

## BOMBAS DE CALOR POLIVALENTES PARA APLICACIONES GEOTÉRMICAS. GEOTERMIA, UN PASO MÁS HACIA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

LA UTILIZACIÓN DE BOMBAS DE CALOR PARA GEOTERMIA SE HA AFIANZADO EN TODA EUROPA EN EL SECTOR RESIDENCIAL, COMO ALTERNATIVA A LAS CALDERAS TRADICIONALES. LAS FUENTES GEOTÉRMICAS SON ESPECIALMENTE APTAS PARA BOMBAS DE CALOR GRACIAS A FAVORABLES NIVELES TÉRMICOS Y A LA CONSTANCIA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL AÑO. LOS SISTEMAS POLIVALENTES EXP EN INSTALACIONES DE DOS TUBOS, SON UNA EVOLUCIÓN AL SERVICIO DE LAS INSTALACIONES GEOTÉRMICAS, Y PUEDEN SER CONSIDERADAS COMO LA SOLUCIÓN MÁS APROPIADA DESDE EL PUNTO DE VISTA ENERGÉTICO Y DE SENCILLEZ DE INSTALACIÓN, AL MENOS PARA EL SECTOR RESIDENCIAL. ESTAS MÁQUINAS, EN EJECUCIÓN AIRE-AGUA LLEVAN EN EL MERCADO DESDE MEDIADOS DE LOS NOVENTA. SON MÁQUINAS TECNOLÓGICAMENTE AVANZADAS, FABRICADAS SÓLO POR UN REDUCIDO GRUPO DE EMPRESAS. ACTUALMENTE ESTÁN DISPONIBLES PARA SISTEMAS DE GEOTERMIA, TAMBIÉN EN EJECUCIÓN AGUA-AGUA. SIENDO INCLUSO MÁS INTERESANTES EN ESTA CONFIGURACIÓN, PORQUE RESUELVEN UNA SERIE DE PROBLEMAS DE INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO QUE, DE OTRO MODO, SERÍAN COMPLICADOS DE SOLVENTAR, COMO VEREMOS A CONTINUACIÓN.

El uso de productos geotérmicos en el sector residencial tiene como objetivo principal reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a un mínimo en la atmósfera, de acuerdo con el tratado de Kyoto. Las bombas de calor agua-agua son los generadores térmicos capaces de emitir la menor cantidad de CO<sub>2</sub> en sus diversas condiciones de funcionamiento, mucho menos que las calderas de condensación o una bomba de calor aire-agua.

El índice que representa la emisión de CO<sub>2</sub> producido durante el ciclo de vida de un generador de calor (caldera o bomba de calor) se llama TEWI (calentamiento total equivalente). Es la suma de dos factores: el GDP (Calentamiento Global Directo), que indica el efecto invernadero producido por la dispersión en la atmósfera de gases de efecto invernadero, e IGW (Calentamiento Global Indirecto) que indica el efecto invernadero debido al consumo de combustibles fósiles o energía eléctrica. Este último es de lejos el que más afecta, por lo tanto, es en él donde hay que actuar con el fin de limitar sustancialmente las emisiones.

Puede ser interesante comparar rápidamente el impacto ambiental de una bomba de calor con la de otros generadores. Esta comparación puede basarse en la cantidad de kg de CO<sub>2</sub> emitido para producir 1 kWh térmico, comparación que podemos observar en la Figura 1. La figura muestra claramente cómo las bombas de calor eléctricas tienen un menor impacto ambiental que las calderas de gas, para valores del COP superior a 2,5.

### Ventajas energéticas de los sistemas geotérmicos

El aire es la fuente térmica más difundida y utilizada para bombas de calor. La ventaja del aire es que siempre está disponible a un coste cero y fácilmente explotable, con la excepción de los problemas relacionados con el ruido debido a los ventiladores de las máquinas. Presenta tres inconvenientes fundamentales que son debidos a la

