



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**“ESTUDIO Y REINGENIERÍA DEL SISTEMA  
HIDRÁULICO DE BOMBEO Y FILTRAJE DE UNA  
PISCINA E INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TEMPERADO EN BASE A BOMBAS DE CALOR Y  
COLECTORES SOLARES”**

**AUTORES: MISAEL GONZÁLEZ FUENTES  
PATRICK MÉNDEZ HUERTA**

**SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN ELÉCTRICIDAD.**

**CONCEPCIÓN – CHILE**

**2015**



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**“ESTUDIO Y REINGENIERÍA DEL SISTEMA  
HIDRÁULICO DE BOMBEO Y FILTRAJE DE UNA  
PISCINA E INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TEMPERADO EN BASE A BOMBAS DE CALOR Y  
COLECTORES SOLARES”**

AUTORES: MISAEEL GONZÁLEZ FUENTES  
PATRICK MÉNDEZ HUERTA

FABRICIO SALGADO DÍAZ, PATRICIO CONCHA FUENTES.  
LUIS SILVA OYARZÚN.

## **Agradecimientos.**

*Nuestros agradecimientos en forma muy especial, primero, a Dios; por acompañarnos, guiarnos y llenarnos de sus bendiciones y sabiduría. También por haber permitido que culminemos nuestra vida universitaria de manera plena y con éxito.*

*A nuestras familias por todo el apoyo que nos han brindado, desde el primer momento en el cual decidimos estudiar una carrera universitaria; por darnos toda la educación, tanto académica, como de la vida, por sus incondicionales apoyos perfectamente mantenidos a través del tiempo en cada uno de nosotros; también agradecer a todos los que estuvieron con nosotros en el paso por esta universidad.*

*Y finalmente a la Universidad del Bío-Bío, a sus maestros, que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que nos ayudaron en asesorías, dudas, consultas presentadas durante toda la carrera y por ser de gran ayuda en nuestra formación personal y profesional.*

**Misael González Fuentes.**

**Patrick Méndez Huerta.**

## ÍNDICE

Agradecimientos.....	3
Resumen.....	8
Introducción.....	10
CAPÍTULO 1: CONFORT TÉRMICO.....	12
1.1. Definición, historia y modelos teóricos.....	12
1.2. Aspectos que influyen en el confort térmico.....	13
CAPÍTULO 2: TRANSFERENCIA DE CALOR.....	19
2.1. La conducción.....	19
2.2. La convección.....	20
2.3. La radiación.....	21
2.4. Factor solar.....	22
2.5. Coeficiente de transmisión térmica U.....	23
CAPÍTULO 3: COMPOSICIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.....	23
3.1. Producción térmica.....	24
3.2. Distribución.....	24
3.3. Emisión.....	24
3.4. Parámetros a considerar al momento de instalar un sistema para adecuar el ambiente en un espacio.....	25
CAPÍTULO 4: BOMBAS DE CALOR.....	27
4.1. Introducción a las bombas de calor.....	27
4.2. Aerotermia.....	28
4.3. Geotermia.....	28

4.4. Bombas de calor por compresión.....	30
4.5. Funcionamiento de la bomba de calor.....	32
4.6. Ciclo de calefacción de una bomba de calor.....	33
4.7. Ciclo de refrigeración de una bomba de calor.....	34
4.8. Utilización de acondicionadores y bombas de calor de alto rendimiento.....	35
4.9. Clasificación de las bombas de calor.....	36
4.10. Tipos de bombas de calor y funcionamiento.....	37
4.11. Ventajas de la bomba de calor respecto a otros sistemas.....	42
4.12. Rendimiento en una bomba de calor.....	43
CAPITULO 5: ENERGÍA SOLAR.....	44
5.1. Introducción a la energía solar.....	44
5.2. Radiación solar.....	46
5.3. Factores que afectan la absorción solar.....	48
5.4. Formas de absorber la energía solar.....	49
CAPITULO 6: COLECTORES SOLARES.....	55
6.1. Colectores solares sin concentración.....	55
6.2. Colectores solares con concentración.....	59
6.3. Ángulo de inclinación y de azimut de un colector solar.....	61
CAPÍTULO 7: PISCINA.....	62
7.1. Sistema hidráulico de bombeo y filtraje de una piscina.....	62
7.2. Componentes de un sistema hidráulico de bombeo y filtrado de una piscina.....	64
7.3. Métodos de temperado de piscinas.....	67
CAPITULO 8: ACTUALES INSTALACIONES DE LA GRANJA EDUCATIVA.....	70
8.1. Ubicación.....	71

8.2. Bomba hidráulica existente.....	72
8.3. Sala de control.....	74
8.4. Piscina actual en la granja educativa.....	76
8.5. Consumo actual de la bomba hidráulica.....	78
CAPITULO 9: CÁLCULOS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA PARA LA CALEFACCIÓN DE LA PISCINA. ..	79
9.1. Aportes de calor y pérdidas en la piscina. ....	80
9.2. Pérdidas por circulación del agua de la piscina. ....	88
9.3. Resumen de todas las pérdidas de la piscina. ....	92
CAPITULO 10: SISTEMA DE CALEFACCIÓN A UTILIZAR.....	94
10.1. Componentes del sistema solar termodinámico.....	95
10.2. Ventajas de los paneles termodinámicos con respecto a los paneles solares convencionales. ....	96
10.3. Desventajas de paneles solares convencionales.....	97
10.4. Desventajas de Bomba de Calor.....	97
10.5. Funcionamiento del sistema solar termodinámico.....	97
10.6. Dimensionamiento y especificaciones técnicas de elementos del sistema solar termodinámico. ....	101
10.7. Presupuesto de sistema solar termodinámico. ....	103
10.8. Distribución de los equipos del sistema solar termodinámico.....	106
CAPITULO 11: SISTEMA HIDRÁULICO Y DE BOMBEO A UTILIZAR. ....	107
11.1. Bomba y filtro a implementar. ....	109
11.2. Circuito de control y de fuerza del sistema hidráulico y de bombeo de la piscina.....	112
11.3. Diseño gráfico de la instalación. ....	115
11.4. Presupuesto de sistema hidráulico y de bombeo de la piscina.....	116

CAPITULO 12: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA SOLAR TERMODINÁMICO Y DEL SISTEMA HIDRAULICO Y DE BOMBEO DE LA PISCINA. ....	118
12.1. Valor actual neto (VAN). ....	118
12.2. Evaluación económica del sistema hidráulico y de bombeo de la piscina a instalar. ....	119
12.3. Evaluación económica de sistema solar termodinámico. ....	121
Conclusiones.....	123
Bibliografía.....	125
ANEXOS.....	129
<i>Humedad relativa para la comuna de Chiguayante, Concepción, Chile. ....</i>	<i>130</i>
<i>Radiación solar para la comuna de Chiguayante, Concepción, Chile. ....</i>	<i>131</i>
<i>Temperatura media mensual del agua de la red, para concepción.....</i>	<i>132</i>
<i>Curvas de rendimiento para diferentes modelos de paneles termodinámicos modelo PST...133</i>	<i>133</i>
<i>Características físicas y técnicas de distintos modelos de bombas hidráulicas, según la empresa Jazzi Pool. ....</i>	<i>136</i>
<i>Características físicas y técnicas de distintos modelos de filtros, según la empresa Jazzi Pool. ....</i>	<i>137</i>
<i>Tarifas de suministro eléctrico, según empresa “CGE DISTRIBUCION S.A”.....</i>	<i>138</i>
<i>Cotización de materiales eléctricos. ....</i>	<i>139</i>
<i>Cotizacion del Sistema Solar Termodinamico. ....</i>	<i>140</i>

## **Resumen.**

La presente memoria de título muestra el estudio asociado a la reingeniería en el sistema de bomba y filtro de una piscina, más la incorporación de bombas de calor con colectores solares para el temperado de la misma. Todo esto ubicado en la Granja Educativa de la comuna de Chiguayante. El proyecto busca fomentar el uso de energías renovables no convencionales (ERNCC), aprovechando el territorio disponible y las condiciones climáticas del lugar.

En el primer capítulo se da a conocer la definición, la historia y modelos teóricos del confort térmico, además se realiza una breve explicación de cada una de ellas; de manera tal que se pueda evaluar los aspectos que influyen en el confort térmico, tanto ambientales como personales de cada individuo, según su sexo, edad.

El segundo capítulo cita y explica las formas de transferencias de energías, como lo son la conducción, radiación y convección, así también se da a conocer el factor solar y el coeficiente de transmisión térmica (U), que son los que influyen en la temperatura de un objeto o un persona.

El tercer capítulo entrega una base teórica respecto a la composición de un sistema de climatización y a su vez a la producción térmica, distribución, y emisión en un recinto (abierto o cerrado), para así tener en cuenta los parámetros a considerar al momento de instalar un sistema de climatización, adecuándose a un espacio ó ambiente determinado. Notando así la posibilidad de los tipos de fuentes de energías y realizando los análisis correspondientes de los costos de operación, logrando elegir el más conveniente.

En el cuarto capítulo se muestra y explica que es una bomba de calor, en qué consiste y cuál es su principio de funcionamiento. También se expone cuales son los tipos de bombas, su rendimiento, las ventajas y desventajas de poder instalar una bomba de calor para un determinado uso.



El quinto capítulo entrega información sobre la energía solar, de acuerdo a los factores que influyen en la absorción solar y el tipo de radiación, según su ángulo y la forma de poder captar los rayos del sol.

En el sexto capítulo se detalla el funcionamiento de un colector solar, dependiendo del tipo de colector, la forma, el ángulo de inclinación de azimut y la ubicación.

El séptimo capítulo muestra y explica los elementos que componen una piscina, además de la forma en que opera cada componente que participa en el proceso de filtrado. También expone las técnicas de temperado de una piscina y el método de limpieza a través de una bomba hidroeléctrica y un filtro que puede ser tanto de arena, como de diatomeas o cartucho.

El octavo capítulo explica las condiciones actuales de la instalación tanto eléctrica como hidráulica, además de la ubicación del lugar y los consumos eléctricos de la bomba que trabaja en el proceso de filtrado del agua.

En el noveno capítulo se realizan los cálculos de la demanda energética para el temperado de la piscina, en los cuales se toma en cuenta las pérdidas caloríficas en cada parte del proceso del temperado.

En el capítulo decimo se detalla el tipo de sistema de calefacción a utilizar, ventajas y desventajas, además de explicar los componentes y las partes del sistema solar termodinámico (tomando en cuenta todos los cálculos realizados previamente).

El décimo primer capítulo detalla el sistema hidráulico y de bombeo a implementar, con las características técnicas y físicas de cada elemento a reemplazar, además de los circuitos de control, de fuerza y el diseño gráfico de la implementación de todo el conjunto.

En el décimo segundo capítulo y final describe la evaluación económica de un sistema solar termodinámico e hidráulico de bombeo de la piscina.

## **Introducción.**

La Universidad del Bío-Bío, en su afán de estar a la vanguardia en la excelencia académica y el uso de nuevas herramientas al servicio de la comunidad, ha aceptado la propuesta de algunos alumnos de la carrera de Ingeniería de Ejecución en Electricidad, la cual consiste en realizar una reingeniería en el complejo dependiente del “Departamento de Administración de Educación Municipal” (DAEM), denominada la Granja Educativa. En la cual se realizan diferentes actividades formativas y recreativas para la comunidad.

Este recinto cuenta con una piscina con un volumen de  $350 \text{ m}^3$ , la cual tiene instalado un sistema hidráulico de bombeo y filtrado, que en razón a su sobredimensionamiento generan un excesivo consumo eléctrico.

La utilización de dicha piscina se limita solo por las temporadas de verano entre los meses de diciembre y febrero, ya que no posee un sistema de temperado de agua, lo que conlleva que en las épocas heladas del año no se utilice.

A partir de la realización de distintos estudios en terreno, tanto del sistema de bombeo y filtrado de agua; y todo lo que lo compone, se procederá a implementar un conjunto de colectores solares y bombas de calor, para así poder aprovechar de manera más completa el complejo y las dependencias.

Hoy en día existen diversos tipos de energías renovables, como lo son: la energía eólica, energía solar, energía hidráulica. Estas son las energías más limpias que existen y que gracias a ello ayudan a no contaminar nuestro medio ambiente. Medio que ha estado siendo literalmente destruido por otros tipos de energías no limpias, a su vez han sido utilizadas a pesar de lo mencionado anteriormente, con el argumento de que su cantidad de energía producida es inmensamente mayor a las energías renovables y por el bien que le hace al progreso de la sociedad.

Por todo lo expuesto anteriormente se ha decidido realizar el estudio general en este recinto, utilizando la energía solar como energía renovable, sin generar impactos que dañen el medio ambiente y así poder temperar el agua de la piscina. Para lograr todo esto utilizaremos una bomba de calor implementando además colectores solares. Este sistema tomara calor del ambiente y de la energía proveniente del sol llevándola al agua del estanque que queremos temperar.

Por otro lado en esta memoria se realizará la reingeniería del sistema hidráulico de bomba y filtro, ya que las actuales instalaciones no cumplen con los requisitos necesarios según el volumen de la piscina.

La potencia actual de la bomba de esta piscina está sobredimensionada con respecto al volumen de la misma, lo que conlleva a un elevado gasto económico. A su vez el sistema de control de la instalación eléctrica no está en condiciones óptimas, por lo tanto nuestro objetivo es cambiar todo el sistema para que cumpla las normativas necesarias, de manera tal que sea eficiente en todo su conjunto.

## CAPÍTULO 1: CONFORT TÉRMICO. [5] [6]

### 1.1. Definición, historia y modelos teóricos.

Existen distintas definiciones para definir que es el confort térmico, una de ellas por ejemplo es decir que: “*es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico*”. O también se puede decir que es una sensación personal ante un ambiente térmico dado.

Las grandes civilizaciones, como la griega y la romana, ya tenían estudios e incluso leyes para regular el diseño de los espacios habitacionales, con el objeto de lograr el equilibrio térmico del cuerpo humano, el que produce el desarrollo eficiente del individuo tanto en el ámbito físico como mental. Posteriormente, la evolución arquitectónica se preocupó más por el equilibrio estético que por la salud del hombre. Con la llegada de la Revolución Industrial esta problemática se agudizó ya que no sólo se preocupó por la línea y la forma, sino que a partir de aquí entraron en juego el uso de nuevas técnicas y nuevos materiales que lograban rapidez y fiabilidad, por ende reducción de costos, dejando en el olvido la integración a la naturaleza. En los últimos años se ha llegado a la creación de climas artificiales totalmente aislados del clima natural de la zona, dando paso a excesivos consumos de energía con sus respectivas consecuencias. En la actualidad todos estos aspectos vuelven a tomarse en cuenta redundando en beneficio físico, psicológico y económico a quienes hacen uso de la climatización de espacios abiertos o cerrados.

Por desgracia el confort humano es una sensación en la que aspectos relacionados con los usuarios tales como la edad, el género, la cultura, la actividad realizada, la vestimenta, teniendo en cuenta, por tanto, que es un parámetro subjetivo. Garantizar el confort de la totalidad de los ocupantes de un recinto es prácticamente imposible. Para obtener una sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo conservando de este modo el ocupante su temperatura normal, esto suele definirse como alcanzar el equilibrio térmico.



*Figura N° 1.1: Variables de un confort térmico.*

## 1.2. Aspectos que influyen en el confort térmico.

Pueden diferenciarse en dos grupos los aspectos determinantes en el confort de los usuarios en un lugar: **factores y parámetros**.

Unos de los tantos factores que influyen directamente en el confort térmico son por ejemplo:

- La temperatura.
- La humedad.
- La actividad del trabajo.
- La vestimenta.

A su vez existen “**Condiciones termo higrométricas**” reglamentarias y rangos para poder establecer un confort térmico:

- En cuanto a la temperatura: entre 17 [°C] y 27 [°C], si se realizan trabajos sedentarios o entre 14 [°C] y 25 [°C], si son trabajos ligeros.
- Humedad relativa: entre 30 [%] y 70 [%], excepto si hay riesgo por electricidad estática, en cuyo caso, el límite inferior será el 0 [%].

- Velocidad del aire: inferior a 0,25 [m/s] en ambientes no calurosos; inferior a 0,5 [m/s] en trabajos sedentarios en ambiente caluroso e inferior a 0,75 [m/s] en trabajos no sedentarios en ambientes calurosos. Para los sistemas de aire acondicionado, los límites son 0,25 [m/s] en trabajos sedentarios y de 0,35 [m/s], en los demás casos.

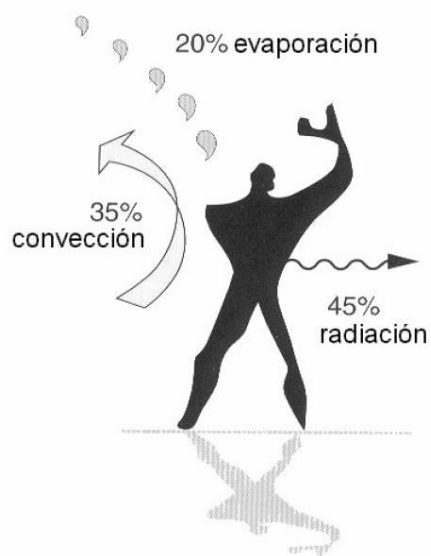
**Tabla N° 1.1: Factores y parámetros que determinan el confort térmico.**

<b>F A C T O R E S</b>	<i>Ambientales</i>	<i>Exteriores</i>	<i>Temperatura del aire.</i>
			<i>Temperatura Radiante.</i>
			<i>Humedad relativa.</i>
			<i>Velocidad del aire.</i>
	<i>Personales</i>	<i>Fisiológicos y contributivos</i>	<i>Sexo.</i>
			<i>Edad.</i>
			<i>Peso.</i>
			<i>Tasa de metabolismo:</i> - <i>Basal</i> - <i>Muscular (Nivel de actividad).</i>
			<i>Estado de Salud.</i>
			<i>Intercambio de calor por ingestión de bebidas y alimentos.</i>
			<i>Historial térmico:</i> - <i>Mediato.</i> - <i>Inmediato.</i>
			<i>Tiempo de permanencia.</i>
			<i>Variabilidad espacial y temporal de los estímulos</i>
			<i>Socioculturales y Psicológicos</i>
<i>Expectativas de confort.</i>			
<i>Contacto visual con el exterior.</i>			
<b>P A R A M E T R O S</b>	<i>Ambientales</i>	<i>Interiores</i>	<i>Temperatura del aire.</i>
			<i>Temperatura radiante.</i>
			<i>Humedad relativa.</i>
			<i>Velocidad del aire</i>
	<i>Arquitectónicos</i>	<i>Adaptabilidad del espacio</i>	<i>Movilidad del ocupante dentro del espacio</i>
<i>Modificación de elementos y dispositivos de control ambiental.</i>			

Debe distinguirse una situación de incomodidad térmica en un local o recinto, que corresponde a corrientes de aire puntuales, a la diferencia de temperaturas entre pies y cabeza (debido a diferencias en la temperatura del aire o bien a la temperatura del suelo) o a la variación de temperatura en partes de cuerpo debida a radiación.

