas como transformador térmico para unir fuentes y sumideros de energía de diferente flujo de calor (BTU/Hr. - pie²). La energía puede ser agregada a la cañería de calor a través de una pequeña área de un alto flujo y removida a través de una gran área de

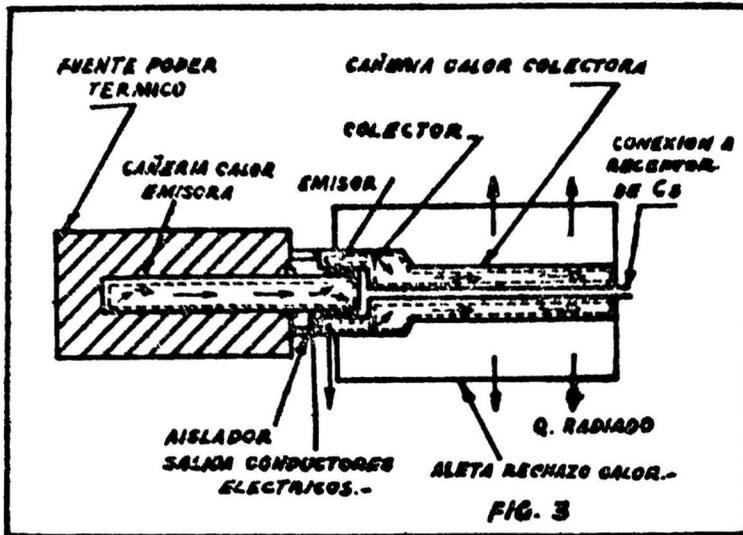
un bajo flujo o vice versa. Razones de flujo térmico de transformación tan grandes como 10 es a 1 han sido obtenidas.

ABASTECIENDO ENERGIA TERMICA

Puesto que la cañería de calor opera casi isotérmicamente y puede actuar como un transformador térmico, puede prontamente unir fuentes de poder térmico a aparatos convertidores de energía. Sistemas de bajo flujo térmico como generadores de poder termoeléctricos pueden ser diseñados como se muestra en la figura 2 (Los generadores termoeléctricos operan bajo el principio de las termocoplas).

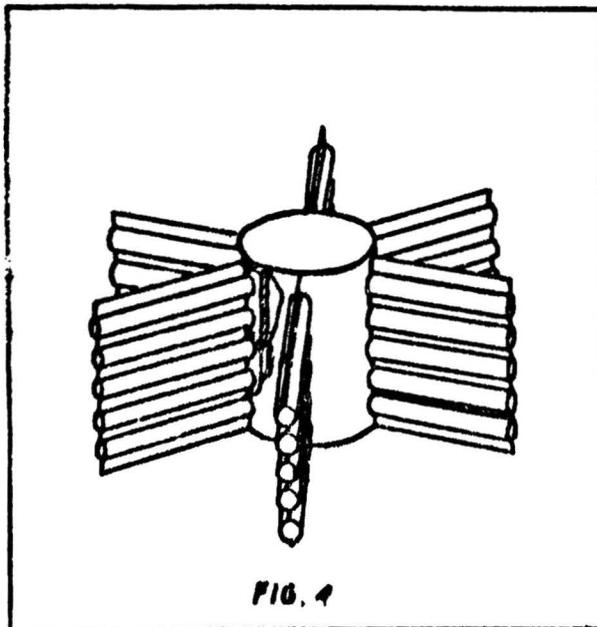
Las cañerías de calor abastecen energía esotérmica a elementos termoeléctricos, los cuales están unidos en ambos lados de la cañería de calor. Los elementos termoeléctricos operan todos esencialmente a la misma temperatura lo cual simplifica el diseño y operación. La fuente de poder térmico puede ser un proceso de combustión, o energía nuclear desde un radioisótopo o reactor. El blindaje de radiación nuclear puede fácilmente proveerse alrededor de la fuente de poder sin afectar la cañería abastecedora a convertidores de energía.