## MULTI-PURPOSE HEAT PUMPS FOR GEOTHERMAL APPLICATIONS. GEOTHERMALS, ONE MORE STEP TOWARDS ENERGY EFFICIENCY

THE USE OF HEAT PUMPS IN GEOTHERMALS IS GAINING GROUND IN EUROPE'S RESIDENTIAL SECTOR AS AN ALTERNATIVE TO TRADITIONAL BOILERS. GEOTHERMAL SOURCES ARE PARTICULARLY SUITABLE FOR HEAT PUMPS THANKS TO FAVOURABLE THERMAL LEVELS AND CONSTANT TEMPERATURES THROUGHOUT THE YEAR. MULTI-PURPOSE EXP SYSTEMS WITH TWO-PIPE INSTALLATIONS ARE A DEVELOPMENT THAT BENEFIT GEOTHERMAL UNITS AND OFFER THE MOST APPROPRIATE SOLUTION FROM AN ENERGY AND EASY INSTALLATION VIEWPOINT, AT LEAST FOR THE RESIDENTIAL SECTOR. AIR-TO-WATER UNITS HAVE BEEN ON THE MARKET SINCE THE MID-1990s. THESE ARE TECHNOLOGICALLY ADVANCED MACHINES, ONLY MANUFACTURED BY A SMALL GROUP OF COMPANIES AND ARE CURRENTLY AVAILABLE FOR GEOTHERMAL SYSTEMS, ALSO IN WATER-TO-WATER MODE. THIS CONFIGURATION IS EVEN MORE INTERESTING BECAUSE IT RESPONDS TO A SERIES OF INSTALLATION AND OPERATIONAL PROBLEMS THAT, AS EXPLAINED BELOW, WOULD OTHERWISE BE DIFFICULT TO RESOLVE.

The use of geothermal products in the residential sector primarily aims to reduce CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere to a minimum in line with the Kyoto Protocol. Water-to-water heat pumps are thermal generators capable of emitting the least CO<sub>2</sub> in its different operating modes, much less than condensing boilers or an air-to-water heat pump.

The index that represents the CO<sub>2</sub> emissions produced during the life cycle of a heat generator (boiler or heat pump) is called the TEWI (the total equivalent warming impact). This is the sum of two factors: DGW (Direct Global Warming) that indicates the greenhouse effect produced by the dispersion into the atmosphere of greenhouse gases; and IGW (Indirect Global Warming) that indicates the greenhouse effect arising from the consumption of fossil fuels or electricity. The latter is by far the factor with the

greatest impact and this is where action has to be taken to substantially limit emissions.

It is worth making a quick comparison of the environmental impact of a heat pump with other generators. This comparison could be based on the amount of kg of CO<sub>2</sub> emitted to produce 1 kWh of heat. As figure 1 clearly shows, electric heat pumps have a lower environmental impact than gas boilers for COP values over 2.5.

### Energy advantages of geothermal systems

The air is the most widely-used thermal source for heat pumps. The advantage of air is that it is always available at zero cost and is easily managed, with the exception of noise problems created by the machines' fans. There are however three fundamental drawbacks: the air's lack of heat transfer capacity, its operational dependence on the temperature and its humidity.

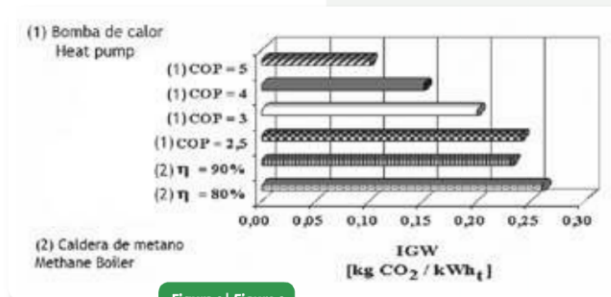


Figura 1 | Figure 1

escasa capacidad de transferencia de calor del aire y la dependencia del funcionamiento con la temperatura y humedad del mismo.

Cuando las temperaturas exteriores son bajas, el rendimiento frigorífico en modo calor de una bomba de calor se ve seriamente mermado. Además, se puede producir hielo en la batería siendo necesario eliminarlo mediante inversión del ciclo frigorífico. Este proceso es conocido comúnmente como desescarche. La formación de escarcha y los ciclos de descongelación consiguientes reducen la eficiencia de la bomba de calor, en un orden aproximado al 10% por cada ciclo de descongelación. Existen fuentes termales alternativas al aire que pueden ser explotadas de una manera mucho más simple de lo que se piensa comúnmente: aguas superficiales (mar, lagos, arroyos y ríos), aguas subterráneas, el suelo.