### 1.2.1. Factores personales.

Como se ha comentado anteriormente al querer definir el confort térmico, los aspectos personales de cada individuo juegan un papel importante a la hora de sentirse cómodo en un lugar o recinto. Sólo el metabolismo basal de una persona hace que se generen entre 65 y 80 [W], en función de la edad, el tamaño y el sexo de la persona. El calor que se libera del cuerpo se hace de manera porcentual mediante los 3 tipos de transferencia de energía que son radiación, convección y evaporación.



**Figura N°1.2: Balance de la transmisión térmica del cuerpo humano.**

En cuanto a las diferencias de edad y sexo, las mujeres suelen preferir una temperatura efectiva 2 [°C] más alta que los hombres, mientras que a partir de los 40 años, las personas suelen inclinarse más a una temperatura 1 [°C] superior a la que requieren las personas más jóvenes.

Una persona del Mediterráneo consideraría una temperatura moderadamente fría, en el rango de los 10 y 17 [°C]. Esta puede ser totalmente tolerable en función del nivel del tipo de ropa que lleve o actividad que desarrolle en ese momento. Incluso, dependiendo de la estación del año y el lugar donde se encuentre, por ejemplo: disfrutar de un paseo en invierno, de la temporada de esquí o bien de un día de playa.

A su vez, el confort térmico tiene una importante componente sociocultural, por lo que no son suficientes los parámetros físicos para medir el confort térmico de un lugar. El único parámetro común entre una persona en un ambiente y otro es mantener una temperatura corporal aproximada de 37 [°C] (en cualquier lugar donde se encuentre).

### 1.2.2. La vestimenta y el metabolismo.

Generalmente, el metabolismo se mide en una unidad llamada Met (1 Met =58,15 [W/m<sup>2</sup>] de superficie del cuerpo). Una persona adulta de contextura media tiene una superficie de 1,7 [m<sup>2</sup>] en su cuerpo. El rango de valores que puede alcanzar el metabolismo de una persona es amplio, en función de las actividades que realice.

$$1 \text{ met} = 58,2 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] = 50 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hrs} \cdot \text{m}^2} \right].$$

La tabla N° 1.2 ilustra diferentes actividades otorgándole un valor de producción energética.

**Tabla N° 1.2: Relación entre actividad y metabolismo.**

<b>Actividad</b>	<b>Producción de energía metabólica [W/m<sup>2</sup>]</b>
Tumbado	46
Actividad ligera, sentado (oficina, hogar, laboratorio)	70
Actividad ligera, de pie (compras, laboratorio, industrial ligera)	93
Actividad media, de pie (Vendedor, tareas domésticas, trabajo con máquinas)	116



Marcha en llano:	
2 [km/h]	110
3 [km/h]	140
4 [km/h]	165

Dentro de los factores importantes que influyen en la energía producida por una persona debido a su metabolismo es también la vestimenta. La vestimenta de una persona se clasifica en función del aislamiento en cuanto a pérdida de energía que le produce al cuerpo que lo lleva.

Tanto el parámetro como la unidad para cuantificar la vestimenta, vienen denominados por el vocablo “Clo”, en donde su significado es vestimenta y en inglés clothing. La escala Clo asigna a la ausencia de vestimenta el valor 0 y a un traje de vestir el valor de la unidad. El número de Clo que implica una prenda de ropa está tabulado, y el valor de Clo que mezcla la vestimenta total se realiza mediante sumatoria.

$$1 \text{ Clo} = 0,155 \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right] = 0,18 \left[ \frac{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}}{\text{kcal}} \right].$$

### 1.2.3. La temperatura.

Dentro de los parámetros que se debe tener en cuenta a nivel físico ambiental son la temperatura del aire, la temperatura media radiante, la velocidad del aire y la humedad, tal y como se ha mostrado al hablar de zonas de confort. Todos estos parámetros deben tenerse en cuenta al realizar un buen diseño de climatización para temperar un lugar o espacio.

La temperatura del aire se define como la distancia que se mide a la altura de la cabeza y a un trayecto mínimo de 1,5 [m] de las paredes en lugares cerrados. La temperatura media radiante, en cambio, se define como: “*la temperatura de las superficies de un lugar que percibe el cuerpo humano*”. Existen algunas normativas las cuales dan recomendaciones o imponen valores de temperatura, considerando algunos parámetros tales como:

- La temperatura equivalente: Considera a la temperatura resultante y la velocidad del aire.
- La temperatura resultante u operativa: Mezclando los efectos de la temperatura del aire y los de la temperatura media radiante.
- Temperatura eficaz: Consecuencia de la temperatura resultante y la presión del aire.

Comúnmente lo más habitual es hablar de la temperatura resultante, que es la temperatura media entre la radiante y la temperatura del aire (también llamada temperatura seca).

$$T_{\text{operación}} = \frac{T_a + T_r}{2}$$

Dónde:

$T_r$  = Temperatura radiante de las superficies del local [°C].

$T_a$  = Temperatura del aire [°C].

A su vez, y para garantizar el confort térmico respecto a diferencias de temperaturas entre pies y cabeza, pero debidas a temperaturas del suelo y no del aire, se establece temperaturas del suelo de entre 19 y 29 [°C], lo cual implica un máximo del 10 [%] de insatisfechos. Si los ocupantes utilizan un calzado de suela normal, el material del cual está hecho el suelo no es tan significativo, a diferencia si estuviera descalzo.

En cuanto a la variación de la temperatura debida a la radiación recibida en distintas partes del cuerpo (asimetría por radiación), se ha comprobado en experimentos que los techos fríos y las paredes calientes no provocan tanta incomodidad en los ocupantes, mientras que los techos calientes y las ventanas frías causan el mayor grado de incomodidad térmica.

## CAPÍTULO 2: TRANSFERENCIA DE CALOR. [3] [7]

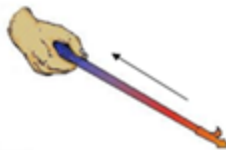
Existen tres mecanismos de transmisión de calor, estos son: la conducción, la convección y la radiación. En la interacción entre un edificio, un ocupante y su exterior entran en juego los tres mecanismos nombrados anteriormente, como lo explica la siguiente figura.



*Figura N° 2.1: Transferencia de calor entre exterior e interior en un local.*

### 2.1. La conducción.

La conducción es una de las formas de transferir el calor en un objeto con una masa de temperatura más elevada a otra de temperatura inferior mediante un contacto directo entre ambos extremos tal como se muestra a continuación.



*Figura N° 2.2: El calor se desplaza desde el extremo caliente al frío.*

Los parámetros relacionados con la conducción térmica en materiales, son la conductividad térmica y la resistencia térmica de un determinado objeto.

Por otra parte la resistencia respecto a los flujos de calor que atraviesan un material se calcula en función de la **conductividad térmica** ( $\lambda$ ), y su definición se refiere a la cantidad de energía que atraviesa una superficie de 1 [m<sup>2</sup>] y 1 [m] de espesor. Cuando las temperaturas a ambos lados difieren en 1[°C]. Sus unidades de medida en el Sistema internacional (SI) son en  $[\frac{W}{m \cdot ^\circ C}]$  que es equivalente a 0,86  $[\frac{W}{m \cdot ^\circ C}]$ .

La **resistencia térmica** (**R**) de un material, da la idea de la dificultad que encuentra el calor a la hora de propagarse por el interior de un material. A través de un medio homogéneo la resistencia térmica se relaciona directamente con el grosor del material de la siguiente forma:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Dónde:

R: Resistencia térmica  $[\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}]$ .

e: Grosor del material [m].

$\lambda$ : Conductividad térmica  $[\frac{W}{m \cdot ^\circ C}]$ .

## 2.2. La convección.

La convección es otro método de transferencia de calor que se da al producirse un intercambio de calor entre el aire y la masa del material (o a la inversa) que se encuentran a distintas temperaturas. La diferencia de temperaturas entre la cara de un sólido y el fluido con el que se tiene contacto produce movimientos de fluido debido a las diferencias de densidad que se crean. De esta forma, el fluido con mayor temperatura sube siendo sustituido por el fluido de menor temperatura, como lo muestra la figura 2.3.



**Figura N° 2.3:** *En una tetera el agua en contacto con el metal caliente asciende y desplaza el agua fría.*

También existe la convección forzada y la convección natural o libre; en la natural la transferencia de calor se produce por el movimiento del aire debido a la diferencia de temperaturas ya que el aire caliente tiende a subir y el frío a bajar.

El coeficiente superficial de transmisión de calor o de cambio por convección recibe el símbolo “ $h_c$ ”, siendo la resistencia térmica superficial igual a  $1/h_c$ .

### 2.3. La radiación.

La radiación es la transmisión de calor a través, o no, de un medio material, entre dos cuerpos que no están en contacto entre si y entre los cuales existe una diferencia de temperatura. La energía de radiación es una forma de movimiento electromagnético similar al de la luz y la electricidad, pero en longitudes de onda muy pequeñas del orden de  $10 \text{ } [\mu\text{m}]$ . La distancia entre dos cuerpos prácticamente no tiene trascendencia y la energía emitida puede verse absorbida por el otro cuerpo o bien reflejada.

La ley fundamental de la radiación se expresa:

$$Q'' = \varepsilon * \sigma * T^4$$

Dónde:

$\epsilon$ : Es la emisividad.

$\sigma$ : La constante de Stefan-Boltzman  $5,67 \cdot 10^{-8} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right]$ .

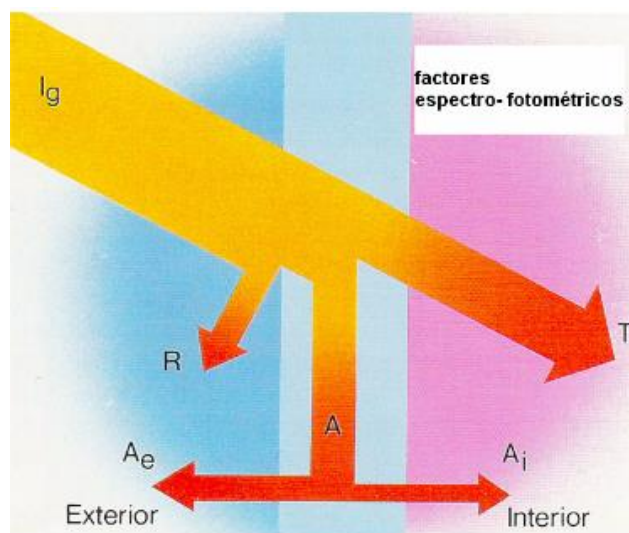
T: La temperatura.

El coeficiente de cambio por radiación ( $h_r$ ) se calcula como  $h_r = 4 \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$ .

La emisividad ( $\epsilon$ ) es un parámetro característico de la superficie de un cuerpo que indica cuan alta es la capacidad de radiación del cuerpo en sí; a menor emisividad, menor transferencia de calor por radiación.

#### 2.4. Factor solar.

Se le llama factor solar a la relación entre la energía total directa (T) y la energía absorbida ( $A_i$ ), que traspasa el material, que en realidad es la energía solar que incide sobre él mismo ( $I_g$ ). Por tanto el factor solar es función de los factores de transmisión y absorción de energía (Este es un parámetro muy importante en el caso de materiales transparentes).



**Figura N° 2.4: Descomposición de la radiación proveniente del sol.**

## 2.5. Coeficiente de transmisión térmica U.

La resistencia térmica total ( $R_t$ ) mide la oposición que se puede dar en un recinto el cual transmite calor, considerando su comportamiento ante la conducción en función de la resistencia térmica de cada uno de los materiales que conforman el lugar, así como el efecto de la convección de sus caras externas (interior o exterior) en contacto con los ambientes que lo rodean. Este efecto de la convección se cuantifica mediante sus resistencias térmicas superficiales de un material, los que se consideran en la radiación.

$$R_t = \frac{1}{h_e} + R_1 + R_2 + \dots + \frac{1}{h_i}$$

El inverso de esta resistencia térmica total se define como la transmitancia térmica (K o U), de unidades  $[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}]$ . Su significado es el de la cantidad de calor que pasa por 1  $[m^2]$  cuando las temperaturas a ambos lados difieren de 1  $[^\circ C]$ .

Los valores  $h_i$  y  $h_e$  se calculan mediante la suma de los coeficientes de cambio que deban tenerse en cuenta en la cara exterior e interior del material. Pese a que estos coeficientes de cambio dependen de las condiciones ambientales, suelen tomarse como valores estándar (considerando que las superficies del material están en contacto con fluidos), de la siguiente forma:

$$h_i = 8 [\frac{W}{m^2 \cdot K}] \text{ y } h_e = 23 [\frac{W}{m^2 \cdot K}]$$

## CAPÍTULO 3: COMPOSICIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN. [8]

Existe una gran variedad de diseños y equipos para climatizar recintos, por el hecho de que varios sistemas participan de características comunes, es muy difícil incluso hacer una clasificación con diferenciaciones claras entre unos y otros. Toda instalación de climatización se compone de tres partes diferenciadas: **Producción Térmica, distribución, y Emisión en el**

**recinto.** Cuando en un mismo equipo están incluidos todos los elementos se dice que los equipos son compactos.

### **3.1. Producción térmica.**

Existen dos formas de producción térmica: por ciclo de compresión y por ciclo de absorción; la más extendida corresponde al ciclo de compresión. El ciclo de compresión dispone de una zona de evaporación y otra de condensación unidas mediante el compresor y cerrándose el ciclo mediante una laminación. En la evaporación es donde se produce el frío necesario para la climatización y en la condensación es donde se cede el calor extraído en el lugar. Atendiendo a estos factores los equipos de producción se denominan con dos palabras, indicando en primer lugar el medio en el que se realiza la evaporación y después el medio condensante.

Habitualmente se encuentran cuatro tipos de equipos de producción:

- AIRE - AIRE.
- AIRE - AGUA.
- AGUA - AGUA.
- AGUA - AIRE.

### **3.2. Distribución.**

La energía producida en un equipo debe ser transportada a los lugares a climatizar, mediante alguno de los siguientes fluidos: REFRIGERANTE, AGUA o AIRE, empleándose para ello Tuberías o Ductos, según corresponda.

### **3.3. Emisión.**

La energía se emite a los lugares a través de rejillas y difusores, que pueden estar incorporadas en los propios equipos, o bien formar parte de una red de ductos de distribución. Lo



más habitual es clasificar los sistemas de climatización, según sea el fluido que entra en el recinto para producir el efecto de enfriamiento o calentamiento.

Según esto, los sistemas pueden ser:

- **Todo Refrigerante:** Sistemas de expansión directa en el interior del recinto.
- **Refrigerante-Aire:** Al recinto llega refrigerante y aire.
- **Todo Agua:** Al recinto llega sólo agua.
- **Agua - Aire:** Al recinto llega aire y agua.
- **Todo Aire:** El único fluido que entra en el recinto es el aire.

Además de la clasificación anterior, se podrían introducir la diferenciación entre los equipos compactos o sistemas centralizados, según el sistema a implementar, o el lugar que se desea temperar.

### **3.4. Parámetros a considerar al momento de instalar un sistema para adecuar el ambiente en un espacio.**

A la hora de elegir un buen sistema para combatir el frío o el calor en cualquier recinto, se consideran una serie de aspectos que ayudarán a tomar una decisión acertada.

#### **3.4.1. La posibilidad de la fuente de energía.**

Para consumir una fuente de energía de suministro continuo, es necesario que el equipo a instalar esté situado en una zona donde haya una red de distribución, o acceso a una fuente de energía alternativa.

Cuando se trata de sistemas que precisan el suministro de combustible a granel se deberá conocer el servicio de reparto, la frecuencia de la distribución y la accesibilidad de los vehículos de transporte.

### **3.4.2. Instalación.**

Corresponde a estudiar las posibilidades técnicas de efectuar la obra que conlleva la instalación; la envergadura, y por último, sopesar el desembolso económico que supondrá además analizar el costo de la inversión inicial en instalaciones necesarias y su rentabilidad por el uso posterior.

### **3.4.3. Mantenimiento.**

El mantenimiento posterior que va a necesitar el sistema adoptado es otro punto importante a considerar ya que será un gasto para toda su vida útil. La instalación efectuada, a excepción de la eléctrica, requieren de inspecciones periódicas.

### **3.4.4. Criterios ecológicos y de seguridad.**

La utilización de elementos combustibles que suponen una amenaza para el medio ambiente, la producción de gases, olores y el consumo de recursos, son factores para medir la limpieza de los distintos sistemas.

La necesidad de almacenar combustible, con la consiguiente posibilidad de explosiones, fugas o fuegos debe tenerse en cuenta antes de decidirse por uno u otro sistema.

## **CAPÍTULO 4: BOMBAS DE CALOR. [9] [10]**

### **4.1. Introducción a las bombas de calor.**

Una bomba de calor es una máquina que transfiere energía térmica desde una fuente fría (de bajo nivel térmico o baja temperatura) a otra más elevada. Recibe este nombre por analogía con las bombas de agua, que permiten subir el agua desde un nivel bajo a otro más alto.

Para lograrlo es necesario un aporte de trabajo, pues de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, el calor se dirige de manera espontánea de una fuente caliente a otra fría, hasta que sus temperaturas se igualen, y no al revés.