En la Figura 3 es mostrado el concepto de una cañería de calor que proporciona energía térmica para sistemas de alta densidad de entrega de poder como convertidores Termoiónicos. (En termoiónica, el poder eléctrico es generado por la emisión termoiónica de electrones desde un electrodo caliente a un electrodo más frío a una corta distancia). Aquí la cañería de calor recibe energía térmica a través de una gran área a una relativamente baja densidad de poder y lo refleja dentro del convertidor termoiónico a alta densidad de poder. La cañería de calor

puede actuar como el emisor del diodo termoiónico. Puesto que la cañería de calor es casi isotérmica, la emisión termoiónica desde la superficie de la cañería de calor es idealmente uniforme. Las temperaturas de operación de los elementos del sistema son determinadas por la temperatura de la fuente de calor y la temperatura efectiva de radiación de calor al sumidero. El diseño mostrado en la Figura 3 puede ser una parte de un gran sistema, el cual puede ser ordenado radialmente o en un paralelo geométrico como se muestra en la Figura 2.



REMOCION DE ENERGIA TERMICA

Nuevamente, las características isotérmicas y de transformación térmica de las cañerías de calor la hacen ideal para otros rechazos de calor como aletas de radiación o conducción, o uniones térmicas a un sumidero de baja temperatura. En la Figura 4 se muestra el concepto de aletas de radiación en una cañería de calor.

Las cañerías de calor son mostradas como tubos cilíndricos que son parte integral de un "telado o tejido" de aletas de radiación de calor. Puesto que las cañerías de calor hacen que la aleta permanezca casi isotérmica a lo largo de todas sus medidas, la aleta de radiación es casi de una eficiencia del 100%. También, las cañerías de calor son mostradas enlazadas directamente al lado frío del sistema convertidor de energía. Esta conexión directa elimina las gradientes de temperatura normales de conducción, y de esta manera baja la temperatura del lado frío de la aleta.

Considerando la eficiencia de una máquina térmica, un descenso en la temperatura del sumidero de calor mejora la eficiencia térmica casi al doble tanto más como un similar aumento de temperatura en la fuente de calor. De esta manera la

bajada de temperatura del lado frío, por el uso de aletas de cañerías de calor isotérmicas puede producir una ventajosa ganancia de eficiencia.

Las cañerías de calor propiamente diseñadas son muy recomendables porque no tienen partes móviles, pero el daño desde una fuente externa como la perforación de un meteorito puede causar falla. Sin embargo, un alto grado de realización es obtenido en el diseño mostrado en la Figura 4, puesto que la pérdida de unas pocas cañerías de calor no tienen efecto significativo en la performance del generador, debido a que el camino de conducción térmica continúa útil a lo largo de la pared de la cañería de calor a las aletas de las cañerías de calor adyacentes.

En la Figura 5, otro concepto de rechazo de calor es mostrado. La aleta es hueca y dividida en muchos segmentos de cañerías de calor. Cada segmento hueco está provisto de "mecha" en su pared interior y con un fluido de trabajo y así actúan por separado como cañerías de calor o cámara de vapor.

Aunque el concepto mostrado en la Figura 5 sea casi más isotérmico que el mostrado en la Figura 4, no será tan liviano.

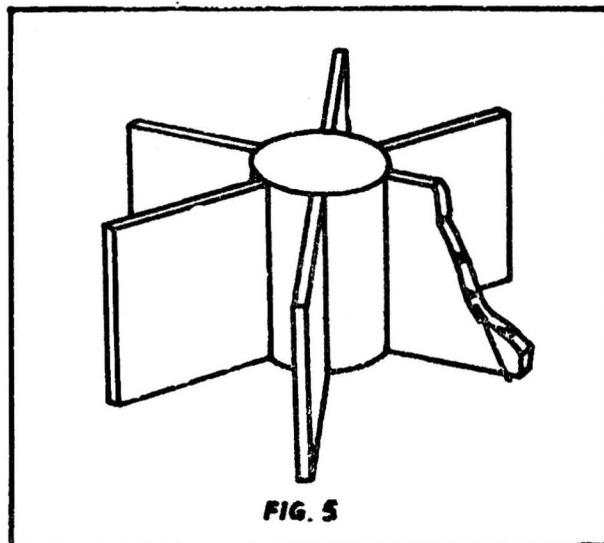


FIG. 5

CONTROL TERMICO

El control térmico de sistemas de conversión de energía puede ser proveído por las características de las cañerías de calor en transformaciones térmicas poder-densidad, emparejando poder, y en acción termostática. El uso de cañerías de calor en transformaciones térmicas de poder de una densidad a otra, puede ser usado también para suministrar o rechazar calor para el control térmico de un vehículo, componentes electrónicos, etc.

