

ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN SOLAR EN UN HOSPITAL.

J. Salerno, P. Bertinat, E. Marino, J Chemes, M Barone, I Arraña.

Observatorio de Energía y Sustentabilidad (O.E.S.)

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Rosario - Zeballos 1341 (2000) Rosario

jorgechemes@yahoo.com.ar – ignacioarrana@gmail.com

RESUMEN: En el presente trabajo se analiza el dimensionamiento de un sistema de calentamiento con colectores solares planos. El estudio se basa en un caso práctico real orientado a abastecer el sistema de calefacción en un hospital que actualmente se construye en la ciudad santafesina de Las Parejas, Argentina. En el trabajo detallaremos los cálculos realizados para el dimensionamiento de la instalación: elaboración de balances térmicos de invierno clásico y posterior cálculo de la superficie colectora. Los estudios han determinado la infactibilidad técnica de desarrollar el servicio de calefacción solar. El principal impedimento está basado en las elevadas pérdidas calóricas a través de las extensas superficies vidriadas que componen el hospital. Los cálculos resultaron en una elevada superficie colectora de 465,21 m² que podría haberse evitado, si la construcción hubiese sido bioclimática.

Palabras clave: Energía solar, calentamiento de agua, aplicación en hospital.

INTRODUCCION

El nuevo Hospital Las Parejas se encuentra actualmente en construcción en su ciudad homónima, la cual es un municipio del departamento Belgrano, provincia de Santa Fe, Argentina.

El presente trabajo nació con la iniciativa del gobierno de la provincia, proponiendo la instalación de energías renovables en dicho hospital. La idea inicial se basó en la implementación de un sistema de calentamiento con colectores solares planos, con objeto de abastecer el sistema de calefacción y el servicio de ACS - Agua Caliente Sanitaria. A partir de allí se realizaron los estudios técnicos que determinaron su factibilidad de aplicación.

En busca de antecedentes nacionales referidos a sistemas de calefacción con colectores solares planos en hospitales, nada se encontró en la materia sobre ello.

En el presente trabajo se analiza sólo el dimensionamiento del sistema de calefacción, abastecido, como ya dijimos, por un sistemas de calentamiento solar activo. En el dimensionamiento de la demanda del sistema, para cada zona de cálculo, se trabaja con los balances térmicos de invierno clásicos.

Los sistemas de calefacción solar se basan en los mismos principios que la producción de agua caliente sanitaria, y las experiencias en la mayoría de los casos demuestran que ambas instalaciones son complementarias. Esta cuestión será decisiva a la hora de definir entre los distintos sistemas de calefacción existentes en el mercado.

CONSIDERACIONES SOBRE EL HOSPITAL

El hospital está ubicado en la ciudad de Las Parejas, provincia de Santa Fe, emplazado en la intersección de las calles 19 y 6 con ingreso por ésta última. Siendo al oeste la orientación de su fachada principal. A continuación y sin rigor de detalles representamos esquemáticamente la planta del hospital, figura 1. De ésta manera apreciamos las distintas y principales áreas del mismo.

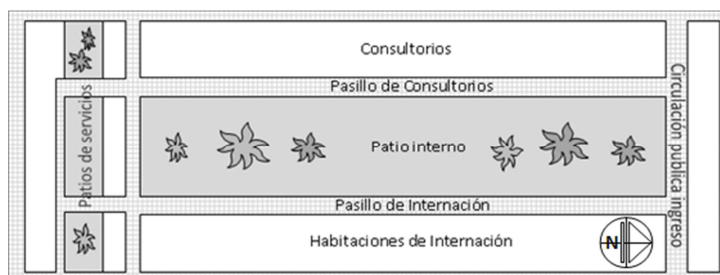


Figura 1: Representación esquemática de la planta del Hospital.

Básicamente el nosocomio consta de una sola planta que posee, 7 consultorios, 9 habitaciones de internación, una sala de odontología, una sala de parto, un quirófano, una sala de radiología y un laboratorio. En cuanto a servicios auxiliares demandantes de ACS, cuenta con una cocina, una lavandería, una sala de esterilización y una cafetería.