Técnicamente las máquinas para uno u otro uso son las mismas, variando solamente los campos de temperaturas en las que trabajan. Aun así, se suele llamar bomba de calor a la destinada a calefacción de espacios y máquina frigorífica a la que proporciona refrigeración. Y la razón es la analogía con la bomba de agua; se dice que una máquina frigorífica, aunque "bombea calor" hacia el exterior, lo que "se nota" es que enfría, mientras que la máquina destinada a calefacción efectivamente lleva calor allí donde hace falta, obteniéndolo de un lugar a un nivel más bajo.

Las **Bombas de Calor** pueden obtener su energía a través de dos importantes fuentes naturales:

- **Fuentes Aero-térmica:** Energía existente en el aire atmosférico, y que contiene una masa térmica y un elevado potencial energético.
- **Fuentes Geo-térmica:** Energía existente en la tierra, acumulada en los extractos de suelo, fuentes de agua o napas subterráneas.

Las Bombas de Calor son tan eficientes, que son capaces de entregar 3 o más unidades de energía térmica (output), por cada unidad de energía eléctrica consumida (input).

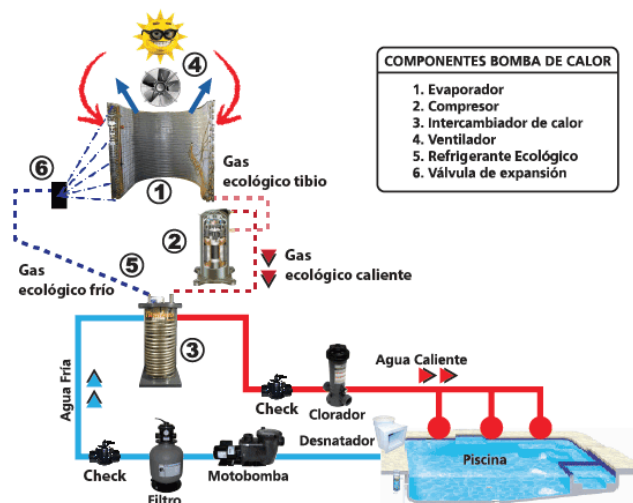


Figura N° 4.1: Componentes de una bomba de calor.

## 4.2. Aerotermia.

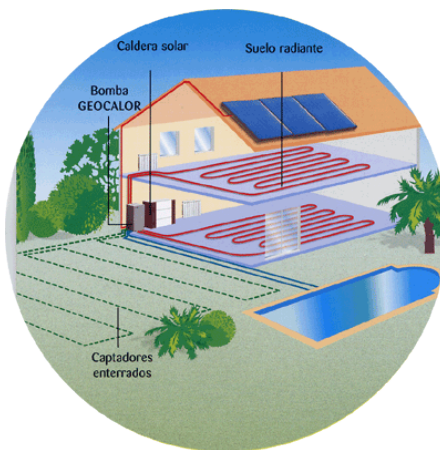
Aerotermia es el uso de la energía contenida en el aire exterior, la que es entregada a un proceso térmico de calefacción o calentamiento de agua y/o fluidos. Esa energía se obtiene, a través, de máquinas termodinámicas denominadas Bombas de Calor.

Las bombas de calor son equipos altamente eficientes, desarrollados con tecnología de última generación, que usa la electricidad para transportar la energía captada del aire exterior, hacia distintos procesos de calentamiento, incluso cuando hay temperaturas bajo cero. Por cada 1 [Kw-h] de consumo eléctrico, las Bombas de Calor entregan 3 [kW-h] de energía térmica en promedio a lo largo de todo el año.

## 4.3. Geotermia.

Geotermia es una palabra de origen griego, que deriva de geos que quiere decir tierra, y de “thermos” que significa calor (el calor de la Tierra). Se emplea indistintamente para designar tanto a la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta como al conjunto de procesos industriales que intentan explotar ese calor para producir energía eléctrica y/o calor útil al ser humano.

La energía geotérmica, entonces, es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la Tierra (Consejo Europeo de Energía Geotérmica, EGEC).



*Figura N°4.2: Captadores de calor para temperar una piscina a través de bombas de calor.*

El acondicionamiento de aire es un proceso de tratamiento que controla el ambiente interior de una vivienda o local: en verano mediante la refrigeración y en invierno con calefacción.

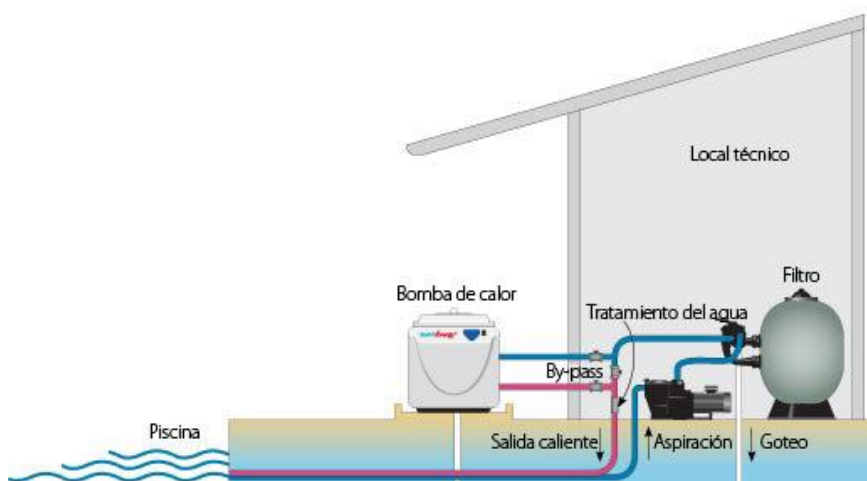
Cuando se cubren ambos servicios se habla de climatización. Los acondicionadores de aire pueden pertenecer a dos familias básicas:

- Sólo frío**, cuando únicamente proporcionan refrigeración (conocidos Como aparatos de aire acondicionado).
- Bomba de calor**, cuando además de refrigeración proporcionan calefacción, es decir, climatización.

La gran ventaja de la bomba de calor reside en su eficiencia energética en calefacción, puesto que es capaz de aportar más energía que la que consume, aproximadamente entre 2 y 3 veces más. Esto es así porque el equipo recupera energía gratuita del ambiente exterior y la incorpora como energía útil para climatizar.

Por tanto, para lograr el mismo efecto consume menos energía que otros aparatos o sistemas de calefacción, lógicamente el costo de calefacción es también más reducido, en línea con otros sistemas más competitivos. Además de esta ventaja, cabe señalar que:

- Reúne dos servicios en un sólo aparato y una sola instalación, lo que limita la inversión necesaria y simplifica las instalaciones.
- Variedad de marcas y modelos que facilitan la colocación en distintos lugares: pared, techo, suelo, etc.
- Prácticamente sin mantenimiento, salvo la limpieza periódica del filtro de aire.



*Figura N° 4.3: Sistema de bomba de calor empleado en una piscina.*

#### **4.4. Bombas de calor por compresión.**

Una bomba de calor por compresión es aquella que emplea un fluido refrigerante con un bajo punto de ebullición. Este fluido se hace pasar por un compresor, que eleva su presión y aumenta con ello su temperatura (su entalpía). Una vez comprimido el fluido refrigerante, pasa por un intercambiador de calor llamado 'condensador', y ahí cede calor al foco caliente, dado que el

fluido refrigerante ha salido del compresor, a mayor temperatura que ese foco caliente. Al enfriarse el fluido en el condensador (cediendo calor al foco caliente), cambia su estado a líquido. A la salida del condensador, comprimido, atraviesa una válvula de expansión, lo cual supone una brusca caída de presión. Al disminuir la presión, el fluido se enfría bruscamente y además empieza a evaporarse. En el intercambiador de calor llamado evaporador (ubicado después de la válvula de expansión), el fluido se evapora, absorbiendo calor del foco frío, puesto que está más frío que dicho foco. El fluido evaporado regresa al compresor, cerrándose el ciclo.

### **Principio de funcionamiento en cuatro pasos.**

1. En el primer paso se comprime un fluido refrigerante con un compresor. Según la Ley de Gay-Lussac (la presión es proporcional a la temperatura absoluta), luego cuando se comprime un gas aumenta su temperatura.
2. Ese fluido caliente se hace pasar por un intercambiador, llamado condensador, en el cual el fluido cede su calor (al llamado foco o fuente caliente) y al enfriarse, se condensa parcialmente, pasando del estado gaseoso a estado líquido.
3. A continuación se hace pasar el fluido, todavía a presión, por una válvula de expansión (que consiste en un dispositivo con una gran pérdida de carga) en el que el fluido pierde presión (carga) bruscamente y por lo tanto se enfría también bruscamente.
4. Finalmente pasa por otro intercambiador, situado en la fuente fría, y llamado evaporador en el que absorbe calor de nuevo, para volver a reiniciar el ciclo en el compresor.

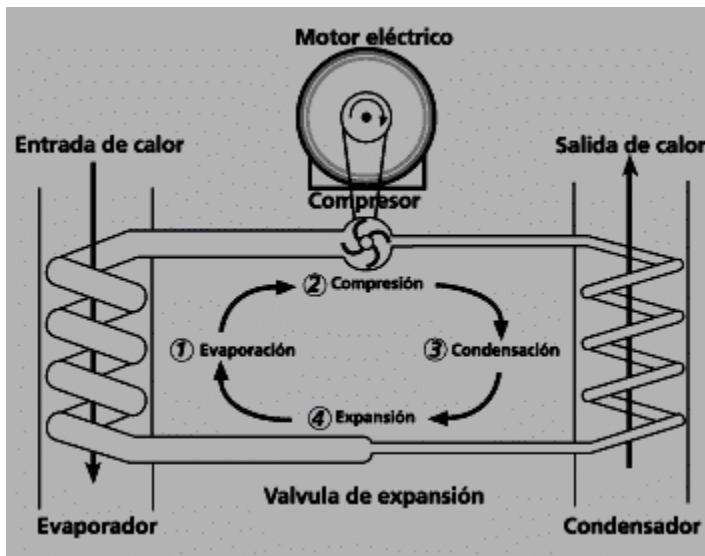
Evidentemente cuando se trata de una bomba de calor propiamente tal, el foco caliente del segundo paso es el intercambiador que genera el calor para la calefacción y es condición indispensable que el fluido esté a mayor temperatura que el ambiente y en el cuarto paso es el aire exterior o cualquier otra fuente fría, que también debe cumplir la condición de que el fluido que circula por el evaporador esté a menor temperatura que el ambiente exterior.

#### 4.5. Funcionamiento de la bomba de calor.

La mayor parte de las Bombas de Calor existentes trabajan con el ciclo de compresión de un fluido condensable.

- Compresor - Válvula de expansión – Condensador – Evaporador

Los componentes se conectan en un circuito cerrado por el que circula un fluido refrigerante. En la siguiente figura podemos ver una bomba de calor de compresión mecánica accionada por un motor eléctrico, según figura 4.4



*Figura N° 4.4: Bomba de calor de compresión mecánica.*

En la figura N° 4.4 se da a conocer el ciclo de funcionamiento con sus respectivas 4 etapas:

(1). En el evaporador la temperatura del fluido refrigerante se mantiene por debajo de la temperatura de la fuente de calor (foco frío), de esta manera el calor fluye de la fuente al fluido refrigerante propiciando la evaporación de éste.

(2). En el compresor el vapor que sale del evaporador es comprimido elevando su presión y temperatura.



(3). El vapor caliente accede al condensador. En este cambiador, el fluido cede el calor de condensación al medio.

(4). Finalmente, el líquido a alta presión obtenido a la salida del condensador se expande mediante la válvula de expansión hasta alcanzar la presión y temperatura del evaporador. En este punto el fluido comienza de nuevo el ciclo accediendo al evaporador.

#### 4.6. Ciclo de calefacción de una bomba de calor.



*Figura N° 4.7 Ciclo de Calefacción de una bomba de calor.*

(1). El compresor eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico.

(2). En el intercambiador, situado en el interior del recinto a calentar, el fluido cede al aire del recinto el calor de su condensación.

(3). El fluido en estado líquido y a alta presión y temperatura se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y temperatura, evaporándose en parte.

(4). En el intercambiador situado en el exterior el fluido refrigerante completa su evaporación absorbiendo calor del aire exterior, retornando al compresor (1) a través de una válvula de cuatro vías. (5)

#### 4.7. Ciclo de refrigeración de una bomba de calor.



*Figura N° 4.8: Ciclo de refrigeración de una bomba de calor.*

(1). El compresor eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico, siguiendo su camino a través de la válvula de 4 vías (5).

(2). En el intercambiador, situado en el exterior, el fluido se condensa cediendo su calor al medio exterior.

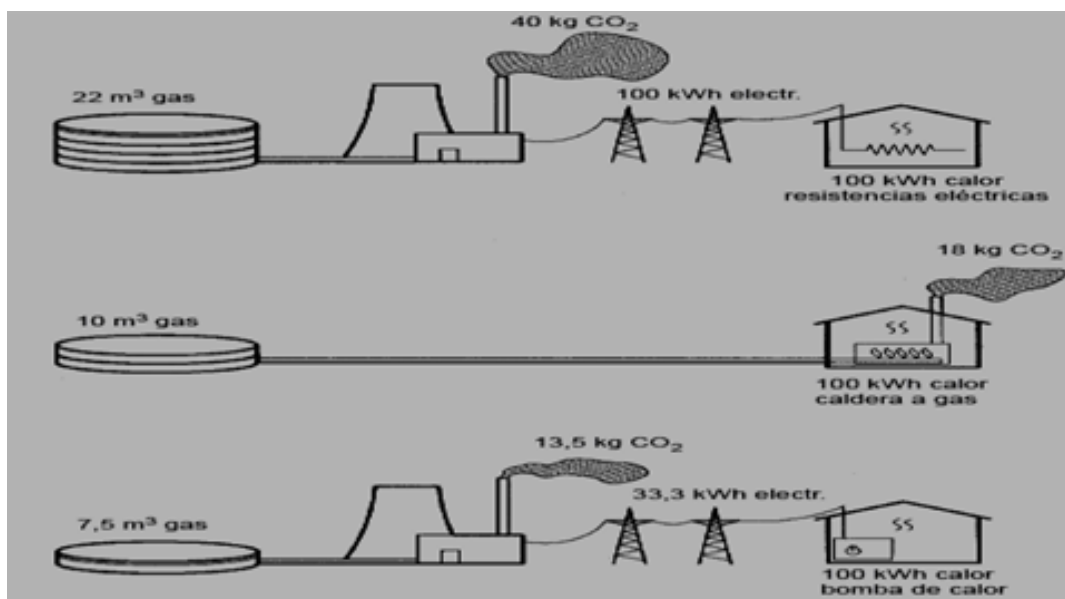
(3). El fluido en estado líquido y alta presión se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y evaporándose en parte.

(4). En el intercambiador situado en el interior del recinto a refrigerar, el fluido frigorífico completa su evaporación absorbiendo calor del medio interior.

#### 4.8. Utilización de acondicionadores y bombas de calor de alto rendimiento.

La determinación y utilización de acondicionadores de alto rendimiento es un requisito básico para una política de ahorro de energía. En particular, el uso de bombas de calor de alto rendimiento se considera hoy como el sistema más eficaz para hacer compatible el confort con el desarrollo sostenible. Entre las tecnologías que hoy se cuentan para reducir el consumo energético, se considera que las bombas de calor, al aplicarlas en la calefacción de edificios producen una de las mayores reducciones que se pueden aportar, debido a la alta incidencia de la calefacción en el consumo energético global. Si se usan extensivamente las bombas de calor para calefacción, podría reducirse significativamente el efecto invernadero, debido a que decrecerían las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La figura 4.9 indica las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen para obtener 100 [kW-h] según sea la fuente de energía primaria. La bomba de calor puede ayudar a reducir estas emisiones de CO<sub>2</sub>, principalmente cuando se aplica en sustitución de sistemas de calefacción por resistencias eléctricas, e incluso cuando hay que sustituir sistemas de calefacción a gas. En la figura se muestra gráficamente cómo se reducen en más de 2/3 las emisiones de CO<sub>2</sub> al aplicar una bomba de calor.



*Figura N° 4.9: Emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen para obtener 100 [kW-h]*

#### 4.9. Clasificación de las bombas de calor.

Las bombas de calor se pueden clasificar de distintas maneras según muestra la tabla a continuación:

**Tabla N° 4.1: Clasificación de las bombas de calor.**

<b>Según el tipo de proceso:</b>	<b>Según el medio de origen y destino de energía:</b>		<b>Según construcción:</b>	<b>Según funcionamiento:</b>
Bombas de calor cuyo compresor está impulsado mecánicamente por un motor eléctrico a gas, diesel.	Esta clasificación es la más utilizada. La bomba de calor se denomina mediante dos palabras. La primera corresponde al medio del que absorbe el calor (Foco frío) y la segunda al medio receptor (Foco caliente).		Compacta: Todos los elementos que constituyen la bomba de calor y se encuentran alojados dentro de una misma carcasa.	Reversibles: Pueden funcionar tanto en ciclo de calefacción como en ciclo de refrigeración invirtiendo el sentido de flujo del fluido.
Bombas de calor de accionamiento térmico (bombas de calor de absorción) en las que el ciclo se impulsa mediante calor a temperaturas elevadas	<b>Foco Frío</b>	<b>Foco Caliente</b>	Split o partidas: Están constituidas por dos unidades separadas. Una exterior donde se aloja el compresor y la válvula de expansión y una unidad interior. De esta manera se evitan los ruidos en el interior del recinto.	No reversibles: únicamente funcionan en ciclo de calefacción.
Bombas de calor electrotermias que funcionan según el efecto peltier.	Aire	Aire	Multi-split: Están constituidas por una unidad exterior y varias unidades interiores.	Termofrigobombas: Producen simultáneamente frío y calor.
	Aire	Agua		
	Agua	Aire		
	Agua	Agua		
	Tierra	Aire		

#### 4.10. Tipos de bombas de calor y funcionamiento.

El sistema de bomba de calor puede transmitir el calor del entorno hacia las dependencias que se pretenden temperar. El calor generado puede utilizarse para calefacción y agua caliente sanitaria.

El principio de funcionamiento es el mismo que usa un aparato frigorífico. Un refrigerador consigue enfriar un recinto ya que quita energía del aire interior, a baja temperatura, y la cede al aire exterior, a mayor temperatura, calentándolo de tal forma que logre el objetivo.