En principio las cañerías de calor pueden ser hechas para unir o actuar como miembros estructurales en un sistema. De esta manera, donde muchos sistemas requieren control térmico se han usado calentadores eléctricos para mantener las temperaturas deseadas; una cañería de calor conectada a un radioisótopo u otra fuente de calor cercana puede suministrar el calor requerido para el control térmico sin el ineficiente uso de poder eléctrico para calentamiento de resistencias.

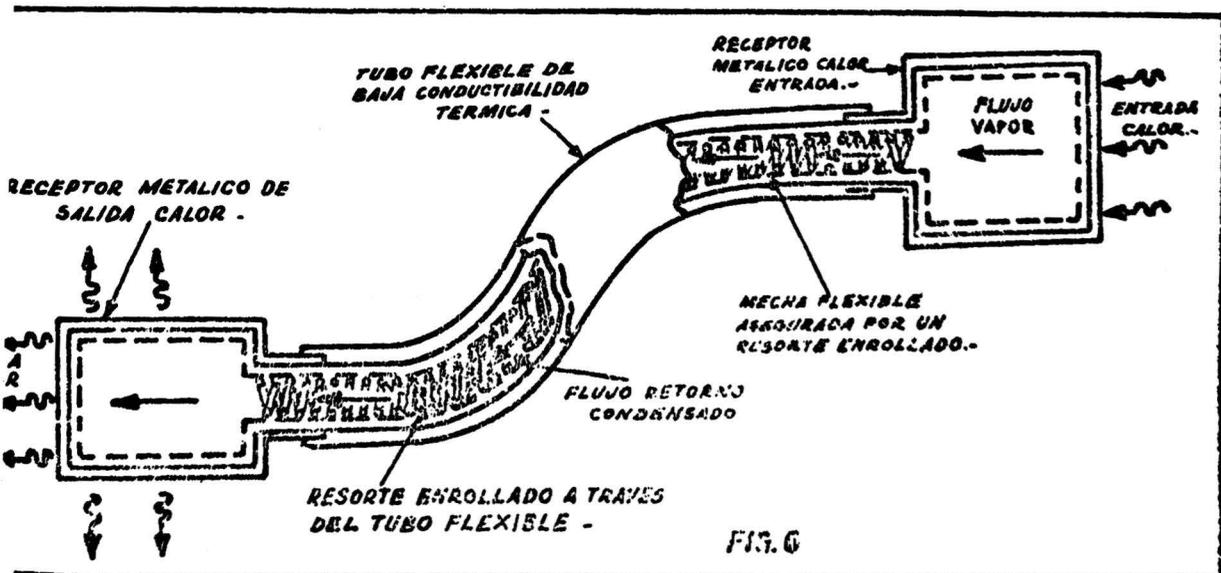
Una cañería flexible es mostrada en la Figura 6. Los receptores de metal de calor de entrada y salida están conectados por un tubo flexible de un material de baja conductibilidad térmica. Una mecha de material flexible de baja conductibilidad como fibra de vidrio es mantenida en su lugar por un resorte interno enro-