La fuente termal más sencilla de utilizar en España es sin duda el mar. España cuenta con muchos kilómetros de costa y la temperatura del agua varía en promedio entre un mínimo de 8 °C en invierno y 25 °C en verano, sobre todo si la admisión del agua al sistema se sitúa a pocos metros bajo la superficie. Sólo en las lagunas internas que se caracterizan por aguas poco profundas las temperaturas son más bajas, tan bajas como 4 °C durante los días más fríos del año.

En cualquier caso y por razones obvias el método más empleado es utilizar el suelo como fuente térmica. A una cierta profundidad, la temperatura del suelo se estabiliza a un valor de alrededor de la temperatura media anual del aire, por lo tanto, a un nivel extremadamente interesante para el uso de bombas de calor. Por tanto el suelo como fuente térmica alternativa al aire ofrece la ventaja de una eficiencia energética más elevada y, sobre todo, no requiere ningún ciclo de descongelación. El COP al que se puede llegar en general es siempre por encima de 3,2 para la temperatura del agua producida a 45 °C en un sistema convencional de geotermia. Con un sistema polivalente este valor puede incluso llegar a los 5,8.

### Funcionamiento estacional de las bombas de calor

Cuando la bomba de calor es el único generador disponible, como suele ser en el caso de los sistemas con intercambiadores geotérmicos, debe suplir las funciones requeridas por una caldera y un grupo de refrigeración. Durante las diversas estaciones tendrá que cubrir las siguientes demandas:

- Meses intermedios: producir ACS.
- Meses de invierno: producir energía térmica para el sistema de calefacción y energía térmica para el ACS.
- Meses de verano: producir energía de refrigeración para el sistema de aire acondicionado y energía térmica para el sistema de ACS.

Estos requisitos no pueden ser satisfechos por una bomba de calor tradicional, especialmente en el caso de sistemas geotérmicos si se desean unos niveles energéticos altamente eficientes.

### Descripción de un sistema geotérmico polivalente

Las unidades polivalentes están dotadas de tres intercambiadores distintos: uno principal para circuito de producción (evaporador/condensador), otro para el circuito de suelo (condensador/evaporador) y otro secundario para circuito de ACS (recuperador). Así mismo, están dotadas de un evolucionado control microprocesado, que gestiona los modos de funcionamiento de forma autónoma, para satisfacer las necesidades de la instalación y el correcto funcionamiento de la máquina.

Su uso está previsto para aplicaciones de climatización o de proceso industrial en los que resulta necesario disponer, en cualquier estación del año, de agua fría o caliente, ya sea de forma simultánea o independiente, tanto en instalaciones de 2 como de 4 tubos.

When outdoor temperatures are low, the cooling performance of a heat pump in heating mode is seriously diminished. In addition, ice can form on the battery which has to be eliminated by reversing the cooling cycle. This process is commonly known as defrosting. The formation of frost and the consequent defrost cycles reduce the efficiency of the heat pump by around 10% for each defrost cycle.

There are alternative thermal sources to air that can be operated in a far simpler way than is commonly thought: surface water (sea, lakes, streams and water), underground water, the ground.

The easiest thermal source available in Spain is undoubtedly the sea. Spain benefits from many kilometres of coastline and the water temperature varies on average between a minimum of 8°C in winter and 25°C in summer, above all if the water inlet into the system is situated at a few metres below the surface. Only inland lakes that are characterised by shallow water have much lower temperatures, reaching 4°C on the coldest days of the year.

In any event and for obvious reasons, the most widely-used method is to use the ground as a thermal source. At a certain depth, the ground temperature stabilises at a value in the region of the average annual air temperature and as such, at an extremely interesting level for the use of heat pumps. As such, the ground as an alternative thermal source to the air offers the advantage of higher energy efficiency with no need for a defrost cycle. In general the COP that can be achieved is always above 3.2 for the water temperature produced at 45°C in a conventional geothermal system. With a multi-purpose system, this value can even reach 5.8.

### Seasonal operation of heat pumps

When the heat pump is the only generator available, as is usually the case in systems with geothermal exchangers, the required functions have to be supplemented by a boiler and a cooling generator. During the different seasons, the following demands have to be met:

- Intermediate months: DHW production.
- Winter months: production of thermal energy for the heating system and thermal energy for the DHW.
- Summer months: production of cooling energy for the air conditioning system and thermal energy for the DHW system.