Si invertimos el funcionamiento de un refrigerador, enfriando el aire exterior y calentando el interior, obtenemos una bomba de calor. Por esta razón la mayoría de estos aparatos son reversibles y permiten refrigerar en verano y temperar en invierno.

La bomba de calor se suele clasificar según el medio de origen y destino de la energía de tal forma que se denomina mediante dos palabras. La primera corresponde al medio que absorbe calor (foco frío) y la segunda al medio receptor (foco caliente).

A continuación se describen algunos de estos tipos de bombas de calor.

**BOMBA DE CALOR AIRE-AIRE:** Son las más utilizadas, principalmente en climatización.

**BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA:** Se utilizan para producir agua fría, refrigeración o agua caliente para calefacción y agua sanitaria.

**BOMBA DE CALOR AGUA-AGUA:** Permiten aprovechar la energía contenida en el agua de los ríos, mares, aguas residuales, etc.

#### 4.10.1. Bombas de calor Aire-Aire.

En este sistema, tanto la calefacción como la refrigeración del espacio acondicionado se consiguen mediante la inversión del flujo del fluido frigorífico (refrigerante con el que se carga el sistema de refrigeración) entre las baterías o intercambiadores denominados clásicamente evaporador y condensador. La inversión de este flujo se consigue mediante una válvula de 4 vías accionada mediante un termostato situado en el ambiente acondicionado.

Las baterías intercambiadoras dejan de denominarse evaporador y condensador, debido a que actúan tanto una como la otra efectuando la doble función de evaporador y condensador, dependiendo de que el equipo esté trabajando en ciclo de calor o de frío.

En un equipo bomba de calor aire-aire estas baterías se denominan “**Batería exterior e interior**”.

**Batería exterior:** Es aquella que está efectuando las funciones de condensador en ciclo de frío y de evaporador en ciclo de calor. Está situada en el exterior del espacio acondicionado y de ahí viene su denominación.

**Batería interior:** Situada en el interior del espacio acondicionado actúa como evaporador en el ciclo de refrigeración y como condensador en el ciclo de calor.

Ambas baterías son de tubo de aleta ya que se trata de intercambiadores aire-refrigerante debido a que el calor siempre se toma y se cede al aire (situado dentro y fuera del espacio acondicionado), de ahí el nombre de bomba de calor aire-aire

Sus características fundamentales son:

- El calor suministrado por el equipo en el ciclo de calor es de dos o tres veces superior al absorbido por el equipo para su funcionamiento.

- Las unidades tanto de calor como de frío para acondicionar un espacio determinado se consiguen mediante una sola fuente de energía (normalmente la eléctrica).
- La bomba de calor de este tipo cumple la doble función de temperar y enfriar. En consecuencia con un solo equipo se pueden conseguir las condiciones de confort durante todo el año.
- No se precisan chimeneas ni tomas de aire para que el equipo funcione. En consecuencia se reducen los costos de instalación.

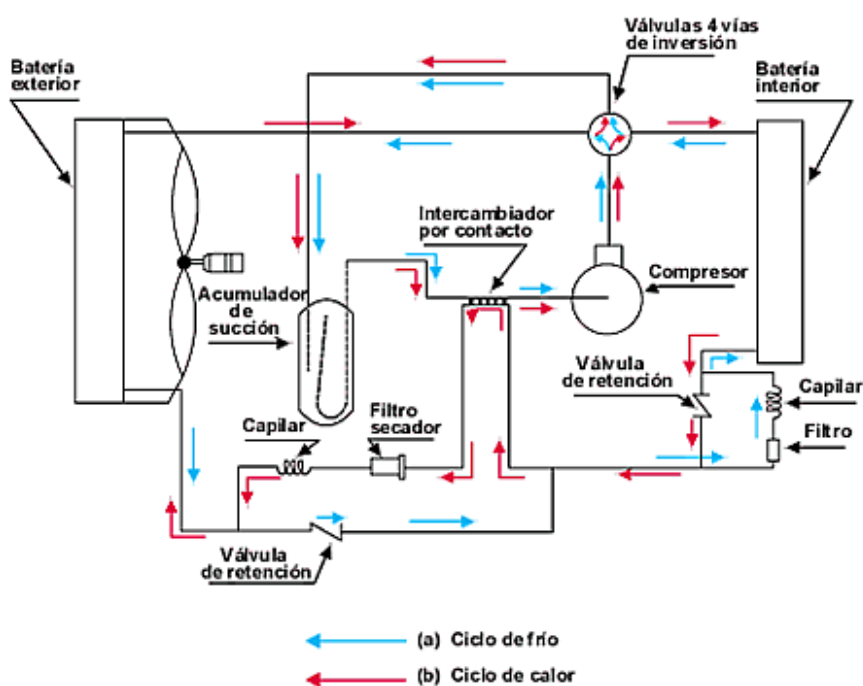


Figura N° 4.10: Esquema bomba de calor Aire-Aire.

#### 4.10.2. Bombas de calor Aire-Agua.

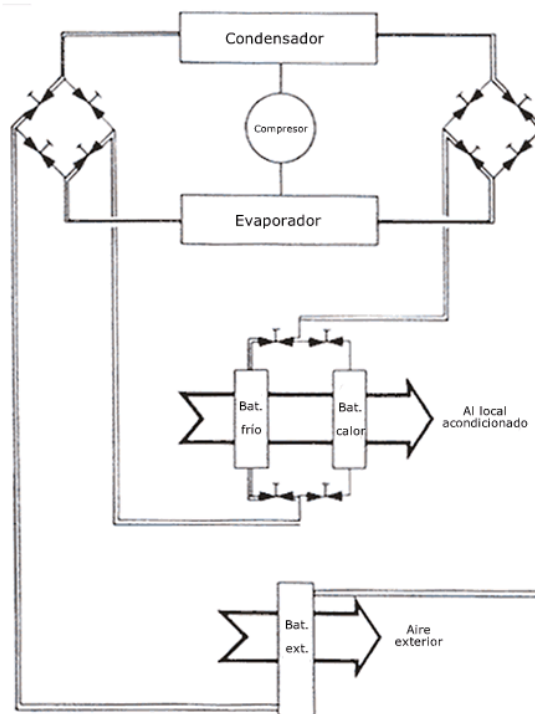
Esta bomba de calor extrae calor del aire exterior y lo transfiere a un cierto lugar a través de un circuito de agua a baja temperatura.

Es un sistema clásico de acondicionamiento de aire, que utiliza baterías frías y baterías calientes además de una "batería exterior" que se utiliza para eliminar o extraer el calor del

exterior. En invierno, el evaporador de la maquina frigorífica se conecta a la batería exterior y el condensador a la batería caliente. El calor se extrae de una mezcla de aire, exterior-aire de extracción que pasa por la batería y a través de la maquina eliminando sobre el aire que se introduce en el recinto por la batería caliente.

Este sistema se presta extremadamente bien a aplicaciones con máquinas centrífugas y a pistón. Cuando la temperatura exterior descienda por debajo de 4 [°C].el fluido que se hace circular a través de las baterías exteriores debe incorporar una solución anticongelante a fin de protegerlas. Asimismo debe instalarse un dispositivo de deshielo de la batería exterior.

Pueden efectuarse muchas variantes sin cambiar el principio básico de funcionamiento. También puede utilizarse una torre de agua para enfriar el agua de condensación en verano y concebirla. Además con baterías de aletas que puedan extraer el calor del aire exterior en invierno. Otra posibilidad es utilizar un enfriador de tipo evaporativo que funcione húmedo en verano y seco en invierno.



**Figura N° 4.11: Esquema bomba de calor Aire-Agua.**

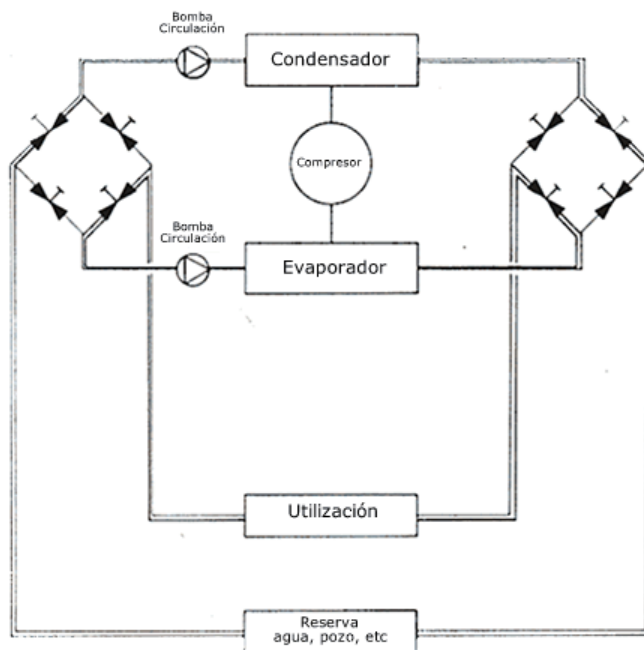


### 4.10.3. Bombas de calor Agua-Agua.

Utilizan como fuente de calor el agua superficial de ríos, lagos, etc. o agua subterránea. La temperatura de estas fuentes es prácticamente constante durante toda la estación de calefacción, lo que permite mantener un coeficiente de rendimiento (COP) constante y elevado durante toda la temporada. En este tipo, tanto la calefacción como la refrigeración se efectúan mediante la inversión de los circuitos de agua entre el evaporador y el condensador de una planta enfriadora de agua. Este sistema precisa de una reserva de agua que se utiliza en verano para la condensación y en invierno como fuente de calor.

Puede utilizarse con estos fines agua de un grifo, de pozos, lagos, etcétera. Las máquinas de refrigeración centrifugas o a pistón son ideales para este tipo de sistema.

El cambio de la producción de frío a la de calor se efectúa gracias a un simple sistema de válvulas.

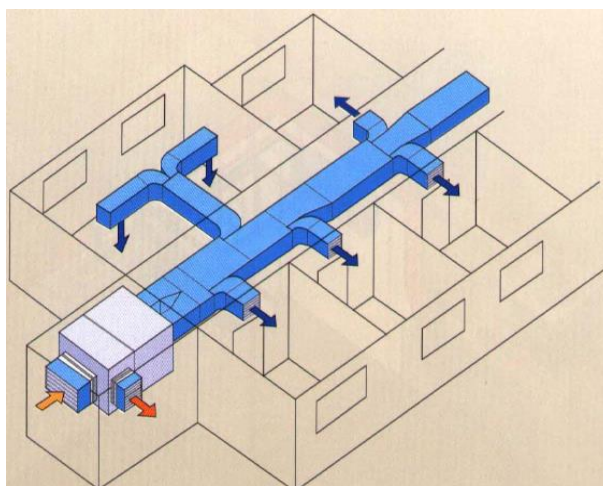


**Figura N° 4.12: Esquema bomba de calor Agua-Agua.**

#### 4.10.4. Bomba de calor Agua –Aire.

La bomba de calor agua-aire, utiliza como fuente de calor el agua superficial de ríos, lagos, etc. o agua subterránea. La temperatura de estas fuentes es prácticamente constante durante toda la estación de calefacción. Las bombas térmicas tienen un rendimiento, denominado *COP* (*coefficient of performance*, en castellano, *CEE* coeficiente de eficiencia energética) lo que permite mantener un (COP) constante y elevado durante toda la temporada.

La distribución de calor se realiza mediante una red de ductos, a todas las dependencias del lugar, de ésta forma se obtiene una mejor estética y un aprovechamiento de la altura de edificación, ya que éstos van ubicados por los cielos rasos, obteniendo un aire muy saludable, limpio, y filtrado, además de una climatización la que será entregada de forma más homogénea.



*Figura N° 4.13: Esquema simplificado de una red de conductos.*

#### 4.11. Ventajas de la bomba de calor respecto a otros sistemas.

- Utilización de un sólo equipo para cumplir los requerimientos a través de todo el año, ya que este sistema, da la posibilidad de poder invertir su funcionamiento, de modo de producir calefacción en invierno y refrigerar en verano.

- La implementación de éste sistema no requiere de un operario para su funcionamiento, sólo de una inspección preventiva, lo cual disminuye los gastos en el período de funcionamiento.
- Independencia de carácter energético.
- Por las condiciones climáticas del lugar se debería obtener, coeficientes de eficiencia energética de 4, trabajando en calefacción y de 3.5 en refrigeración.
- Utilización de tecnologías limpias y eficientes, en relación a tipos de calefacción convencional.
- La fuente de calor utilizada, mantiene un promedio de temperaturas estables.

#### 4.12. Rendimiento en una bomba de calor.

La cantidad de calor que se puede bombear depende de la diferencia de temperatura entre los focos frío y caliente. Cuanto mayor sea esta diferencia, menor será el rendimiento de la máquina.

Las bombas térmicas tienen un *COP*, mayor que la unidad. Aunque esto puede parecer imposible, se debe a que en realidad se está moviendo calor usando energía, en lugar de producir calor como en el caso de las resistencias eléctricas. Una parte muy importante de este calor se toma de la entalpía del aire atmosférico. En toda bomba de calor se verifica que el calor transmitido al foco caliente es la suma del calor extraído del foco frío más la potencia consumida por el compresor, que transmite al fluido.

$$Q_C = Q_F + W$$

Dado que el efecto útil de una bomba de calor depende de su uso, hay dos expresiones distintas del  $COP$ . Si la máquina se está usando para refrigerar un ambiente, el efecto útil es el calor extraído del foco frío:

$$COP = \frac{Q_F}{W}$$

Si la bomba de calor está usándose para calentar una zona, el efecto útil es el calor introducido:

$$COP = \frac{Q_C}{W} = \frac{Q_F + W}{W}$$

Una bomba de calor típica tiene un  $COP$  de entre dos y seis, dependiendo de la diferencia entre las temperaturas de ambos focos.

Siendo:

$COP$ : Es el coeficiente de rendimiento.

$Q_C$ : El calor intercambiado con el foco caliente, es decir, con el foco a temperatura elevada.

$Q_F$ : El calor intercambiado con el foco frío, es decir, con el foco a temperatura baja.

$W$ : Es el trabajo convertido en calor y su unidad de medida es el Joule.

## **CAPITULO 5: ENERGÍA SOLAR. [14] [18] [19]**

### **5.1. Introducción a la energía solar.**

El Sol es una estrella ubicada en el centro de nuestro Sistema Solar (formado por planetas incluyendo la Tierra, asteroides, meteoritos, cometas y polvo). Por si solo constituye

aproximadamente el 99.86 [%] de la masa de todo el sistema. La distancia media entre la Tierra y el Sol es de aproximadamente 149.600.000 [km], y su luz recorre esta distancia en 8 minutos y 19 [s].

La energía del Sol en forma de luz solar sustenta a casi todas las formas de vida existentes en nuestro planeta, a través del proceso de la fotosíntesis y determina el clima y sucesos meteorológicos de esta.

El Sol irradia grandes cantidades de energía en el espacio que lo rodea, sin embargo una pequeña parte de ella es recibida por la atmosfera de la Tierra. Se calcula que la cantidad de energía que entrega esta estrella es aproximadamente 15.000 veces la tasa de uso de energía fósil y nuclear utilizada actualmente por la humanidad, y un tercio de esta es reflejada por la atmosfera antes de alcanzar la superficie terrestre.

La energía solar es una de las energías renovables más seguras, limpias y abundantes que existe hoy en día, puede por lo tanto, suministrarnos la energía necesaria evitando problemas ambientales derivados de procesos convencionales del tratamiento de los recursos, como el petróleo, centrales nucleares, entre otras. Esta energía es obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol y la utilización de esta se produce cuando exista captación de la luz solar en la horas del día. Sin embargo, a pesar de aquello hay muchas formas de poder utilizar esta energía en horas de oscuridad, almacenándola por ejemplo en baterías, en el caso que se utilice tecnología de paneles fotovoltaicos, o como en el caso de la utilización de colectores solares, poder guardar el líquido calentado en acumuladores, los cuales por sus materiales aislantes podrán mantener la temperatura del agua por tiempos más prolongados, y gracias a ello poder utilizarla a futuro en caso de requerirla, aun en ausencia de luz solar. Esto hace que sea prácticamente un tipo de energía inagotable, por lo mismo en los últimos años se han diseñado diferentes tecnologías como las mencionadas anteriormente, cada vez más sofisticadas y más económicas, que pueden estar al alcance de más personas en la actualidad. Pero a pesar de los avances tecnológicos en este tema en los últimos años, el aprovechamiento que ha tenido ha sido muy insignificante, si lo comparamos con el consumo global energético requerido actualmente. Esto se debe a problemas como la gran dispersión de la Energía Solar sobre la superficie terrestre y lo variable que es en el tiempo la intensidad de radiación solar.

## 5.2. Radiación solar.

El Sol es una estrella que posee una temperatura muy elevada de aproximadamente 6000 [K] o 5700 [°C]. Este astro en su interior sufre una serie de reacciones de fusión nuclear, lo que provoca que sufra una pérdida de masa que es transformada en energía. Esta fuerza es liberada al exterior mediante la radiación solar.

La radiación solar es el flujo de energía que emite el Sol en forma de ondas electromagnéticas enviadas a cualquier lugar del espacio alrededor de esta estrella. Esta energía que es recibida por nuestro planeta durante un intervalo de tiempo, se mide en unidades de kilowatt-hora por metro cuadrado  $[\frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}]$ .

Entre estas ondas electromagnéticas se encuentran: las ondas infrarrojas, ultravioleta, rayos X, ondas de radio, microondas, etc. Estas ondas poseen diferentes frecuencias que el ojo humano no es capaz de percibir, a excepción de la luz visible que gracias a su longitud de onda, es la que toda persona puede detectar.

Para entender mejor como la energía radiante del sol interactúa con la atmosfera de nuestro planeta y su superficie, es necesario conocer las leyes básicas de radiación que a continuación se detallan:

1. Primero es necesario decir que todas las cosas y objetos son capaces de emitir energía radiante, sin importar su temperatura. Como son por ejemplo el Sol, nuestro planeta Tierra, la superficie terrestre, las personas.
2. Los objetos con mayor temperatura pueden emitir mayor energía radiante por unidad de área que los de temperatura menor. Por ejemplo el sol que tiene una temperatura media de 6000 [K] en su superficie, emite  $1.6 \times 10^5$  veces más energía que la Tierra con una temperatura media en su superficie de 290 [K].