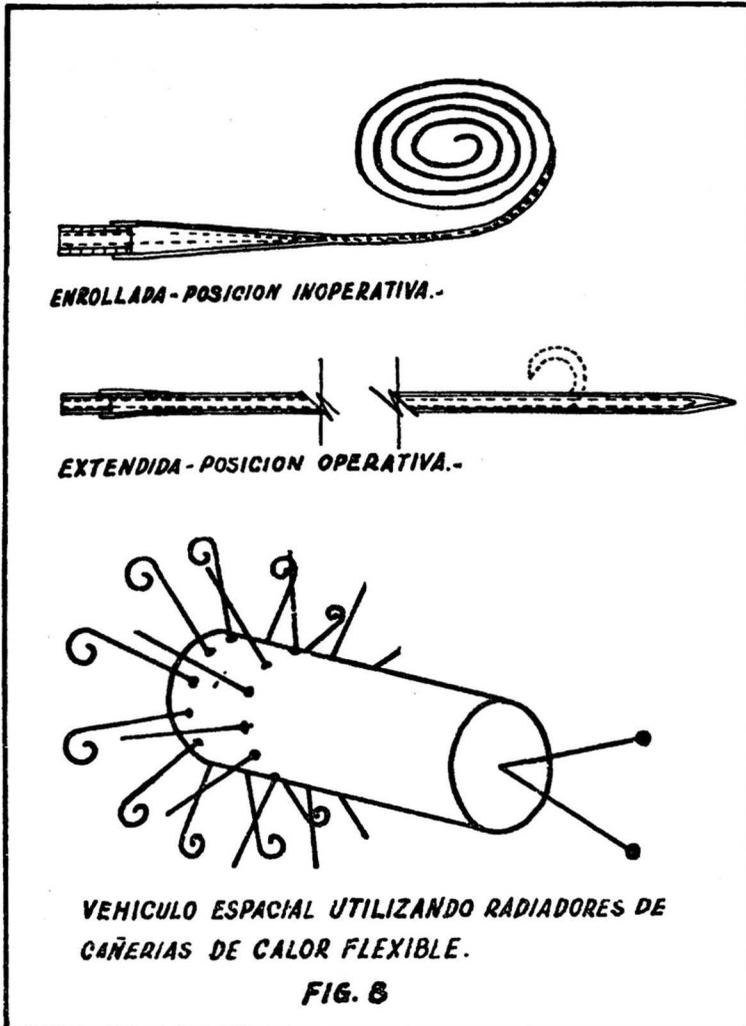
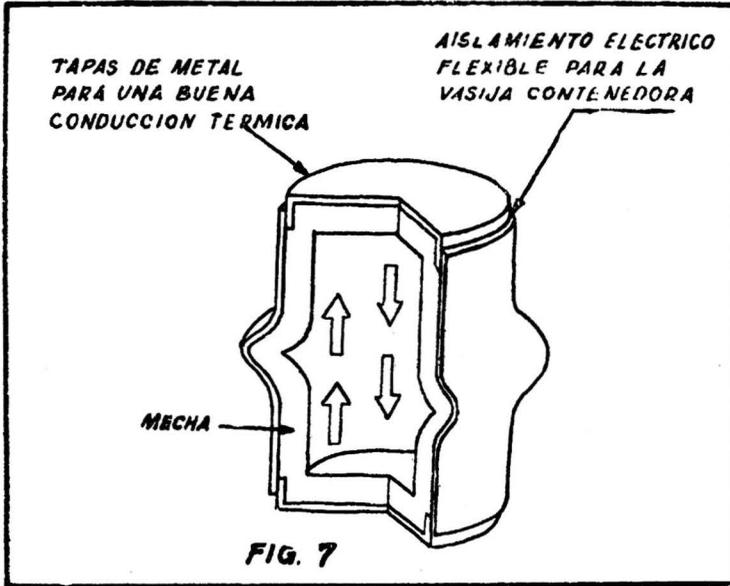
llado. La temperatura de operación debe ser limitada por la máxima temperatura permisible del tubo flexible y mecha. Para tubos de Teflón la máxima temperatura será cercana a los 400° F, la cual es adecuada para muchas aplicaciones de control térmico.

Los receptores de calor de entrada y salida pueden ser de cualquier forma conveniente. Por ejemplo, un extremo puede ser formado para actuar como una aleta de rechazo de calor mientras que el otro puede ser hecho firme a un envolvente electrónico para su enfriamiento. El tubo flexible puede ser unido alrededor de otros componentes en el sistema y puede tolerar una gran cantidad de vibraciones entre los extremos de entrada y salida del calor.

Similarmente, una cañería flexible puede conectar el múltiple de descarga de gases del motor de un automóvil a aletas de rechazo de calor dentro del auto, lo que provee rápidamente un sistema casi isotérmico de auto-calentamiento que no necesita bombas de circulación de agua.

Algunas otras configuraciones de la cañería de calor flexible son mostradas en las Figuras 7 y 8. En la Figura 7, la cañería de calor de fuelle compacta provee transformación casi isotérmica desde un extremo a otro mientras mantiene el





aislamiento eléctrico y absorbe las vibraciones entre los extremos. Semejante cañería de calor de fuelle puede ser usada para conectar térmicamente los "terminales" de un generador termoeléctrico a una fuente o sumidero sin disminuir la corriente eléctrica pero proveyendo absorción de vibraciones y fuerza compresiva de resorte.