These requirements cannot be covered by a traditional heat pump, particularly in the case of geothermal systems if highly efficient energy levels are sought-after.

### Description of a multi-purpose geothermal system

The multi-purpose units are equipped with three different exchangers: one main exchanger for the production circuit (evaporator/condenser); another for the ground circuit (condenser/evaporator); and another secondary exchanger for the DHW circuit (recovery unit). Similarly, they are equipped with an evolutionary microprocessor control that independently manages the operating modes to meet the needs of the installation and ensure the correct operation of the machine.

Its use is designed for temperature control or industrial process applications during which it is necessary to have cold and hot water available during any season, whether simultaneously or independently, for both 2- and 4-pipe installations.

The natural application of the multi-purpose system is as a valid alternative for any traditional installation that has incorporated the use of a cooling unit or heat pump with an integrated back-up boiler. The advantages arising from the use of a single unit range from the



El sistema polivalente halla su aplicación natural como alternativa válida para todas aquellas instalaciones tradicionales que han previsto la utilización de una enfriadora o de una bomba de calor, con integración de una caldera de apoyo. Las ventajas derivan de la utilización de una sola unidad, del ahorro económico gracias a los elevados COP (5,8), y a la no utilización de productos combustibles dañinos para el ozono, lo que permite su definición como máquina polivalente ecológica.

Dada su versatilidad se puede usar en instalaciones ya existentes, sin necesidad de modificaciones. En definitiva, este tipo de solución polivalente se presenta en el mercado como la unidad que garantiza aspectos fundamentales como eficiencia, fiabilidad y versatilidad.

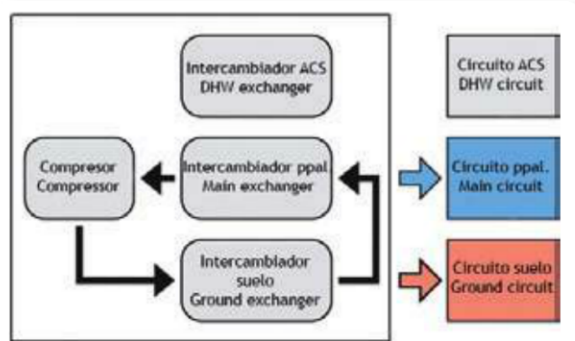
### Funcionamiento estacional de las bombas de calor polivalentes. Sistemas EXP.

En realidad una máquina polivalente se trata en definitiva de dos máquinas en una, la bomba de calor reversible dedicada a cubrir la demanda derivada del sistema de calefacción y refrigeración, así como la dedicada a la producción de ACS. De los tres intercambiadores de los que está dotado el equipo, dos son operacionales, mientras que uno está bypassado, variando esta situación en función del modo de funcionamiento requerido. El intercambiador de recuperación (secundario) para producción de ACS trabaja siempre como condensador, mientras que los otros dos pueden trabajar como condensador y/o como evaporador.

Dependiendo de los intercambiadores en uso, el sistema polivalente ecológico EXP puede funcionar de cuatro formas diferentes, que se exponen a continuación.

#### Producción sólo frío atendiendo la demanda del circuito

Este es el funcionamiento más sencillo. En los meses de verano, cuando la demanda de ACS está cumplimentada, el sistema polivalente tiene únicamente que producir frío para cubrir las necesidades del circuito principal. Para hacerlo, el intercambiador secundario trabaja como condensador, el intercambiador principal trabaja como evaporador y el intercambiador para ACS está desactivado. En este modo de funcionamiento y al tratarse de un sistema geotérmico, se puede trabajar con un rendimiento EER alto, porque se puede trabajar con temperaturas de condensación bajas e independientes de la temperatura exterior.



Producción solo frío atendiendo a la demanda del circuito | Cold production only covering circuit demand

#### Frío atendiendo la demanda del circuito principal y calor para cubrir demanda de ACS

Estamos ante una situación habitual en el sector residencial. La demanda de frío al sistema no ha sido cubierta y además tenemos necesidad de ACS. El equipo polivalente extrae el calor del circuito principal (enfía) y lo transfiere al circuito de ACS (calienta). Para ello, el

economic saving resulting from high COPs (5.8) to the non-use of fuel products that damage the ozone layer, all of which result in this multi-purpose machinery being defined as ecological.