3. Los cuerpos con mayor calor, pueden emitir un máximo de radiación en longitudes de onda  $\lambda$  más cortas que los cuerpos más fríos.
4. Los cuerpos que son buenos para absorber energía por radiación, también son buenos emisores de radiación.

La radiación solar que llega a nuestro planeta en su camino a la superficie se encuentra con la capa protectora llamada atmosfera. Al tope de la atmosfera llega un 100 [%] de radiación solar, de este porcentaje el 21 [%] es dispersado por la atmosfera como radiación difusa hacia la superficie, un 19 [%] es absorbido por las nubes y gases atmosféricos, un 34 [%] se pierde hacia el espacio. De este 34 [%] la atmosfera dispersa un 6 [%], las nubes reflejan un 24 [%] y el suelo refleja el otro 4 [%]. Por lo tanto de la radiación que llega a la atmosfera la cual es reflejada, dispersada o absorbida por sus componentes, solo un 26 [%] llega directamente a la superficie del suelo después de pasar por todo el filtro mencionado anteriormente, así como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla N° 5.1: Radiación recibida, absorbida y reflejada por la Tierra.**

<b>Radiación recibida por la Tierra.</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Radiación. absor. por la Tierra</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Energía solar reflejada</b>	<b>Porcentaje</b>
Directa a la Tierra	26%	Por la atmosfera.	16%	Radiación reflejada por los materiales terrestres indirectamente	10%
Indirecta a la Tierra	11%	Por las nubes.	2%	Radiación reflejada por las nubes directamente	24%
Difusa a la Tierra	14%	Por ozono y otros gases.	1%		
Perdida de radiación por reflexión	4%				
Total de radiación	47%		19%		34%

### 5.3. Factores que afectan la absorción solar.

El sol le proporciona una gran cantidad de energía en el año a la tierra, aproximadamente 5000 veces la energía requerida para el transporte, electricidad y calefacción. Sin embargo, no toda esta radiación llega directamente a la superficie de nuestro planeta, ya que en el camino hacia ella se encuentra con las nubes que impiden el paso de toda la luz solar. Pero también por otra parte, una fracción de la radiación que llega al suelo es reflejada de vuelta hacia la atmósfera o reflejada en su entorno, dependiendo del material que exista en la superficie de la Tierra.

A nivel de la Tierra la radiación solar presenta tres formas de irradiar energía: radiación directa, radiación difusa y radiación reflejada, las cuales se detallan a continuación:

**Radiación directa:** Es como su nombre lo indica, aquella que llega directamente del sol hacia la tierra, sin ningún obstáculo en medio.

**Radiación difusa:** La radiación difusa es aquella recibida en la tierra y que ha sido antes dispersada por los agentes de la atmósfera como vapor de agua, partículas de polvo, moléculas de aire, etc. Esta energía puede llegar aproximadamente hasta un 15 [%] de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados y en ciertos lugares geográficos en los que existe mayor impedimento para la llegada de radiación directa, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor, alcanzando incluso el 50 [%].

**Radiación Reflejada:** Es la radiación reflectada por el suelo o por los objetos cercanos. La cantidad de radiación en este caso, depende del coeficiente de reflexión de la superficie.

Por otro lado las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, ya que no ven superficie terrestre. Mientras que las superficies verticales son las que más reciben de este tipo de radiación.

**Radiación Global:** Es la radiación total, es decir, la suma de las tres radiaciones mencionadas anteriormente.



Radiación Global = Radiación directa + Radiación difusa + Radiación Reflejada.



*Figura N° 5.1: Tipos de radiación solar.*

#### 5.4. Formas de absorber la energía solar.

La energía solar puede ser empleada de diferentes formas, tanto como para producir calor para la generación eléctrica indirecta así como también el uso sanitario. Sin embargo tiene el problema que solo se puede recibir durante las horas de luz solar, esto provoca que se requiera de otras fuentes de energía o sistemas de almacenamiento, combinándolas con el fin de poder utilizar esta energía en horas de oscuridad o falta de luz solar, para los fines que se requiera a futuro.

La energía que llega a la superficie de nuestro planeta se le denomina irradiancia, esta depende de factores como: la inclinación de los rayos de sol, hora del día y cantidad de nubes en el cielo. En el caso de sistemas de colectores solares capaces de capturar esta energía para luego traspasarla al agua a temperar, se deberá tener en cuenta los factores mencionados en las líneas anteriores, con el fin de poder posicionar al colector en la mejor ubicación para absorber la mayor cantidad de radiación solar.

Teniendo en cuenta lo mencionado antes, a continuación explicaremos las principales y diferentes formas de absorber la energía solar que existen actualmente, entre ellas se encuentran:

- Energía Solar Fotovoltaica.
- Energía Solar Térmica.
- Concentración Solar de Potencia.

Las cuales aprovechan esta absorción con el fin de transformarla principalmente en electricidad o generar calor para sus diferentes usos como a continuación se describe:

#### **5.4.1. Energía solar fotovoltaica.**

La energía solar fotovoltaica es aquella que puede generar energía eléctrica obtenida gracias a la absorción de radiación solar mediante un dispositivo semiconductor llamado célula fotovoltaica. La cual es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico, que consiste en la emisión de electrones por un material cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética. Este dispositivo está compuesto generalmente por placas de silicio, las cuales absorben fotones de luz y emiten electrones. Cuando estos electrones libres son capturados se genera una corriente eléctrica que puede ser utilizada para lo que se requiera.

Este conjunto se le conoce como panel fotovoltaico. Los cuales están constituidos en una red de células solares conectadas como un circuito en serie, con el objetivo de aumentar la tensión de salida hasta el valor que se desee obtener (usualmente se utilizan 12 [V] o 24 [V]). A su vez se conectan varias redes como circuito paralelo, para elevar la corriente eléctrica que entrega este dispositivo.

En la salida de estas celdas se obtiene corriente continua (C.C), y si es necesario utilizar corriente alterna (A.C) para el funcionamiento de aparatos domésticos por ejemplo, será entonces indispensable añadir un inversor y/o un convertidor de potencia en caso de querer aumentar la tensión.

Esta tecnología tiene la gran ventaja de poder transformar directamente la energía proveniente del sol en energía eléctrica, como casi ningún otro aparato existente, sin embargo su

eficiencia es baja y los costos de fabricación son elevados en comparación a otras formas tradicionales de generación eléctrica.

Para ser más específicos, la eficiencia de conversión media obtenida por las células disponibles en el mercado está alrededor del 14 [%], pero según la tecnología utilizada esta puede variar. En el caso por ejemplo de las células de silicio amorfo, alcanzan un 6 [%] de eficiencia, y en el caso de las células de silicio cristalino que varían entre el 14 [%] hasta el 22 [%] de eficiencia.

Este método a pesar de su eficiencia es muy buena solución para lugares en donde no exista acceso a electricidad, lugares rurales o situados en lugares muy lejanos a la ciudad, y que cuentan con climas muy aptos para este tipo de tecnología. La electricidad generada por este sistema se podrá utilizar directamente en el momento de captación de radiación solar o puede ser almacenada en baterías y así utilizar electricidad durante la noche o días más nublados, ayudando de esta forma de gran manera a estos sectores



*Figura N° 5.2: Paneles Fotovoltaicos.*

#### **5.4.2. Energía solar térmica.**

La energía solar térmica básicamente es aquella que puede producir calor mediante la absorción de la energía solar, a través de colectores o paneles solares térmicos. Este podrá ser utilizado por ejemplo en el cocimiento de alimentos, calentamiento de aire, calentamiento del agua

para uso doméstico o para la producción de energía mecánica, y a partir de ella, producir energía eléctrica.

El principio de funcionamiento de este sistema se basa en lo siguiente: primero es la captación de la radiación solar mediante colectores o paneles solares, luego a través de este panel solar (mediante unos tubos) se hace circular agua o cualquier otro fluido similar, de esta forma una parte del calor absorbido por el panel es transferido al líquido para el consumo inmediato o almacenado en un depósito hecho de materiales aislantes, con el fin de mantener la temperatura del agua por más tiempo para la utilización de esta cuando se estime conveniente.



**Figura N° 5.3: Sistema solar térmico en uso domiciliario.**

1. Colector.
2. Depósito de almacenamiento.
3. Caldera.
4. Estación solar.
5. Consumo del agua (ducha).

#### **5.4.3. Concentración solar de potencia.**

Este tipo de método concentra la radiación en un punto o línea. Con el objetivo de poder calentar el agua o líquido, logrando que alcance temperaturas muy elevadas y con ello generar electricidad mediante una turbina de vapor.

Las Centrales Solares Termoeléctricas, comúnmente conocidas como Concentrated Solar Power (CSP) generan energía eléctrica utilizando este método. Tienen espejos que concentran la energía solar y lo transmiten al agua, la que genera vapor que mueve una turbina generando así electricidad.

Hoy en día, las tecnologías de generación eléctrica mediante CSP se pueden clasificar en cuatro categorías principales, esto según en como enfocan los rayos del sol y según la tecnología que poseen para recibir la energía solar:

1. Reflectores Lineales de Fresnel (FLR).
2. Colectores Cilíndricos Parabólicos (CCP).
3. Torres Centrales (CRS).
4. Discos parabólicos (DC).

A continuación se muestra la imagen de la Torre Central con mayor potencia en el mundo, situada en Sanlúcar la Mayor (Sevilla). La cual posee una potencia instalada de 20 [MW], suficiente para alimentar a 10.000 hogares.



*Figura N° 5.4: Torre Central en Sevilla (la mayor del mundo).*

En la siguiente tabla a continuación se describe de forma precisa y resumida de las características más relevantes de estas tecnologías, como lo son: tipo de focos y movilidad de sus receptores.

**Tabla N° 5.2: Características de Centrales Solares Termoeléctricas (CSP).**

<b>Tipo de Receptor</b>	<b>Foco Lineal.</b>	<b>Foco Puntual.</b>
	Colectores siguen el sol en un eje. Concentran sobre un receptor lineal.	Colector siguen al sol en dos ejes. Concentran sobre un receptor puntual.
<b>Receptor Fijo.</b> Receptor queda fijo, mientras concentradores siguen el sol.	<b>Reflectores Lineales de Fresnel</b>	<b>Torres Centrales.</b>
<b>Receptor Móvil.</b> Receptor se mueve solidariamente con concentrador	<b>Cilindro Parabólicos.</b>	<b>Discos Parabólicos</b>

El rango de potencia en este tipo de tecnologías que se puede generar va desde los 10 [KW] de potencia hasta proyectos sobre los 200 [MW], permitiendo abastecer diversas demandas e incluso conectarse a la red local de distribución.

En nuestro país la mayor cantidad de radiación incidente se genera principalmente en el desierto. El norte de Chile presenta una serie de condiciones que son favorables para la introducción de tecnologías de concentración solar termoeléctrica (CPS), como lo son por ejemplo la gran cantidad de centros de consumo energético, tanto eléctrico como térmico, producto de la actividad industrial del sector y debido además a que posee las mayores intensidades de radiación solar del mundo.

## **CAPITULO 6: COLECTORES SOLARES. [17] [20] [21]**

La energía solar que llega a la superficie de nuestro planeta la podremos utilizar mediante un dispositivo llamado colector solar, este posee una estructura diseñada para absorber la energía proveniente del sol y luego transmitirla a un fluido, para su posterior aprovechamiento.

El funcionamiento es el siguiente:

Primero existe una captación de la energía radiante mediante los colectores, para transformarla directamente en energía térmica. Con ello se produce un aumento de la temperatura del fluido de trabajo.

El almacenamiento de dicha energía térmica puede estar en el mismo fluido de trabajo de los colectores o bien transferida directamente al agua de consumo para su posterior utilización.

Existen dos tipos de colectores solares, según el uso que se le quiera dar.

### **6.1. Colectores solares sin concentración.**

Estos colectores reciben directamente los rayos del sol sin ningún elemento auxiliar. Aunque tienen un bajo rendimiento, tienen la ventaja en su simplicidad, la sencillez de construcción y menor mantenimiento en comparación al colector solar con concentración. Esto último debido a que la posibilidad de presentar fallas técnicas también es menor.

Estos tipos de colectores no superan la temperatura de ebullición del agua, por lo que son utilizados en aplicaciones donde la energía solar térmica es a baja temperatura. Se caracterizan por no poseer métodos de concentración, por tanto la relación de la superficie del colector y la superficie de absorción es prácticamente la unidad.

Los Colectores Solares sin concentración son utilizados en aplicaciones térmicas, como es la producción de agua caliente sanitaria, para uso domiciliario o industrial.

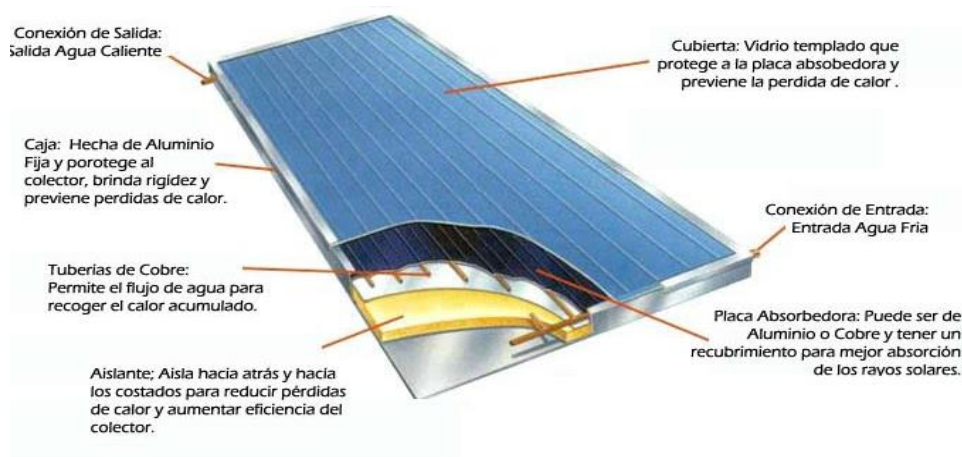
### **6.1.1. Colector plano convencional (placa plana).**

Este es un tipo colector que puede encontrarse de manera muy habitual, esto se debe a su fabricación sencilla y por su gran durabilidad (no posee partes móviles). Está construido a base de cuatro elementos: un circuito de conducción del agua, la placa de absorción, una cubierta y por último la caja de protección. El circuito de conducción del agua es una especie de serpentín de tubos metálicos, por donde circula el agua a temperar. Estos tubos están contruidos de cobre o aluminio que son materiales capaces de mantener la temperatura y están pintados de color negro para que no reflejen el calor, pudiendo absorber de mejor manera el calor. El diámetro de los tubos es pequeño, debido a que es necesario que el agua se mueva de forma lenta, ocupando el tiempo necesario para su calefacción en todo el recorrido. Este conjunto de cañerías está montado sobre una placa de absorción, la que también capta el calor. Además posee una cubierta transparente y una caja de protección, que no solo resguardan la fachada de todo el conjunto, sino que también sirven de aislante térmico, impidiendo que se pierda a través de sus paredes la energía térmica absorbida.

El panel solar juega un papel fundamental en este método. Está diseñado por materiales que pueden captar de manera eficiente el calor absorbido y luego poder transferirlo a las cañerías que a su vez alimentaran generalmente a sistemas de radiadores de calefacción, los cuales tienen una superficie metálica diseñada para emitir el máximo de potencia calorífica, a través de sus elementos o alimentar otros servicios de agua caliente.

En el comienzo cuando el colector entra en funcionamiento y llega agua fría por primera vez, el sistema absorbe gran cantidad de energía, debido a que requiere temperar el líquido al interior de los tubos y además calentar todos los componentes de la estructura. Una vez llegado al punto denominado de equilibrio dinámico, es la misma placa la que emite calor y del cual solo el 10 [%] se perderá por radiación a través de la cubierta de vidrio. Es ahí cuando se mantiene un proceso parecido al efecto invernadero en el interior de la caja colectora,

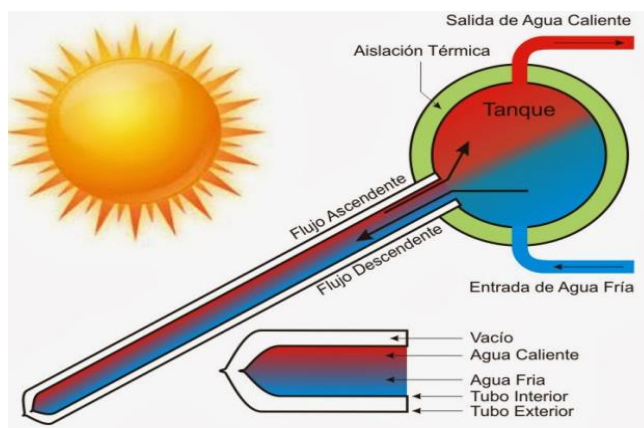




**Figura N° 6.1: Colector convencional de placa plana.**

### 6.1.2. Colector plano de vacío.

Este tipo de colector es muy parecido al Colector Plano Convencional, sin embargo está construido por materiales que pueden obtener grandes rendimientos y que poseen características especiales, como por ejemplo superficies selectivas, es decir, componentes capaces de absorber frecuencias como los infrarrojos y que apenas las emiten a la atmosfera, lo que permite una absorción del orden del 95 [%]. Posee un sistema el cual consiste en mantener la caja al vacío, lo que provoca que las pérdidas de convección sean minimizadas al máximo. Esto a su vez incide en el rendimiento del colector, el cual aumenta considerablemente, alcanzando temperaturas de hasta 120 [°C]. Su principal aplicación es la aplicación de agua caliente sanitaria y climatización de piscinas.



**Figura N° 6.2: Colector plano de vacío**

### 6.1.3. Colector de aire.

Son colectores de tipo plano, cuya principal característica es utilizar el aire como gas portador, que se encargara de transferir el calor del sol absorbido por el captador y dirigirlo hacia el aire del interior de la casa u habitación.