La cañería de calor enrollada mostrada en la Figura 8 puede ser usada como una aleta retráctil y como un control de rechazo de calor. Aumentando la razón de entrega de calor suministrado la cañería aumenta su temperatura y presión interna, por lo tanto desenrolla un largo de cañería adicional. El largo adicional de la cañería permite mayor rechazo de calor y esto permite un grado de control de la temperatura y razón de rechazo del calor. Este sistema puede ser transportado enrollado y desenrollará automáticamente cuando el calentamiento ocurra.

Una cañería de calor de fuelle larga puede también proveer control de temperatura por expansión, para exponer una gran área de rechazo de calor y disminución de la presión del vapor.

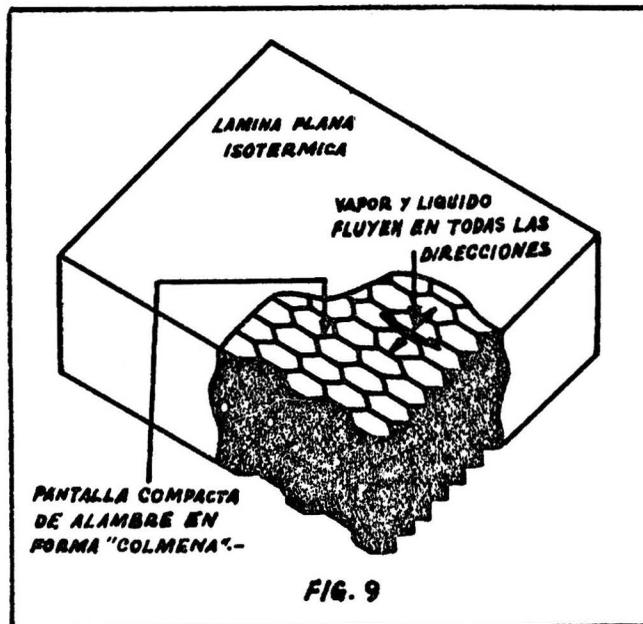
Las cañerías de calor pueden ser hechas en forma de "corvo" o lámina plana como se muestra en la Figura 9. El

calor agregado a una región en la lámina es rápidamente distribuido por lo que la lámina tiende a permanecer isotérmica.

La pantalla compacta de mecha de alambre está formada de una estructura perforada en forma de "colmena" para una pronta distribución del líquido y vapor mientras mantiene la resistencia estructural y bajo peso. Las técnicas convencionales de fabricación de "colmenas" pueden ser usados para la unión del alambre de pantalla y láminas. La cañería de calor de lámina plana será ideal para enfriar componentes electrónicos montados en su superficie, donde una porción absorbe calor y otra porción rechaza calor, posiblemente como una aleta isotérmica.

EMPAREJANDO PODER

Una cañería de calor emparejando poder está mostrada en la Figura 10. Esta cañería de calor utiliza la expansión automática de un gas inerte para proveer una razón de flujo de salida de calor relativamente constante para variaciones de la razón de flujo de calor de entrada hasta un factor de 8 o más. Disminuyendo la razón de suministro de calor al sistema