Given its versatility it can be used in already existing facilities, without the need for modifications. In short, this type of multi-purpose solution enters the market as the unit that guarantees critical aspects such as efficiency, reliability and versatility.

### Seasonal operation of multi-purpose heat pumps. EXP systems.

A multi-purpose unit is really two machines in one: the reversible heat pump dedicated to covering the demand arising from the heating and cooling system; and the heat pump dedicated to DHW production. Of the three exchangers incorporated into the unit, two are operational, while the third is in by-pass mode, its situation varying depending on the required operational function. The recovery (secondary) exchanger for DHW production always works as a condenser, while the other two can operate as a condenser and/or evaporator.

Depending on the exchangers in use, the ecological multi-purpose EXP system can work in four different forms as set out below.

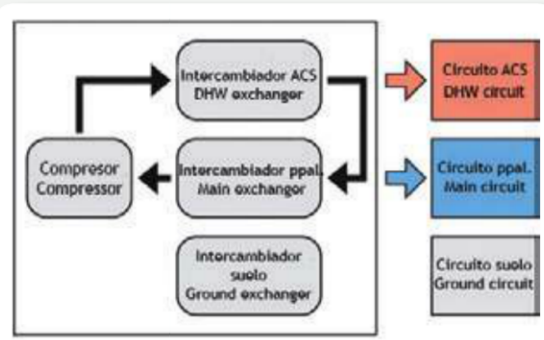
#### Cold production only covering circuit demand

This is the simplest operation. During the summer, when DHW demand is supplemented, the multi-purpose system only has to produce cold to cover the needs of the main circuit. For this, the secondary exchanger works as a condenser, with the main exchanger working as an evaporator and the exchanger for DHW deactivated. In this operating mode, and as this is a geothermal system, it can work with a high EER performance, because it is able to operate at low condensing temperatures, irrespective of the outside temperature.

#### Cold covering the demand of the main circuit and heat to cover DHW demand

This is a commonplace situation in the residential sector. The demand for cold has not been covered and there is also a need for DHW. The multi-purpose unit extracts heat from the main circuit (cooling) and transfers it to the DHW circuit (heating). For this, the DHW exchanger works as a condenser, the circuit exchanger works mainly as an evaporator and the ground exchanger remains inactive. Energy efficiency is optimal as it is working in full recovery mode. (evap. 12/7 °C cond. 40/45 °C; COP = 5.72).

In this situation of DHW and cold demand, a traditional heat pump would have to establish a priority that would usually be for DHW production. The heat pump would stop producing



Frío atendiendo la demanda del circuito principal y calor para cubrir la demanda de ACS. | Cold covering the demand of the main circuit and heat to cover DHW demand

intercambiador de ACS trabaja como condensador, el intercambiador del circuito principal trabaja como evaporador y el intercambiador de suelo está desactivado. La eficiencia energética es máxima porque trabaja en recuperación total. (evap. 12/7 °C cond. 40/45 °C; COP= 5,72). En esta situación, demanda de ACS y de frío, con una bomba de calor tradicional habría que establecer una prioridad que generalmente suele ser la producción de ACS. La bomba de calor, dejaría de producir frío, cambiaría el ciclo a calor y cubriría la demanda de ACS. Una vez cumplimentada debería otra vez cambiar el ciclo y empezar a producir frío al sistema.

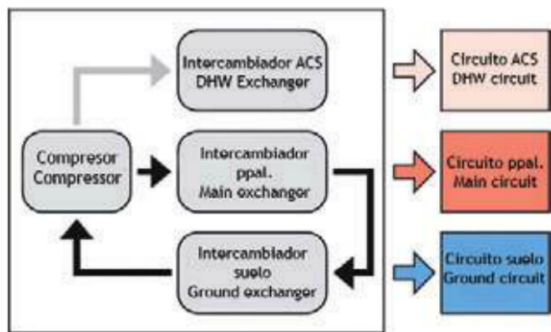
Si se trabaja con una bomba de calor con recuperación, la situación mejora puesto que no se debe realizar el cambio de ciclo. Sin embargo, hay que tener en cuenta dos puntos importantes. El primero de ellos, es que implica mayor complejidad en la instalación y requerimientos superiores de los elementos de control. La máquina polivalente se autogestiona, sin necesidad de elementos de control externo. El segundo, es que en la bomba de calor con recuperación, la producción de calor únicamente se podrá realizar cuando la máquina está produciendo frío. En una máquina polivalente, la producción de ACS y frío es independiente y no tiene por qué ser conjunta.