Estos tipos de colectores poseen una estructura muy sencilla y básica. Debido a la poca cantidad de elementos que tiene, estos componentes son:

- Un colector de calor.
- Un ventilador que puede ser opcional, el cual simplifica la transferencia de calor del aire al interior de la vivienda y que puede estar alimentado gracias a paneles solares de menor tamaño.
- Una caja de material aislante térmico con doble vidrio, con el fin de poder conseguir un efecto invernadero sobre el captador. Con una entrada de aire frio en la parte inferior y una salida de aire caliente en la parte superior.



*Figura N° 6.3: Colector de aire.*

El principio de funcionamiento es muy simple. La radiación entregada por el sol es absorbida por el colector de calor, este se encargara de calentar el aire que circula en su entorno impulsado gracias a la ayuda del ventilador. Por la entrada inferior de la caja entra el aire frio de la habitación, este se calienta por contacto con el captador de calor, y luego sale por la parte superior con una temperatura más elevada de regreso hacia la habitación.

## **6.2. Colectores solares con concentración.**

En este sistema con concentración, como su nombre lo indica es aquel que concentra la radiación solar sobre la zona que se desea calentar, que puede ser un solo punto o una sola línea. Esto se realiza mediante espejos o lentes apoyados en materiales selectivos, que templan el líquido que circula por el interior del tubo en el que incide la radiación reunida, lo que permite en comparación a los colectores sin concentración un mejor rendimiento (Se pueden encontrar dos modelos en este sistema, los de uno y los de dos ejes).

### **6.2.1. Con concentración de un eje.**

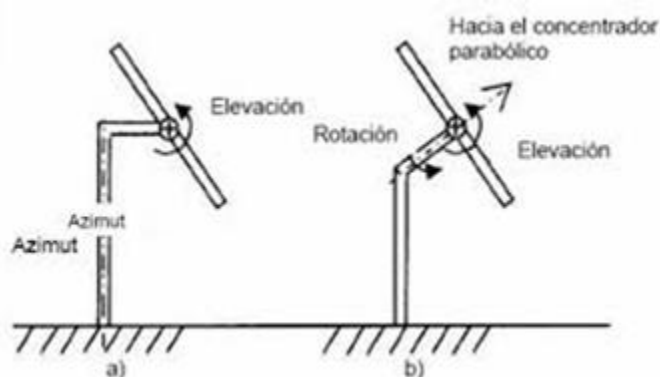
El sistema de concentración de un eje, está construido por un tubo hecho de un material muy selectivo (generalmente óxido de cobre sobre níquel) por el que circula el líquido a calentar. Este tubo se encuentra ubicado delante de una superficie parabólica reflectante, que posee espejos contruidos con vidrios, bajos en contenido de hierro o con metales esmerilados de gran pureza, para proporcionar el máximo de rendimiento. Esta ubicación provoca que la energía reflejada por el elemento parabólico incida sobre la cañería y cuya concentración es cincuenta veces superior a otro sistema similar sin lentes, permitiendo superar temperaturas sobre los 100 [° C] y alcanzar temperaturas cercanas a los 350 [°C].

Existe un inconveniente con este sistema, como se sabe el sol se mueve realmente en dos ejes, uno Este-Oeste y otro Norte-Sur. El eje Este-Oeste es diario y puede ser seguido con el colector de un único eje. Sin embargo, mientras nos alejamos de la línea del Ecuador y según la estación de año, desde nuestro punto de observación el sol acusa más el movimiento sobre el eje Norte-Sur.

### **6.2.2. Con concentración de dos ejes.**

Este sistema realiza un seguimiento del sol en ambos ejes, mediante dos motores. El principio de funcionamiento es muy parecido al anterior, solo que ahora serán dos motores los cuales podrán mover el colector, uno para controlar el ángulo de azimut y el otro el de elevación,

en donde si la iluminación decae el ordenador activara ambos motores de posición que reorientaran la parabólica hacia el mayor punto de radiación solar. Esto lo hace ser más avanzado que el colector de un solo eje, debido a que aprovechara de mejor manera la radiación solar.



**Figura N° 6.4: Colector Solar de dos Ejes.**

En general no se utilizan mucho estos tipos de colectores, debido a que presentan complejidades mecánicas que no compensan el rendimiento obtenido.

Los sistemas de colectores solares con concentración están facultados únicamente para aplicaciones de calefacción y además para poder generar energía eléctrica mediante el movimiento de pequeñas turbinas. Sin embargo, no posee la suficiente potencia como para producir la energía mecánica capaz de mover grandes turbinas y así producir potencia eléctrica de importancia; para este caso se encuentran otros métodos más complejos de concentración como lo son los Hornos Solares de Torre Central, que están contruidos por cientos de paneles solares llamados heliostatos, los cuales están ubicados en un área muy grande. Estos paneles siguen la posición del sol mediante un sistema computarizado y reflejan la luz solar hacia un estanque con agua ubicado en la cima de una torre de entre 60 y 100 [m]. Este sistema logra alcanzar temperaturas del orden de los 2000 [°C], con ello se obtiene energía calorífica aplicable a la transformación de energía mecánica con el fin de mover unas turbinas por medio de vapor de agua y así generar potencias del orden de los Mega-voltios, que lo hacen ser los más apropiados para aplicaciones industriales.

### 6.3. Ángulo de inclinación y de azimut de un colector solar.

#### 6.3.1. Ángulo de inclinación.

Específicamente el ángulo de inclinación es aquel ángulo que existe entre la placa colectora y la horizontal en el terreno en que se encuentre este.

La posición del sol durante el día en el amanecer, mediodía y atardecer en las diferentes estaciones del año, y en los distintos lugares del planeta afectara sin duda el aprovechamiento de la radiación solar absorbida por las placas solares o los distintos sistemas de captación.

Para obtener la mayor radiación solar y que esta incida en el colector, será necesario orientar al panel en una posición que logre captar los rayos solares y que estos incidan de forma perpendicular sobre los captadores, especialmente a las horas de mayor intensidad de radiación, es decir, al mediodía, por lo tanto será necesario modificar el ángulo de inclinación con el fin de poder obtener el máximo de rendimiento.

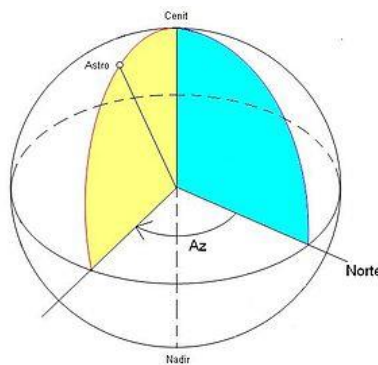
La siguiente figura muestra la incidencia en el ángulo de inclinación que afecta al colector solar, según la época en que estaría posicionado el sol.



*Figura N° 6.5: Inclinación de un panel solar.*

### 6.3.2. Ángulo de acimut.

El ángulo acimut es el medido sobre el horizonte, formado en la dirección de referencia Norte. Gira en el sentido de las manecillas del reloj y posee valores entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$  como a continuación se demuestra en la siguiente figura:



**Figura 6.6: Angulo de acimut.**

## CAPÍTULO 7: PISCINA. [22] [23] [24]

### 7.1. Sistema hidráulico de bombeo y filtraje de una piscina.

#### 7.1.1. Proceso de bombeo.

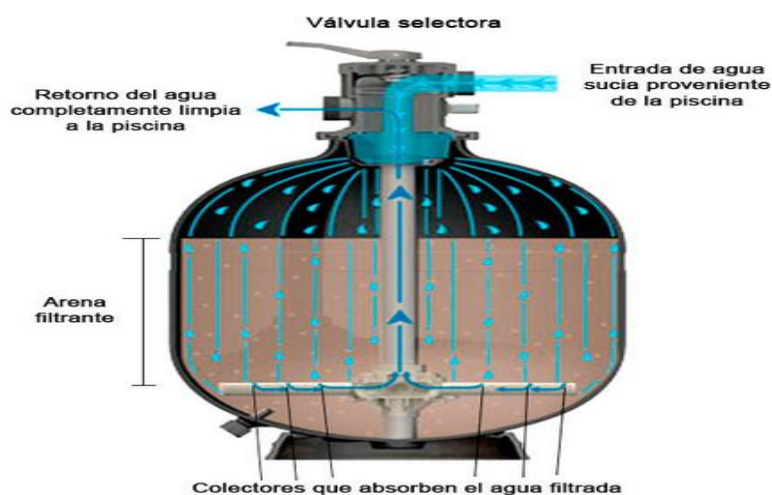
Este proceso es el encargado de llevar toda el agua de la piscina hacia el filtro. Para ello se necesita de una bomba eléctrica encargada de realizar todo el proceso de filtración, enjuague y desagote de la piscina. Para la selección del filtro y de la bomba se deberá tener en cuenta las dimensiones de la piscina y el caudal de esta, es decir, el tamaño del estanque y la bomba serán directamente proporcional al volumen de la piscina. Esto es así con el fin de que la bomba no trabaje de forma forzada y de que su consumo eléctrico no sea excesivo, porque de lo contrario podría arruinar su vida útil, además del gasto económico. Si estas dos condiciones dichas anteriormente no se cumpliesen significaría entonces un gasto de dinero excesivo para el usuario.

El tiempo máximo para re-circular el volumen total de la piscina está previsto para que sea no mayor a diez horas, realizando todos los procesos nombrados anteriormente.

### 7.1.2. Proceso de filtración.

A pesar de que existen diferentes tipos de filtros, todas funcionan de la misma manera: el agua es succionada por el skimmer o sumidero gracias a la potencia entregada por la bomba, luego esta es llevada a un estanque a través de unas tuberías, en donde existe un material especial de filtrado que normalmente son de arena llamados lechos filtrantes. En esta parte el agua es empujada a través de espacios más pequeños, eliminando las partículas, ya que estas quedan retenidas debido a que los lechos son porosos. Después el agua filtrada regresa a la piscina a través de otras tuberías mediante los chorros de llenado.

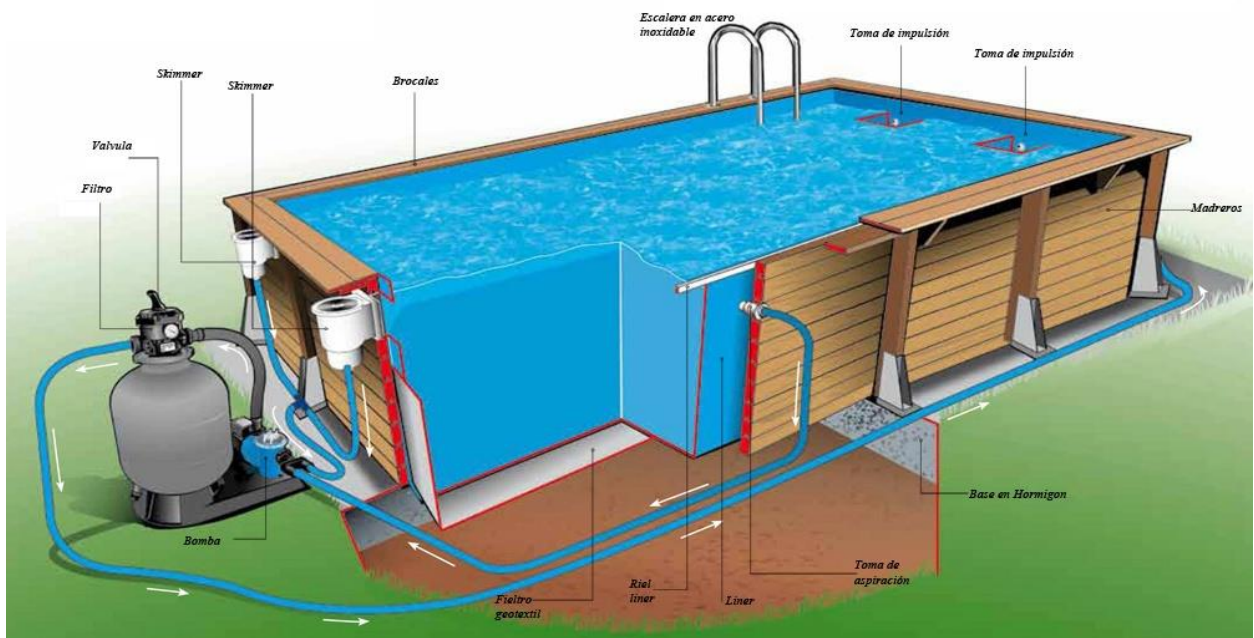
Se debe tener en muy cuenta para este proceso la limpieza de los filtros, ya que con el pasar del tiempo se va juntando material poroso, lo que podría hacer que pase menos agua y aumente la presión al pasar por el colador. Una forma de llevar a cabo este proceso de limpieza de filtro es realizar un lavado a contracorriente, el cual consigue invertir el sentido de circulación en el agua del filtro y así expulsar al desagüe las materias filtradas.



*Figura N° 7.1: Proceso de filtración en un estanque.*

## 7.2. Componentes de un sistema hidráulico de bombeo y filtrado de una piscina.

La imagen a continuación muestra la representación gráfica de todas las partes que, debería tener normalmente una piscina para un buen sistema de bombeo y filtrado, donde además se puede ver fácilmente la trayectoria que debe seguir el agua para el proceso de filtración y luego el regreso que hace hacia la piscina.



*Figura N° 7.2: Componentes de un sistema hidráulico y de bombeo en una piscina.*

### 7.2.1 Funcionamiento de cada componente.

**Filtro:** También llamado depuradora, es el encargado de realizar una tarea crucial para mantener el agua apta para el baño. Elimina todas las impurezas, las que a veces solo nos damos cuenta que existen cuando ya la piscina ha perdido todo su aspecto saludable.



Existen tres tipos de filtros:

1. **Filtros de arena:** Estos filtros sin duda son los más usados y más conocidos en comparación a los demás (La arena es un material utilizado para realizar la filtración de agua).
2. **Filtros de diatomeas:** Las diatomeas son seres microscópicos fosilizados que se ocupan como elementos filtrantes. Trabajan como micro-esponjas dejando pasar el agua, pero conteniendo suciedad tan pequeña que es difícil de ver para una persona.
3. **Filtros de cartucho:** Estos basan la limpieza en cartuchos sustituibles. Dentro de este filtro hay varios filtros de papel que parecen tubos. El agua de la piscina fluye desde el exterior de estos tubos, a través de los vertederos microscópicos retornando el agua limpia a la piscina. Estos cartuchos pueden durar hasta un año y se deben limpiar cada semana. Tienen una gran ventaja en la facilidad de la limpieza y en su instalación.

**Bomba:** La bomba es el corazón de la instalación, este elemento es el encargado de transformar la energía eléctrica en energía cinética que empuja el agua con una presión suficiente como para que esta haga el recorrido hacia el filtro y luego regrese a la piscina correctamente, filtrada y desinfectada.

La selección de la bomba dependerá de las necesidades de recirculación, características del circuito hidráulico y el tamaño de la piscina. Esta elección afecta de forma directa el dimensionado del filtro y el resto de los componentes hidráulicos que la conforman.

**Skimmer:** Este es un elemento de la piscina por el cual es tomada el agua de la superficie, creando un efecto de barrido que contribuye a la limpieza del agua. Es como una boca de succión, la cual está instalada en las paredes de la piscina en un nivel cercano a la superficie de la misma, la que ayuda a llevar el agua hacia el filtro.

**Toma de impulsión:** Es un conjunto de tuberías que se ramifican en el fondo o como aparece en la imagen también en sus muros. La función principal de este elemento es reenviar el agua ya filtrada y desinfectada hacia la piscina nuevamente. También pueden servir para conducir el agua de llenado de la piscina procedente de la red de agua local. Generalmente se conecta en la parte opuesta respecto al skimmer, con el fin de facilitar el proceso de filtrado del agua.

**Sumidero:** Es un canal que recoge el agua para su filtrado en el fondo de la piscina, también permite el vaciado de la piscina directamente al desagüe.

**Toma de aspiración:** Conecta la toma del limpia fondos con el circuito de filtrado de la piscina.

**Válvula selectora:** La válvula es una llave de paso que cumple la función de bypass. Permite realizar diferentes tipos de funciones como la purificación del agua, limpieza y mantenimiento del tanque. En el caso por ejemplo de los filtros de arena, estas cuentan con válvulas selectoras de hasta seis vías, las cuales permite al operador elegir el proceso que desee en el momento necesario. Esta válvula selectora se combina con las llaves de cada una de las tomas de agua de la piscina para realizar cada uno de los procesos.

La imagen a continuación muestra una válvula de seis vías, con los respectivos procesos:



*Figura N° 7.3: Válvula selectora de 6 vías.*

## Procesos:

1. **Desagüe:** El desagüe regula el nivel de la piscina, es decir, poder aumentar o disminuir el volumen de agua. Por ello es posible vaciar o llenar completamente la piscina para fines que se estime conveniente.
2. **Filtración:** Consiste en el tiempo necesario para poder realizar el filtrado completo de toda la piscina (4 horas aproximadamente). Hace circular toda el agua para deshacerse de la suciedad.
3. **Enjuague:** Después de la función de “Lavado” el desagüe permite limpiar y nivelar la arena dentro del estanque para volver a funcionar y mantener la presión de filtrado correctamente.
4. **Recirculación:** Consiste en circular el agua de la piscina, sin la obligación de filtrar. Se utiliza por ejemplo cuando se debe emplear tratamientos de desinfección del agua.
5. **Lavado:** Consiste en invertir la trayectoria del agua dentro del estanque, para así poder limpiar el filtro de arena, cuando se hayan acumulado demasiados residuos en su interior.
6. **Cerrado:** Cuando la válvula vista anteriormente se selecciona (en esta función no existe ninguna circulación de agua) es primordial que la bomba no esté en funcionamiento.

### 7.3. Métodos de temperado de piscinas.

Para que las personas puedan bañarse en una piscina y disfrutar en distintas épocas del año, sin importar la temperatura ambiente, ya sea bajo techo o al aire libre, pudiendo así refrescarse o relajarse.

Existen tres tipos de métodos que son los más utilizados para temperar una piscina: Calefacción Solar, Calefacción a Gas y Calefacción mediante Bomba de Calor.

El mejor sistema para una piscina está determinado por diferentes factores incluyendo las necesidades, el presupuesto que se requiere, ubicación y características de la piscina.