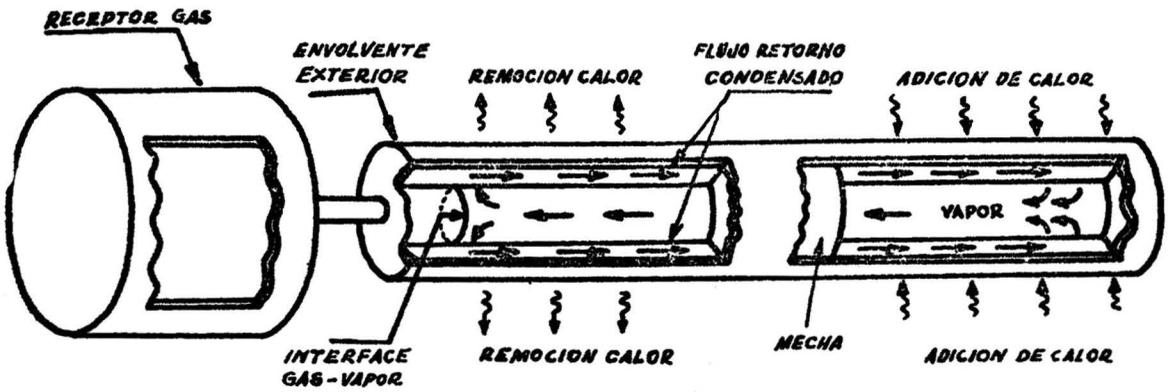


FIG. 10

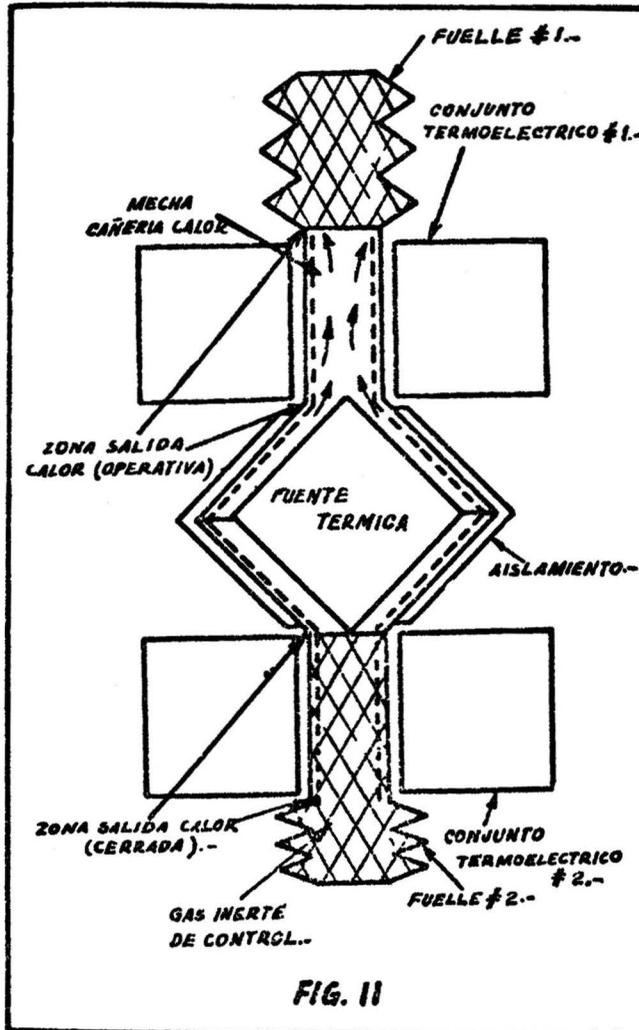


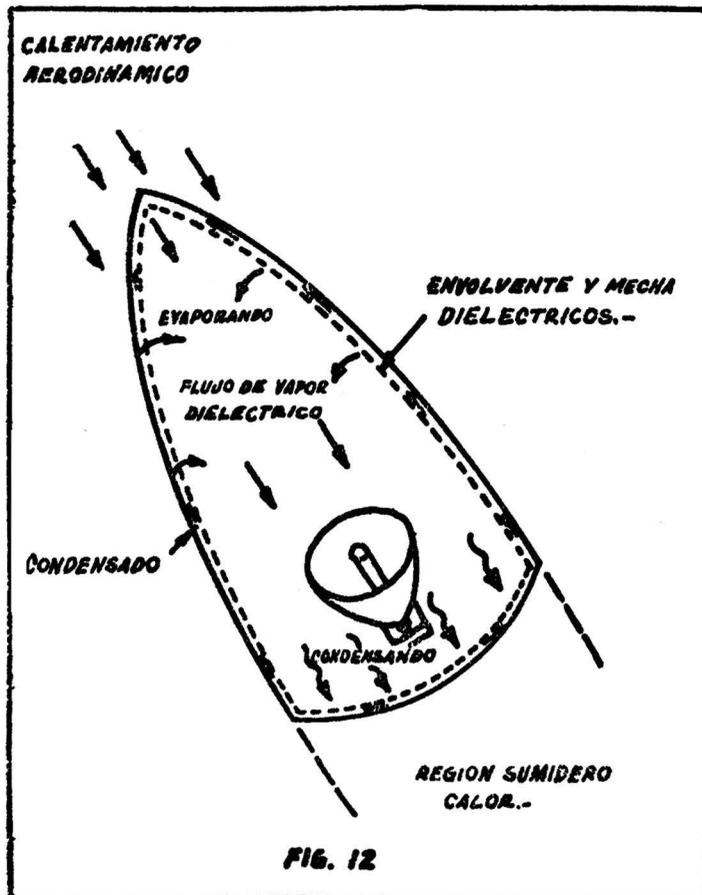
FIG. 11

baja la temperatura del vapor y presión en la cañería. Como la presión del vapor baja, el gas inerte del receptor es succionado y conducido al extremo del condensador. El gas inerte en el condensador "corta" la condensación del vapor en la porción final de la cañería reduciendo el área efectiva de condensación y manteniendo constante el flujo de salida de calor. La cañería de calor para emparejar poder es particularmente adecuada para "aplanar" el decaimiento exponencial de una fuente de calor de un radioisótopo de modo que una constante salida de flujo de calor ocurre por lo menos en un tiempo equivalente a tres veces la vida media de un isótopo.

Una extensión de este control térmico está mostrada en la Figura 11. El sistema mostrado es un radioisótopo con dos generadores termoeléctricos conectados en ambos lados de la cañería de calor. El control térmico es logrado por fuelles

llenos de gas inerte que están en los extremos de ambas cañerías. Cuando uno o ambos fuelles son comprimidos, el gas inerte es forzado dentro de la región de vapor de la cañería de calor, el cual detiene la transferencia de calor. Este control del calor de salida a los generadores termoeléctricos por cañerías de calor de fuelle puede ser usado para controlar la salida eléctrica.

Acción termostática puede ser también obtenida con una cañería de calor, la cual es diseñada para operar a la temperatura deseada. La cañería de calor actuará como una válvula térmica, de tal manera que cuando la temperatura de la fuente de calor sube a la temperatura de operación de la cañería de calor sobre temperatura de solidificación del líquido puede comenzar toda la operación de suministrar calor al receptor. Cuando la temperatura de la fuente disminuye bajo la temperatura de operación de la cañería, el flujo de calor se detendrá.