El predio del hospital ocupa un terreno de unos 2500 m², la superficie techada es de aproximadamente 1750 m², en el centro del hospital se extiende un patio interno de unos 550 m² y en el ala sur se encuentran patios de servicio que totalizan unos 200 m². No todo el edificio será servido de calefacción, por lo tanto, es importante discriminar cuales serán las zonas que se abastecerán en el estudio.

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Consideraciones previas

Para el dimensionamiento de tal fin, es necesario realizar el balance térmico de las zonas a calefaccionar, teniendo en cuenta una serie de consideraciones que a continuación describiremos con mayor detalle.

La división de las distintas zonas que se aprecia en la figura 2, es debida a que los distintos cubículos que conforman las áreas a calefaccionar, por ejemplo: cada una de las habitaciones de internación (zona 1), están climatizados a la misma temperatura y de aquí que el intercambio calórico sólo se da con los cerramientos exteriores, siendo nulo entre ellas.

Las 3 zonas que se encuentran sombreadas a continuación son las que recibirán el servicio de calefacción, figura 2.



Figura 2: División de zonas en el Hospital.

- 1- Zona de Internación: comprende las habitaciones y el pasillo de internación, excluye la sala de partos a la izquierda y los baños de caballeros y damas a la derecha.
- 2- Zona de Consultorios: involucra los consultorios y el pasillo de consultorios, excluye la espera de la guardia a la izquierda y el depósito de farmacia y la recepción de consultas externas a la derecha.
- 3- Zona de Circulación de Ingreso.

Materiales Constructivos

Los materiales con que se construye el edificio son de gran importancia a la hora de hacer el estudio de balances térmicos. A continuación serán clasificados en la tabla N° 1, la cual además brindará a los autores un parámetro que será de utilidad al momento de realizar los cálculos.

Tipo	Denominación	Descripción	Transmitancia Térmica K [W/m ² .K]	Ubicación
Abertura	V1	Paño vidriado corredizo con protección de parasoles de aluminio.	5,82	Ventanas lindantes con el exterior.
Muros	M1	Tabique construido en seco (espesor: 75 mm) estructura simple, conformado por doble panel de roca de yeso (espesor: 12,5 mm c/u) + filtro de lana de vidrio (espesor: 50 mm).	0,49	Tabiques entre habitaciones.
	M2	2- Mampostería de ladrillos huecos (espesor: 15 cm) con terminación revocada y pintura látex interior blanco semimate.	3,05	Mampostería del baño.
	M3	3- Pantalla de hormigón (espesor: 10 cm), terminación revocada y pintura látex interior blanco semimate.	2,33	Muro lindante con el exterior.
Piso	P	Mosaico granítico bicapa con contrapiso.	1,08	Sobre terreno natural.
Cielorraso	C	Placas de roca de yeso suspendido.	0,70	Lindante con pleno técnico.
Techo	T	Losa alivianada con aislación.	-	Lindante con el exterior.

Tabla 1: Cerramientos utilizados.

Sistema de calefacción

Desde un primer momento, los proyectistas del Nuevo Hospital Las Parejas previeron el diseño de un sistema de calefacción con radiadores, abastecidos por una caldera. En este sistema, al estar el foco emisor concentrado en un punto de la habitación, para poder calentarla toda, se requiere funcionar con temperaturas de agua entre 75 y 80 °C. Estos niveles térmicos representan valores muy difíciles de alcanzar con colectores solares planos. No obstante, si pudiésemos lograrlos, obtendríamos rendimientos muy bajos, recordemos que el rendimiento de estos equipos disminuye con el aumento de la temperatura de salida del agua.

Por este motivo se propuso cambiar a un sistema de calefacción con piso radiante. El calor aportado en este caso se obtiene con temperaturas óptimas de trabajo en colectores solares planos, por debajo de los 45°C. Además este nivel térmico es totalmente compatible con el utilizado para el servicio de ACS, lo que técnicamente resuelve dos problemas en uno.

Adicionalmente un sistema de calefacción por suelo radiante está especialmente recomendado para hospitales por brindar mejores prestaciones en cuanto a confort. Esto se debe a que el calor aportado se distribuye con mayor uniformidad en el recinto, sin turbulencias de aire y sin reseca el ambiente.