Cada piscina y vivienda son únicas, es decir, tienen diferentes tamaños, ubicaciones y especificaciones técnicas. Por lo tanto el tamaño del calentador se deberá basar en diversos factores como por ejemplo: dimensión y forma de la piscina, ubicación geográfica, partes sombrías de la piscina provenientes de árboles o techos existentes, malla alrededor, temporada de nado, condiciones de vientos, temperatura deseada en el agua y en el caso de un sistema solar el sentido y orientación del tejado.

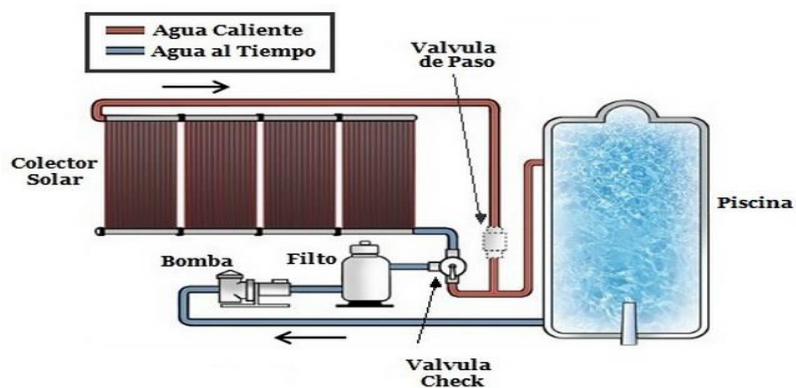
La dimensión del calentador determinará la temperatura que podrá alcanzar el agua y el periodo de tiempo que necesitara para llegar a los grados requeridos. Por lo tanto es muy importante el tamaño apropiado del calentador para obtener el mayor rendimiento y no gastar dinero inútilmente.

### **7.3.1. Calefacción solar.**

Los calentadores solares son los más recomendados para piscinas cuyo uso sea el recreacional, en donde las temperaturas oscilan desde las más mínimas hasta unos 27 [°C] aprox.

Este método para temperar la piscina es eficiente en su capacidad para aumentar los grados del agua. Sin embargo, como se menciona anteriormente puede variar según el clima y la cantidad de exposición al sol que tenga. Es posible disminuir en parte este problema usando una cubierta de piscina (durante la noche y en días fríos) pues el 70 % del calor se va a través de la evaporación.

El modo de operación de este método necesita principalmente que la bomba haga circular el agua del estanque a través del panel solar, que generalmente está ubicado en el techo del lugar. Una vez calentada toda el agua de la piscina, el colector solar solo repone la perdida térmica diaria.



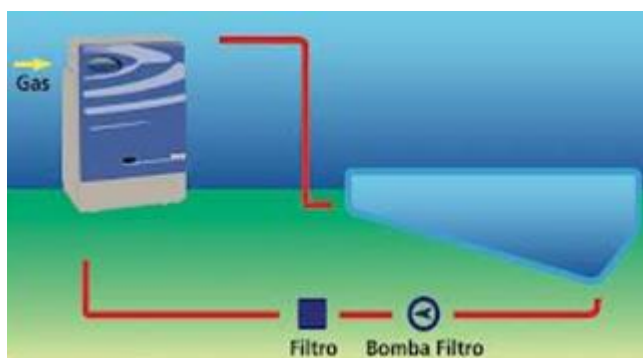
*Figura N° 7.4: Esquema de calefacción solar.*

### 7.3.2. Calefacción a gas.

Los sistemas de calefacción a gas proveen una fuente de calor utilizable durante todo el año, sin tener en cuenta las condiciones climáticas. El agua de la piscina se calienta a medida que circula a través de la unidad de intercambio de calor del sistema de gas.

El calentador de gas propano requiere tanque y cuarto de almacenamiento o requiere conexión a la red de gas natural si está disponible. Este proceso calienta el agua de la piscina rápidamente, aun cuando su uso sea ocasional y mantiene la temperatura del agua a una temperatura agradable.

Su nivel de rendimiento se encuentra entre el 60 [%] al 80 [%]. Esta productividad puede disminuir avanzadamente durante un periodo de tiempo limitado en la cantidad de combustión o por intercambio de calor



*Figura N° 7.5: Esquema de calefacción a Gas.*

### **7.3.3. Equipos eléctricos.**

- Operan con el mismo principio que los calentadores a combustión, salvo que en este caso el calor proviene no de la combustión sino de la electricidad, generalmente a través de una resistencia eléctrica.
- Estos equipos son más eficientes que aquellos a combustión, sin embargo el valor del combustible versus electricidad es un factor a considerar entre ambos sistemas. La eficiencia de estos equipos en general es superior al 90 [%].

### **7.3.4. Bombas de calor.**

El mismo diseño básico de bomba de calor utilizado en refrigeradores y aires acondicionados también puede proveer una fuente de calefacción para piscinas. Cuando esto sucede, la bomba de calor mueve el calor desde el aire exterior hacia el agua de la piscina. El sistema consiste de un líquido refrigerante, un compresor, y una unidad de intercambio de calor, que provoca que el líquido refrigerante lleve el calor desde el aire exterior hacia la unidad de intercambio de calor y luego al agua de la piscina. El compresor empuja el calor dentro del líquido refrigerante, luego la unidad de intercambio de calor extrae el calor del líquido y lo lleva al agua.

Los sistemas de bomba de calor pueden proveer un método eficiente de energía para temperar una piscina, aunque las temperaturas exteriores deben mantenerse sobre los 7 [°C] de manera que haya suficiente calor disponible en el sistema.

## **CAPITULO 8: ACTUALES INSTALACIONES DE LA GRANJA EDUCATIVA.**

El lugar en donde se realizara el seminario de titulación se encuentra ubicado específicamente en el final de la comuna de Chiguayante y comienzo del camino hacia la comuna de Hualqui. Este espacio es un complejo dependiente de la Dirección de Educación Municipal (DAEM), conocida como la “Granja Educativa“.

Esta zona posee una infraestructura adecuada para que la comunidad pueda ir a realizar diferentes actividades formativas y recreativas al aire libre. Además La Granja Educativa posee un muro para escalar, un espacio para realizar bailes y zumba a la intemperie, un par de sectores en donde se encuentran diferentes animales (ovejas, conejos, cabras, gallinas, etc.), una vivienda que posee todo lo necesario para recibir visitas y además posee dos piscinas, una para adultos y otra más pequeña para los niños, que suman entre las dos un volumen de agua de 350 [m<sup>3</sup>]. Esta piscina está disponible desde comienzos de diciembre hasta fines de febrero, es decir, principalmente en los meses de verano para que la comunidad vaya a bañarse y refrescarse de forma gratuita.

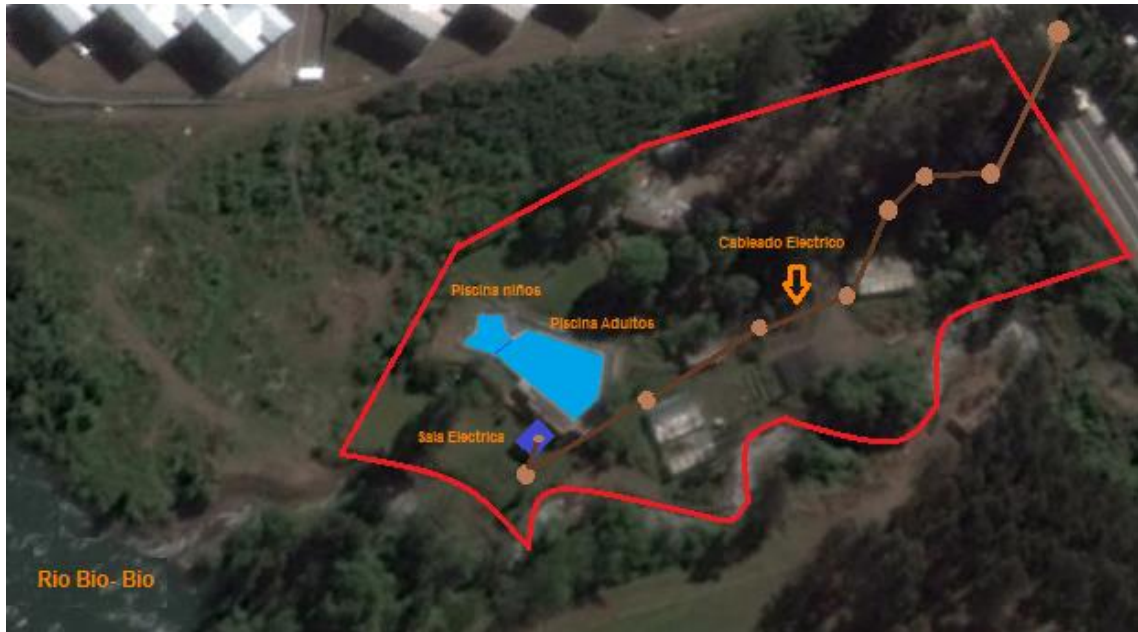
En la actualidad esta piscina posee un sistema de bombeo y filtraje que logra la limpieza del agua, con el fin de que las personas se bañen en un lugar limpio y sano.

También cabe destacar que las presentes instalaciones referentes al proyecto, en donde se encuentran: la sala de control ocupada por el estanque con el filtro, la bomba hidráulica y el tablero eléctrico, más el cableado que llega a la sala mencionada anteriormente, no cumplen con la seguridad y orden requerido.

### **8.1. Ubicación.**

La Granja Educativa está ubicada aproximadamente a 17 [km] hacia el sur de la ciudad de Concepción, en la comuna de Chiguayante. Emplazado más específicamente en el sector de la Leonera, al final de la zona residencial de la comuna. En su parte frontal se localiza la ruta que va hacia la comuna de Hualqui y a los pies del sitio, o sea, detrás de la Granja Educativa se encuentra el río Bio-Bio y en su costado existe un riachuelo, lo que entrega un ambiente tranquilo y natural, ideal para que las personas vayan a relajarse y entretenerse.

En la siguiente imagen se muestra la zona en donde se encuentra la Granja Educativa vista desde el espacio. En ella se puede apreciar la piscina para niños y la de adultos, la sala en donde se encuentra la bomba y el cableado que lleva la corriente eléctrica a la sala de control.



*Figura N° 8.1: Ubicación y descripción de la Granja Educativa.*

## 8.2. Bomba hidráulica existente.

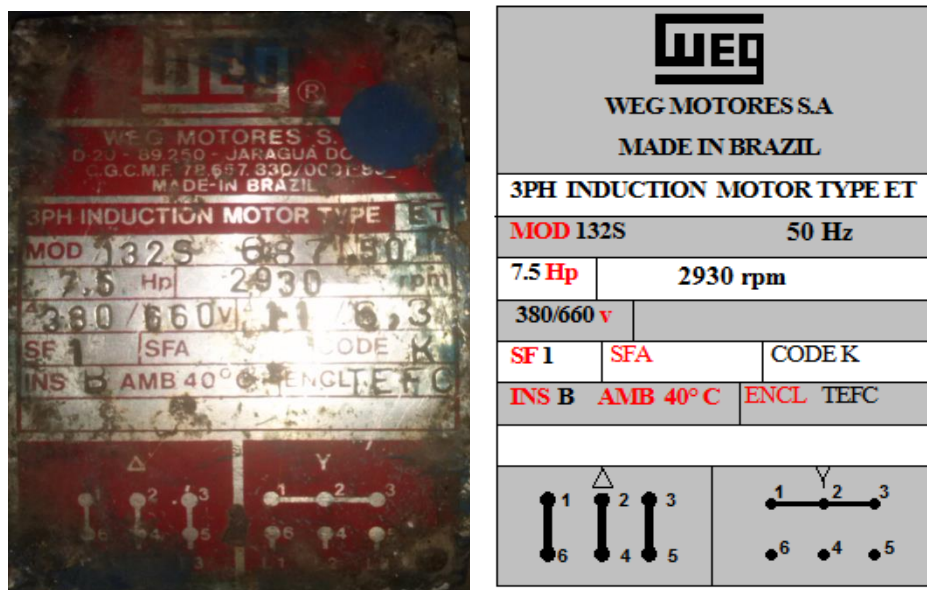
La bomba hidráulica en el proceso de limpieza de cualquier piscina es fundamental, pues realiza la succión del agua para su posterior filtrado. En el caso de la bomba hidráulica, esta se encuentra sobredimensionada en comparación al volumen de la piscina, es decir, su capacidad está por encima a la óptima.

Actualmente la Granja Educativa posee un motor de inducción trifásico que realiza el proceso de bombeo. Esta bomba tiene una potencia de 7.5 [Hp] la cual es excesiva para este caso, por lo tanto existe un consumo innecesario de corriente eléctrica que genera un gasto económico mayor al debido.

La bomba no posee una placa de datos que muestre de forma clara sus características técnicas, por el contrario esta muestra una placa desgastada, sucia, con datos opacos y falta de información.



En las siguientes imágenes se muestra la placa de datos de la bomba hidráulica y la figura de la derecha se realizó con el fin de observar de manera más sencilla los datos de placa de las características técnicas del motor, que como se aprecian en la imagen de la izquierda son muy borrosos.



*Figura N° 8.2: Placa de datos bomba hidráulica.*

Esta bomba tiene las siguientes características:

- Su fabricante es “WEG MOTORES S.A”.
- Está fabricada en Brasil.
- Motor de inducción.
- Modelo 132S.
- Frecuencia nominal 50 [Hz].
- Potencia nominal de 7.5 [Hp].
- Velocidad angular de 2930 [rpm].
- Para conexión en delta se deberá conectar a fuente de 380 [V] y para conexión en estrella se deberá conectar a fuente de 660 [V].
- Factor de servicio igual a 1.

- Temperatura ambiente 40 [°C].

Por otro lado su estructura externa está muy deteriorada, se puede apreciar a simple vista el óxido de su carcasa, la suciedad en su armazón y la que existe en su entorno. En general el ambiente cercano a la bomba no es el adecuado, como se demuestra en la siguiente imagen:



*Figura N° 8.3: Bomba Hidráulica.*

### **8.3. Sala de control.**

La sala de control es el lugar en donde se encuentran los componentes principales que realizan el proceso de bombeo y filtraje de la piscina (a una distancia de 5.5 [m] una de la otra). Tiene un ancho de 4 [m], un largo de 4.4 [m] y una altura de 4.6 [m]. Dentro de esta pieza están la bomba hidráulica con su respectivo estanque, filtro que purifica el agua de la pileta, las cañerías que llevan el fluido al estanque más sus correspondientes válvulas y el desagüe en donde se elimina el agua impura y las impurezas del filtro.

Visualmente se aprecia inmediatamente que su estructura esta desgastada, en la parte interna del aposento se ve la falta de higiene en casi todo el lugar, existe polvo y suciedad en las paredes como también en las cañerías, bomba hidráulica y estanque.



***Figura N° 8.4: Sala eléctrica.***

Se encuentra en esta sala otro estanque más pequeño al actual y otro tablero eléctrico, los cuales eran ocupados años atrás cuando existía otra bomba, pero que, actualmente están en desuso, es decir, es un lugar en donde el espacio no está siendo utilizado de manera eficiente, pues los componentes mencionados que no se utilizan, estorban.

Las imágenes a continuación muestran el estanque y del tablero que están en la sala de control, pero que no se utilizan:



***Figura N° 8.5: Tablero eléctrico antiguo y en desuso.***



***Figura N° 8.6: Estanque antiguo y en desuso.***

A un lado de la sala de control se encuentra un poste que se encarga de sostener el cable que le entrega energía eléctrica a la bomba hidráulica, este cable que va del poste hacia la sala no está tenso, sino que por el contrario este se encuentra suelto y además es más largo de lo debido, lo que provoca que se encuentre al alcance de cualquier persona generando con esto un peligro.



***Figura N° 8.7: Acometida de la sala de control***

#### **8.4. Piscina actual en la granja educativa.**

En la granja educativa existen dos piscinas, las que están ubicadas una al lado de la otra. La más grande es para personas adultas y la más pequeña está diseñada para que los niños puedan bañarse con mayor seguridad, por lo tanto están separadas físicamente para evitar que pueda ocurrir algún accidente. Sin embargo, se ha mencionado en todo el informe sobre una piscina en

singular, pues para los efectos de cálculos que se mostraran más adelante es irrelevante enfatizar en que existe otra pileta mucho más pequeña al lado de la principal, debido a que ambas piscinas están unidas por medio de algunos orificios, y cuando la bomba hidráulica realice los procesos de filtrado, llenado y vaciado del agua lo hará para ambas piletas como una sola (la sumatoria de ambos volúmenes de agua es en definitiva el volumen mencionado antes de 350 [m<sup>3</sup>])

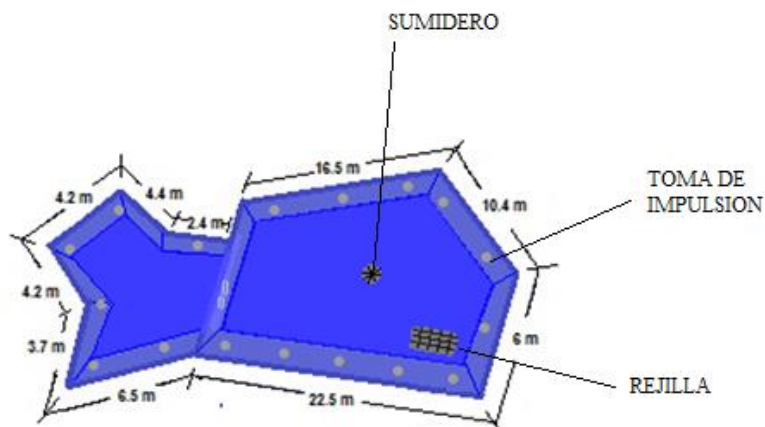
La piscina representa la forma de un pez. En donde la piscina para adultos aparenta el cuerpo y la pileta más pequeña simboliza la cola de este animal. Esto se ve claramente visto desde el espacio, pero al estar al lado no se aprecia claramente.

La profundidad que posee la pileta más pequeña es de 0.7 [m] en toda su extensión y en el caso de la alberca más grande su profundidad varía entre 1 [m], luego 1.5 [m], llegando 2 [m] de profundidad máxima.

La pileta posee un sumidero en el fondo y centro (en la parte más profunda de la piscina), más una rejilla (la que posee una reja de protección como medida preventiva).