### Calor para producción de ACS

En aquellos casos en que la demanda del circuito principal esta cubierta y sólo es necesario producir ACS, el grupo polivalente extrae el calor de las sondas del suelo (enfría) y lo transfiere al circuito de ACS (caliente). Para ello, el intercambiador de ACS trabaja como condensador, el intercambiador secundario trabaja como evaporador y el intercambiador principal está desactivado. La producción se mantiene en función del punto de consigna de ACS.

### Calor atendiendo la demanda del circuito principal

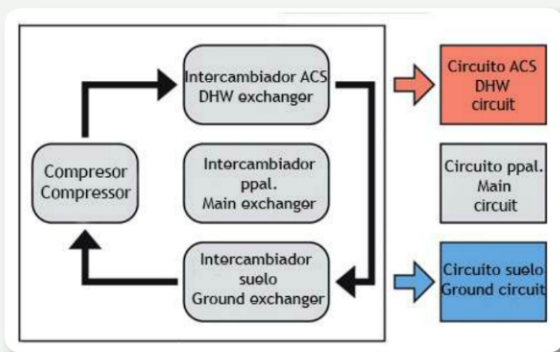
Cuando sólo hay que producir agua caliente para el sistema, el grupo polivalente evapora contra el suelo y transfiere el calor al circuito principal. Para ello, el intercambiador del circuito principal trabaja como condensador, el intercambiador de suelo trabaja como evaporador y el intercambiador de ACS está desactivado. En el caso de existir una demanda conjunta de calor al sistema y la producción de ACS, la máquina trabajará alternativamente con los intercambiadores de ACS (secundario) y principal del sistema. Se establecerá, en este caso un orden de prioridad de la producción.



Calor atendiendo la demanda del circuito principal | Heat to cover the demand of the main circuit

### Conclusiones

Para sistemas geotérmicos de uso residencial, las bombas de calor polivalentes garantizan unos rendimientos energéticos óptimos y permiten unos procedimientos de instalación muy sencillos. Esto permite una reducción notable, tanto en los gastos de instalación como en la posterior explotación de la misma.



Calor para producción de ACS | Heat for DHW production

cold, would change the cycle to hot, and cover the DHW demand. Once met, it would again change the cycle back and start producing cold for the system.

If the system is working with a heat pump in recovery mode, the situation improves as no cycle change is necessary. However, two important points have to be taken into account. The first involves a higher degree of complexity as regards the installation and increased requirements on the control elements. The multi-purpose machine self-manages, without the need for external control elements. The second is that in the recovery heat pump, heat production can only take place when the machine is producing cold. In a multi-purpose machine, DHW and cold production are independent and do not have to be combined.

### Heat for DHW production

In those cases where the demand of the main circuit is covered and only DHW needs to be produced, the multi-purpose unit extracts heat from the ground probes (cooling) and transfers it to the DHW circuit (heating). For this, the DHW exchanger works as a condenser, the secondary exchanger works as an evaporator and the main exchanger is deactivated. Production is maintained depending on the DHW set-point.

### Heat to cover the demand of the main circuit

When only hot water has to be produced for the system, the multi-purpose unit evaporates into the ground and transfers heat into the main circuit. For this, the main circuit exchanger works as a condenser, the ground exchanger works as an evaporator and the DHW exchanger is deactivated. If there is a combined demand for heating and DHW production, the machine will work alternately with the DHW exchangers (secondary) and the main system exchanger. In this case a production order of priority is established.

### Conclusions

In geothermal systems for residential use, multi-purpose heat pumps guarantee optimal energy performance and offer very simple installation procedures. This results in a considerable reduction in both installation costs and their subsequent operation.



Guillermo Martínez  
Jefe de Producto Máquinas de Frío  
Sedical, S.A.  
Product Manager, Cooling Machines  
Sedical, S.A.