Todo lo expuesto hasta aquí han sido justificaciones técnicas de porque es conveniente el uso de suelo radiante. Si tenemos en cuenta que la instalación de calefacción va a colocarse en un hospital público, podemos evaluar que las infraestructuras estarán expuestas a cualquier tipo de daños. Es por ello que existen algunas justificaciones que excluyen las puramente técnicas funcionales, éstas son sociales. En el caso de radiadores, estos estarán visibles y vulnerables a cualquier ataque, como apertura de las purgas, daño mecánico, vandalismo, etc. Con piso radiante no existe ningún material expuesto al público. El sistema de colección y distribución del fluido se puede resguarda bajo llave, teniendo acceso solo el personal habilitado.

Balance térmico de invierno clásico

El balance térmico de invierno clásico solamente tiene en cuenta en su ecuación las pérdidas de calor del local, descartando los aportes generados por el sol, las personas y el equipamiento. Esto nos permite asegurar que aún en las peores condiciones (interior del local vacío y sin actividad) el ambiente interior debe encontrarse en confort.

La ecuación general de balance térmico de invierno clásico es la siguiente:

$$Q_t = Q_c + Q_i \quad (1)$$

Donde:

Q_t = Calor de pérdida total en el local analizado [W].

Q_c = Calor de pérdida por conducción a través de la envolvente del local analizado [W].

Q_i = Calor de pérdida por infiltración de aire exterior al local [W].

El calor de pérdida por conducción a través de la envolvente del local se define como:

$$Q_c = Q_0 \times (1 + Z_d + Z_h + Z_c) \quad (2)$$

Donde:

Q_0 = Pérdida de calor por conducción a los locales que limitan el analizado [W].

Z_d = Mejoramiento por interrupción del servicio. Contempla el gasto de energía adicional para poner en régimen el sistema de calefacción, adoptamos para este caso el coeficiente suplementario de **0,07** para servicio ininterrumpido típico de hospitales.

Z_h = Mejoramiento por pérdidas de cañerías de calefacción. Varía con el tipo de extensión y nivel de aislamiento térmico, como norma práctica oscila entre 0,05 y 0,1.

Z_c = Mejoramiento por orientación. Este coeficiente se debe a la orientación del local y entre los valores que recomienda la bibliografía (Quadri, 1993) usamos: 0 para locales orientados al E y O; -0,05 para orientados al N, NE y NO y 0,05 para orientados al S, SE, SO.

Luego tendremos que las pérdidas por conducción Q_0 a través de la envolvente de un local (figura 3) se dan por la siguiente ecuación:

$$q_0 = K \times A \times (t_i - t_e) \quad (3)$$

Donde:

K = Transmitancia térmica del cerramiento (muro, techo, piso, ventana, etc.) [$W/m^2.K$]. Dichos valores fueron brindados por lo directores del proyecto del hospital y son los presentados en la tabla 1.

A = Superficie del cerramiento [m^2]. En base a planos del hospital se calcula el área correspondiente a cada cerramiento.

t_i = Temperatura interior [$^{\circ}C$]. De acuerdo a tabla de bibliografía consultada (Czajkowski, 2006) adoptamos una temperatura interior de $20^{\circ}C$.

t_e = Temperatura exterior [$^{\circ}C$]. De acuerdo al anexo A de la normativa correspondiente (IRAM 11603,1996), obtengo la temperatura de diseño mínima exterior para efectuar el balance térmico. Como Las Parejas no figura en la tabla 2 de dicho anexo, considero los datos correspondientes a la localidad de Oliveros, ciudad más próxima, tal cual se explica en el punto A.2 del presente anexo. El valor corresponde a $1,3^{\circ}C$.