Una cañería de calor de cámara de vapor como se muestra en la Figura 12, puede ser usada para transportar calor desde una región del sistema a otras donde es rechazado. El envolvente del sistema es la vasija de la cañería de calor con una mecha saturada en líquido hecha firme a la pared interior de la cámara. El envolvente, la cámara y el líquido pueden ser dieléctricos, de tal manera que la nariz del cono mostrado en la Figura 11 puede actuar como un protector térmico del alojamiento de una antena de radar.

En la Figura 13 se muestra el concepto de control térmico externo de un vehículo espacial. Cuando el vehículo espacial está sujeto a radiación del lado del Sol su temperatura se aproxima a los 400°K . Mientras que el lado oscuro tiene 150°K . Un gran mejoramiento de la temperatura del vehículo es obtenido por la unión de una serie de cañerías de calor a intervalos regulares a lo largo del vehículo. Tal aplicación es particularmente útil para el diseño de grandes telescopios donde la uniformidad de la temperatura con unos pocos grados es requerida.

CONCLUSIONES

Las aplicaciones presentadas aquí fue-

ron elegidas porque fueron particularmente pedidas para el control térmico aeroespacial y sistemas de conversión de energía terrestre. Numerosas posibilidades de aplicación también existen en sistemas convencionales de energía como pistones de máquinas de combustión interna, turbinas, intercambiadores de calor, sistemas de acondicionamiento de aire, generadores de vapor y reactores nucleares.

El diseño de cañerías de calor es relativamente bien comprendido. Las temperaturas de operación y densidad de flujo de calor logradas varían con los materiales de la cañería de calor y fluidos de trabajo. Densidades de flujo de calor sobre 400 Watt/cm^2 han sido obtenidas con una cañería de tantalio, usando una mecha acanalada operando a 2000°C (3600°F) con plata líquida como fluido de trabajo. En la parte más baja de la escala de temperatura, una cañería de calor de circonio, usando nitrógeno líquido como fluido de trabajo, ha sido operada a 83°K . Una de las más largas vidas alcanzadas hasta el 1^o de septiembre de 1968 es 20.000 hrs. usando una cañería de níquel con potasio como fluido de trabajo operando a 590°C (1100°F).