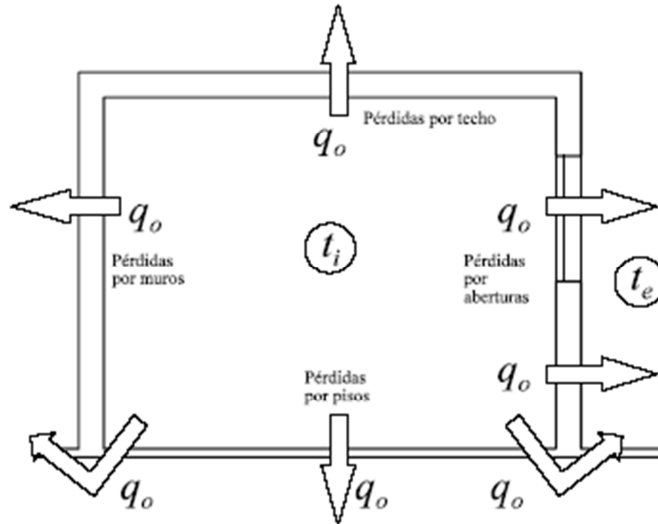


Figura 3: Pérdidas de calor por conducción a través de la envolvente de un local.

Tendremos así que la sumatoria de todas las pérdidas parciales q_o por conducción a través de la envolvente, nos dará las pérdidas totales por conducción Q_o , según la siguiente ecuación:

$$Q_o = \sum q_o \quad (4)$$

Conocidas las pérdidas por conducción, pasaremos a determinar las pérdidas por infiltración de aire a través de las rendijas u orificios en los cerramientos móviles. Esta cantidad de calor para compensar dichas pérdidas viene dada por la siguiente ecuación:

$$Q_i = 0,35 \times N \times V \times (t_i - t_e) \quad (5)$$

Donde:

Q_i = Pérdidas por infiltración [W].

$0,35$ = Calor específico del aire [$W/m^3.^{\circ}C$].

N = Número de infiltraciones por hora. En base a normativa (IRAM 11604, 2001) adoptamos $N = 2$.

V = Volumen a calefaccionar [m^3].

t_i = Temperatura interior [$^{\circ}C$].

t_e = Temperatura exterior [$^{\circ}C$].

Por cuestiones de extensión en el trabajo se optó por no incluir todos los balances térmicos.

A continuación se ve una tabla que contiene los resultados del balance correspondientes a la zona de internación, considerada en la figura 2. Los dos restantes balances se han resumido en la tabla 3, donde directamente se colocó el valor calórico demandado por cada zona.

BALANCE TERMICO										
Edificio:	Hospital Las Parejas, ubicado en ciudad homónima, provincia de Santa Fe, Zona bioclimática IIIa (anexo B IRAM 11603)									
Local:	Zona Internación								Planta:	PB
T_{Interior} [°C]:	20	Volumen [m³]:		1155,66	Infiltración	Mejoramiento [%]				
T_{DMN} [°C]:	1,3	Área [m²]	Alto (promedio) [m]		Ren/hora	Zd [%]	Zh [%]	Zc [%]		
ΔT [°C]:	18,7	393,75	2,94		2	7	7	0		
Denominación del elemento	Orientación	Dimensiones		Área [m²]	K [W/m².K]	Δt [K]	Cexp	q₀ [W]	Nro. de hab.	q₀ [W]
		Ancho [m]	Alto [m]							
Habitación Internación + Pasillo de Internación										
V1	S	3,10	2,70	8,37	5,82	18,70	0,50	455,08	1,00	455,08
M1	S	7,40	3,17	23,46	0,49	18,70	0,50	107,14	1,00	107,14
M3	E	3,55	1,17	4,15	2,33	18,70	1,00	180,66	10,00	1806,61
V1	E	3,55	2,00	7,10	5,82	18,70	1,00	772,06	10,00	7720,58
M2	N	7,40	3,17	23,46	3,05	18,70	0,50	668,32	1,00	668,32
V1	O	37,50	2,70	101,25	5,82	18,70	1,00	11009,98	1,00	11009,98
P	-	75,37			1,08	-		81,40	1,00	81,40
C	-	10,50	37,50	393,75	0,70	18,70	0,50	2568,99	1,00	2568,99
									Subtotal [W]	24418,09

Q₀ [W]= Sumatoria de los q₀	24418,09
Q_c [W]= Calor de pérdida por conducción	27836,63
Q_i [W]= Calor de pérdida por infiltración	15127,54
Q_t [W]= Q_t [J/s]= Calor de pérdida total en el local analizado	42964,17
Q_t [kJ/h]= Calor de pérdida total en el local analizado	154671,00
	Q_t [MJ/h]
	154,67

Tabla 2: Cálculo de Balance Térmico – Zona Internación

Para cuantificar la energía diaria, una vez calculados los tres balances térmicos, se indagó en los usos y costumbres de cada sector y se confeccionó la tabla 3.

Zona	Q _t [MJ/h]	Horas de uso por día [h/día]	Q _t [MJ/día]
Internación	154,67	24,00	3712,10
Consultorios	163,55	12,00	1962,54
Circulación ingreso	60,24	12,00	722,83
Total			6397,47

Tabla 3: Energía total para el Sistema de Calefacción.

Con la energía total definimos el cálculo de la superficie colectora necesaria en tabla 4, pero antes, se harán dos consideraciones:

- 1) La instalación se dimensiona para que la cobertura solar no alcance el 100%. Esto se justifica puesto que para el periodo invernal necesitaríamos un campo de colectores muy extenso. Por el contrario, en verano, tendríamos un gran excedente de energía que podría dañar la instalación, además de no ser demasiado rentable este planteamiento. En resumen si planteamos una fracción solar del 80% (factor de cobertura), el resto de la energía necesaria la obtendremos del apoyo de un sistema auxiliar.
- 2) Consideramos una potencia de entrega por cada equipo de captación de unos 11 MJ/día.m² (Información suministrada por empresa dedicada a la fabricación de colectores solares planos, teniendo en cuenta ubicación de la ciudad de Las Parejas).

Cálculo de Superficie colectora	
Factor de cobertura [%]	80
Potencia de colectores [MJ/día.m ²]	11
Superficie Colectora [m²]	465,21

Tabla 4: Determinación de la Superficie Colectora.

Como podemos observar en la tabla, la superficie colectora necesaria para lograr la calefacción del hospital, resultó muy elevada.

Para justificar este punto en el estudio, haremos una exploración para analizar cómo se distribuyen los intercambios calóricos entre el interior y el exterior, a lo largo de toda la envolvente de las zonas a calefaccionar. Para ello, luego de una previa observación analítica sobre los balances térmicos de cada zona, los autores decidieron clasificar dos categorías o tipos de cerramientos. La primera referida a Paños Vidriados, y la segunda, al conjunto de los restantes materiales agrupados bajo el nombre común de Resto. Los resultados globales se resumen mediante la tabla 5.

Zona: TOTAL CALEFACCIONADA		
Cerramiento	Pérdida [kcal/h]	Porcentaje [%]
Paño Vidriados	41513,53	79,76
Resto	10537,40	20,24

Tabla 5: Distribución de pérdidas calóricas correspondientes a toda la zona calefaccionada del hospital.

Como se observa en esta última, la envolvente del edificio asociada a superficies vidriadas representa el 80% de las pérdidas de calor hacia el exterior. Básicamente esto se debe a que los cristales tienen mayor transmisión térmica que los materiales restantes, con los que se construyeron los muros y demás envolventes del hospital. Sin embargo, no todos los vidrios son iguales, y mientras la transmisión térmica de un vidrio simple es de 5,82 W/m².K, la de uno doble es muy inferior, 3,08 W/m².K, siendo un doble vidriado hermético, compuesto por 2 vidrios comunes incoloros de 3 mm cada uno y una cámara de aire de 12 mm (IRAM 11601, 2002).

A continuación procedimos a reemplazar este nuevo valor de transmitancia térmica en los balances térmicos. De esta manera podremos comprobar dos cosas. Primero, que nuevo porcentaje representarían las pérdidas en los paños vidriados, si el hospital se hubiese diseñado con el doble vidrio considerado en el párrafo anterior; y segundo, que cantidad de energía se ahorraría con respecto a lo arrojado en la tabla 3, y a cuanto disminuiría la superficie colectora solar con respecto a lo citado en la tabla 4. Los resultados se presentan primero, en la tabla 6 y segundo en la tabla 7 y 8.

Zona: TOTAL CALEFACCIONADA		
Cerramiento	Pérdida [kcal/h]	Porcentaje [%]
Paño Vidriados	22002,17	67,62
Resto	10537,40	32,38

Tabla 6: Nueva distribución de pérdidas calóricas correspondientes a toda la zona calefaccionada del hospital.

Zona	Q _t [MJ/h]	Horas de uso por día [h/día]	Q _t [MJ/día]
Internación	117,65	24,00	2823,65
Consultorios	122,28	12,00	1467,33
Circulación ingreso	44,71	12,00	536,55
Total			4827,53
Ahorro			1569,94

Tabla 7: Energía total y ahorro, para el Sistema de Calefacción mediante el uso de doble vidriado.

Cálculo de Superficie colectora	
Factor de cobertura [%]	80
Potencia de colectores [MJ/día.m ²]	11
Superficie Colectora [m²]	351,09
Ahorro	114,12

Tabla 8: Determinación de la nueva Superficie Colectora y su disminución con respecto a la tabla 4.

CONCLUSIONES

Este estudio no ha tenido en cuenta el aporte energético pasivo por ganancia solar, lo que hubiera disminuido en todos los casos la energía necesaria para calefacción, reduciendo así la superficie captadora.

El análisis referido a la utilización de doble vidriado, atacando de esta forma la causa que originaba el 80% de las pérdidas, permitió observar una mejora sustancial, aunque los autores no consideramos factible técnicamente, una instalación de 351 m² con colectores solares planos. El doble vidrio produjo un ahorro energético de 1569 MJ/día. Sin embargo, de la tabla 6 se puede destacar que el hospital debería haber sido construido con menores superficies vidriadas. Esto se concluye pues a pesar de considerar el doble vidrio, las pérdidas por este tipo de cerramiento siguen representando el mayor porcentaje de fugas de calor en los cerramientos.

Para implementar un sistema de calefacción solar que sea viable, debe existir, una filosofía de construcción apuntada hacia el uso de materiales con buen aislamiento térmico. Toda la envolvente proyectada está muy lejos de cumplir con los valores mínimos exigidos en normativas existentes, e incluso, aún con el uso de sistemas tradicionales de calefacción, es excesivo el uso de energía para lograr condiciones de confort.

En base a las recomendaciones de diseño para el ahorro de energía en calefacción (IRAM 11604, 2001) nos remitimos a la norma IRAM 11605 (1996). De la misma obtuvimos los valores de $K_{MAX ADM}$ para los cerramientos opacos y los introdujimos en los balances térmicos suponiendo que el hospital hubiese sido construido respetando dicha normativa. Se consideraron niveles óptimos de aislación térmica, nivel A. El resultado arrojado fue una superficie colectora de 303 m² lo que representa una disminución de 162 m² con respecto a la forma actual de construcción del nosocomio.

Debido entonces a la infactibilidad técnica del estudio, carece de sentido seguir proyectando la instalación de calefacción, esto les fue explicitado a los proyectistas del hospital, arribando a las mismas conclusiones.

REFERENCIAS

- Czajkowski, J. (2006). Balance Térmico de Invierno. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata. Argentina
- IRAM 11601 (2002). Aislamiento térmico de edificios, métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Instituto Argentino de Normalización. Argentina.
- IRAM 11603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios, clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización. Argentina.
- IRAM 11604 (2001). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. Instituto Argentino de Normalización. Argentina.
- IRAM 11605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Instituto Argentino de Normalización. Argentina.
- Quadri, Néstor (1993). Instalaciones de aire acondicionado y calefacción. Editorial Alsina. Buenos Aires, Argentina.

ABSTRACT: This paper analyzes the sizing of a heating system with flat solar collectors. The study is based on a real practical case aimed to supply the heating system in a hospital that is being built in the city of Las Parejas, Santa Fe, Argentina. In this work, we detail the calculations made for the heating system sizing: making heat balances of common winter temperatures and subsequent calculation of the collector surface. Studies have determined the technical infeasibility of solar heating service developing. The main impediment is based on the high heat loss through the large glass surfaces that make up the hospital. The calculations resulted in a high collecting surface of 465.21 m², which could have been avoided if the construction had been bioclimatic.

Keywords: solar energy, water heating, application in hospital.