Para que el agua pueda devolverse limpia luego de pasar por el filtro y llevarse devuelta a la piscina, existen diecisiete tomas de impulsión, las cuales están ubicadas en casi todas las paredes de ambas piletas.

La imagen a continuación muestra de forma más evidente las dimensiones, forma de ambas piletas y los componentes nombrados anteriormente, que ayudan a absorber el agua de la alberca y la parte por donde devuelve el agua limpia y filtrada.



**Figura N° 8.8: Dimensiones y componentes de la piscina.**

### 8.5. Consumo actual de la bomba hidráulica.

El consumo actual de energía está constituido principalmente por un motor de inducción de 7,5 [HP], el cual se utiliza 11 [h] diariamente, excepto los días lunes donde se le realiza la mantención que dura aproximadamente 6 [h]

Para poder mantener el agua de la piscina limpia y filtrada antes de su uso la bomba comienza a funcionar desde las 8 am, manteniéndose constante hasta las 19 [h] (considerando a su vez el proceso de limpieza de filtro a contra corriente que aproximadamente dura 1 [h]), filtrando todas las impurezas y por ende consumiendo energía eléctrica.

- La instalación eléctrica del recinto posee una tarifa tipo BT2, parcialmente en punta, con una conexión tipo 1 aéreo, donde el costo de 1 [kW- h] asociado a los datos nombrados anteriormente para la comuna de Chiguayante es de \$ 71,035 [kW- h]. Esto aparece más en detalle en el anexo 7 al final del informe.

1 [HP]= 746 [W].

7,5 [HP] = 5,595 [kW]. (Consumo por hora).

1 [kW- h] = \$ 71,035.

**Tabla N° 8.1: Consumo actual de la bomba hidráulica.**

<b>Días.</b>	<b>Consumo Actual.</b>
Lunes	6 [h]
Martes	11 [h]
Miércoles	11 [h]
Jueves	11 [h]
Viernes	11 [h]
Sábado	11 [h]
Domingo	11 [h]
<b>Total de la semana</b>	72 [h]
<b>Total del mes</b>	288 [h]
<b>Consumo total</b>	1611,36 [kW]
<b>Gasto Mensual Total</b>	\$ 114.462

## **CAPITULO 9: CÁLCULOS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA PARA LA CALEFACCIÓN DE LA PISCINA. [15] [25] [26] [27] [28] [29]**

El objetivo principal es poder aumentar la temperatura del agua de la piscina en los meses más fríos y que las personas puedan disfrutar en un ambiente adecuado y agradable. Por ello es fundamental que el agua posea los grados necesarios para realizar las actividades más plácidamente. Pero se deberán tener en cuenta diversos factores que alteran el calor en el agua.

Se sabe que en todo momento existen pérdidas y ganancias de calor en un líquido, por lo tanto el cálculo de potencia térmica necesaria a régimen para calentar el agua de la piscina se efectuará teniendo en cuenta las siguientes pérdidas:

- Por convección de la superficie de agua del vaso o recipiente contenedor de agua.
- Por traspaso de vapor de agua al ambiente:
  1. Desde la superficie del agua.
  2. Desde el suelo mojado alrededor de la piscina.
  3. Desde el cuerpo de las personas mojadas que ingresan a la piscina.

- Por conducción a través de las paredes del recipiente contenedor.
- Por renovación del agua del vaso.

En las siguientes páginas se realizarán todos los cálculos necesarios para poder conocer la demanda energética y así poder realizar a futuro el dimensionamiento de los equipos de calefacción más adecuados para este caso. Pero a diferencia de la actual instalación la cual funciona los lunes 6 [h] y los demás días un total de 11 [h] cada uno, la que se quiere instalar estará funcionando los lunes 6 [h] y los demás días 9 [h] en total (8 [h] proceso de filtrado, más 1 [h] de proceso de lavado a contracorriente).

### 9.1. Aportes de calor y pérdidas en la piscina.

Como se ha mencionado anteriormente, en una piscina existen diversas pérdidas de calor y ganancias que afectan las condiciones del agua temperada, que a continuación se detallarán a través de un esquema de pérdidas caloríficas:

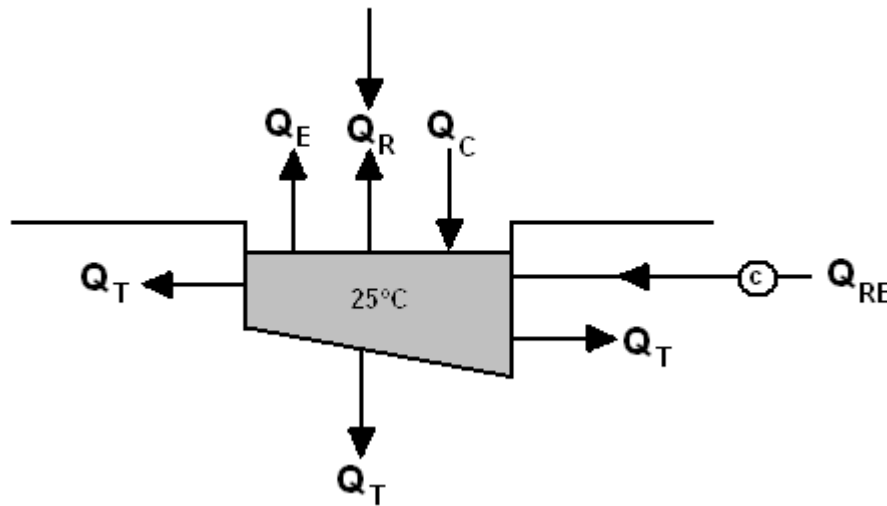


Figura N° 9.1: Aportes de calor y pérdidas en la piscina.

$Q_E$  = Pérdidas por evaporación del agua del vaso.

$Q_R$  = Pérdidas por radiación de calor.

$Q_C$  = Pérdidas por convección de calor.



$Q_T$  = Pérdidas por transmisión.

$Q_{RE}$  = Pérdidas por renovación del agua del vaso.

A continuación se muestran todos estos tipos de pérdidas referentes solo al mes de **junio** a modo de ejemplo, pues para todos los demás meses debe realizarse de la misma manera.

Para realizar los cálculos, primero se debe de tener en cuenta los siguientes datos, que se encuentran en los anexos 1, 2 y 3 al final del informe.

**Tabla N° 9.1: Diversos datos climatológicos para la comuna de Chiguayante.**

Mes	T° mínima [°C]	T° máxima [°C]	T° media del aire [°C]	Humedad relativa media [%]	Humedad absoluta del aire a T° media del aire	Temperatura media del agua de la red [°C]
<b>Enero</b>	12,5	23	17,3	76,4	0,016	15,7
<b>Febrero</b>	11,5	22,5	16,4	79,3	0,015	16,4
<b>Marzo</b>	9,9	21,3	14,8	82	0,012	16
<b>Abril</b>	8,5	18,1	16,4	87,55	0,015	14,7
<b>Mayo</b>	8,3	16	11,4	90	0,009	13
<b>Junio</b>	6,9	29,5	14,1	86,6	0,01	11,4
<b>Julio</b>	5,1	13,3	8,5	85,8	0,007	10,2
<b>Agosto</b>	6,2	18,3	9,4	83,5	0,008	9,8
<b>Septiembre</b>	6,8	15,6	14,2	82,2	0,012	10,1
<b>Octubre</b>	7,7	17,5	12,2	78,5	0,0095	11,1
<b>Noviembre</b>	8,6	19,6	13,9	73	0,0097	12,5
<b>Diciembre</b>	10,7	21,4	15,8	72,3	0,014	14,2

### 9.1.1. Pérdidas por evaporación del agua del vaso.

Estas pérdidas se producen debido a que cuando el agua se evapora, absorbe calor de la piscina, lo que provoca un enfriamiento del resto del agua, bajando así la temperatura del vaso (mientras mayor sea la evaporación del líquido, mayor será el enfriamiento de este).

Para calcular todas las pérdidas será necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$Q_e = S \cdot (16 + 133 \cdot n) \times (W_e - G_a \cdot W_{as}) \cdot C_{vap}$$

Donde:

$n$  = Número de nadadores por metro cuadrado de superficie de lámina de agua. 50/175 [m<sup>2</sup>]

$W_e$  = Humedad absoluta del aire saturado a la T° del agua de 25°C: 0,02 [kg<sub>agua</sub>/kg<sub>aire</sub>]

$G_a$  = Grado de saturación: 86,6 [%] (humedad relativa).

$W_{as}$  = Humedad absoluta del aire saturado a la T° media del aire a 14,1 [°C]: 0,01 [kg<sub>agua</sub> /kg<sub>aire</sub>].

$C_{vap}$  = Calor de vaporación del agua para una temperatura de 25 [°C] igual a 677,8 [Wh/kg].

Por lo tanto las pérdidas serían:

$$Q_e = 175 \cdot (16 + 133 \cdot \frac{50}{175}) \times (0,02 - 0,866 \cdot 0,01) \cdot 677,8$$

$$Q_e = 72,63 \text{ [kW]}.$$

### 9.1.2. Pérdidas por radiación de calor.

Estas pérdidas se producen en la piscina por la radiación que emite el vaso, para ello se utiliza la fórmula de Stefan-Boltzmann, que depende netamente de la diferencia entre la temperatura media del agua y el recinto en donde se ubica el estanque.

A continuación se muestra la ecuación que se utiliza para calcular las pérdidas por radiación:

$$Q_{rad} = S_{vas} \cdot \epsilon_a \cdot \rho \cdot (T_{pis}^4 - T_{rec}^4).$$

Dónde:

$\sigma$ : Constante de Stefan-Boltzmann:  $5,67 \times 10^{-8} [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}^4]$

$\epsilon_a$ : Emisividad del agua: 0,98

$T_{\text{pis}}$ : Temperatura del agua: 298 [K].

$T_{\text{rec}}$ : Temperatura del recinto: 287,1 [K]

$S_{\text{vas}}$ : Superficie de los vasos de las piscinas: 175 [m<sup>2</sup>].

Por lo tanto, las pérdidas por radiación son:

$$Q_{\text{rad}} = 175 * 0,98 * 5,67 \times 10^{-8} * (298^4 - 287,1^4).$$

$$Q_{\text{rad}} = 10,62 \text{ [kW]}.$$

Además de la radiación que emite la piscina hacia el exterior, se tomara también en cuenta la radiación emitida por el sol que llega al área del vaso de la pileta en las horas de sol, por día de cada mes.

En la siguiente tabla a continuación se muestran diversos factores que afectan en el cálculo de la radiación emitida por el sol:

**Tabla N° 9.2: Radiación global diaria y horas de luz solar para Chiguayante.**

Mes	Hora salida sol	Puesta sol	Duración de horas de luz	Irradiación global diaria [MJ/m]	Irradiación global en las horas de luz [kW/m2]
Enero	7:00	21:00	14	26,3	0,521
Febrero	7:20	20.50	13,5	25,1	0,516
Marzo	7:25	20.30	13,08	18,4	0,390
Abril	7:30	20.00	12,5	11,9	0,264
Mayo	7:35	19.00	11,41	6,7	0,163
Junio	8:00	18.00	10	5,6	0,155
Julio	8:05	17.50	9,75	6,1	0,173
Agosto	7:45	18.20	10,58	8,9	0,233

<b>Septiembre</b>	7:15	18.50	11,58	12,4	0,297
<b>Octubre</b>	7:00	19.45	12,75	20,9	0,455
<b>Noviembre</b>	6:45	20.30	13,75	26,2	0,529
<b>Diciembre</b>	6:30	21.05	14,58	26,8	0,510

Como se desea saber las pérdidas de calor hacia el vaso de la piscina, se deberá multiplicar la radiación global en las horas de luz por el área del vaso de la piscina.

Para este caso tomamos el mes de junio como ejemplo, así las pérdidas por radiación de calor serán:

$Q_{\text{rad}} = 0,155 \text{ [kW/m}^2\text{]} \times 175 \text{ [m}^2\text{]} = -27,125 \text{ [kW]}$ . (Estas pérdidas serán con signo negativo, pues es calor que entra al vaso de la piscina).

Por lo tanto las pérdidas por radiación de calor totales para el mes de junio serán:

$$Q_{\text{rad}} = 10,62 - 27,125 = - 16,5 \text{ [kW]}.$$

### 9.1.3. Pérdidas por convección de calor.

Es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.

Estas pérdidas son pequeñas pues la diferencia entre las temperaturas del aire y el agua son mínimas, y para ello se utilizara la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{CONV}} = SVAS * 0,6246 * (T_{\text{ag}} - T_{\text{a}})^{4/3}$$

Donde:

**T<sub>ag</sub>**: Temperatura del agua (25[°C]).

**T<sub>a</sub>**: Temperatura del aire (14,1 [°C]).

**S<sub>vas</sub>**: Superficie del vaso de la piscina (175 [m<sup>2</sup>])

Por lo tanto las pérdidas por convección serán:

$$Q_{\text{CONV}} = 175 * 0,6246 * (25 - 14,1)^{4/3}$$

$$Q_{\text{CONV}} = 2,64 \text{ [kW]}.$$

#### 9.1.4. Pérdidas por transmisión.

Estas pérdidas dependen de la arquitectura de la pileta y también dependen del coeficiente de transmisión térmica del material del vaso.

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{trans}} = S_{\text{Cerr.vas}} * Ct * (T_{\text{ag}} - T_{\text{par}}).$$

Dónde:

**Ct**: Coeficiente de transmisión de las paredes: 1,50 [W/m<sup>2</sup>°C].

**S<sub>cerr, vas</sub>**: Superficie encerrada del vaso (Piso + Paredes = 345 [m<sup>2</sup>]).

**T<sub>ag</sub>**: Temperatura del agua de la piscina: 25 [°C].

**T<sub>par</sub>**: Temperatura paredes: 11,2 [°C].

Por lo tanto, estas pérdidas serán:

$$Q_{\text{trans}} = 345 \cdot 1,5 \times (25 - 11,2) = 7,14 \text{ [kW]}.$$

### 9.1.5. Pérdidas por renovación del agua del vaso.

En una piscina siempre existen pérdidas de agua a causa de; por ejemplo: la evaporación, a que las propias personas salpican agua fuera de la piscina cuando se salen de esta, o a la limpieza que se le debe realizar en los filtros y fondo de esta. Sin embargo, son cantidades muy pequeñas que no afectan prácticamente en las pérdidas por renovación.

Para que exista un mayor grado de higiene en el agua, por normativa esta se debiera renovarse diariamente, que consiste en sustituir el 5 [%] del volumen total de la piscina cada 24 [hrs], lo que provoca gran pérdida de calor, al contrario que las nombradas anteriormente. Para este proceso de sustitución de agua se realizara un cálculo obteniendo las pérdidas caloríficas, a través de la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{ren}} = V_{\text{ren}} \cdot P_{\text{ag}} \cdot C_e \cdot (T_{\text{ag}} - T_{\text{red}}).$$

Dónde:

**V<sub>ren</sub>**: 5 [%] volumen vaso:  $350 \cdot 0,05 = 17,5 \text{ [m}^3\text{]}.$

**P<sub>ag</sub>**: Densidad del agua:  $999,97 \text{ [kg/m}^3\text{]}.$

**C<sub>e</sub>**: Calor específico del agua:  $1,163 \text{ [Wh / kg} \cdot \text{°C]}.$

**T<sub>ag</sub>**: Temperatura del agua de la piscina:  $25 \text{ [°C]}.$

**T<sub>red</sub>**: Temperatura del agua de la red:  $11,4 \text{ [°C]}.$

Por lo tanto estas pérdidas son:

$$Q_{\text{ren}} = 17,5 * 999,97 * 1,163 \times (25 - 11,4) = 276,78 \text{ [kW]}.$$

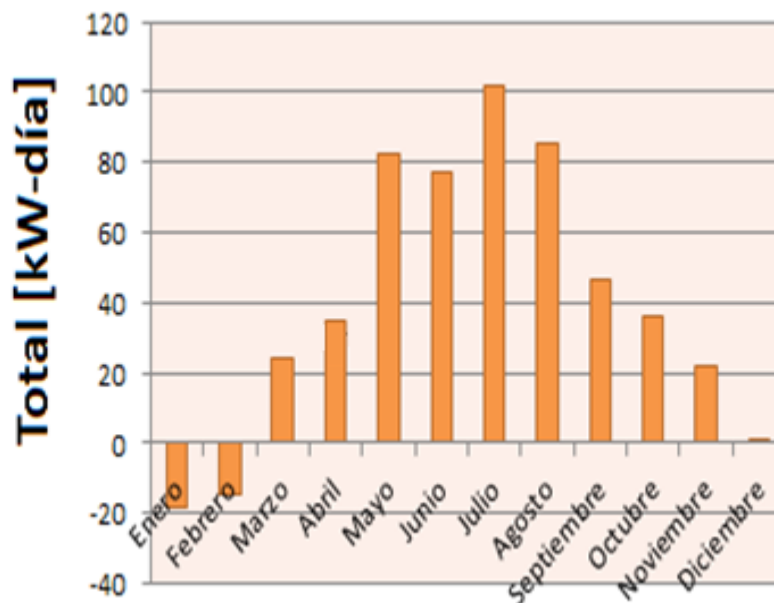
$$Q_{\text{ren, día}} = 276,78 / 24$$

$$Q_{\text{ren, día}} = 11,53 \text{ [kW]}.$$

**Tabla N° 9.3: Resumen de pérdidas de calor en la piscina por día.**

Mes	Pérdidas					Total [kW-día]
	Evaporación	Radiación de calor	Convección de calor	Transmisión	Renovación del agua del vaso.	
<b>Enero</b>	49,8	-83,55	1,66	6,1	7,88	<b>-18,11</b>
<b>Febrero</b>	51,91	-81,82	1,92	6,46	7,29	<b>-14,24</b>
<b>Marzo</b>	65,07	-58,27	2,41	7,29	7,63	<b>24,13</b>
<b>Abril</b>	43,98	-37,72	1,92	6,52	8,73	<b>35,55</b>
<b>Mayo</b>	76,22	-15,45	3,55	8,22	10,17	<b>82,71</b>
<b>Junio</b>	72,63	-16,5	2,64	7,14	11,53	<b>77,44</b>
<b>Julio</b>	89,63	-14,65	4,59	9,62	12,55	<b>101,74</b>
<b>Agosto</b>	85,31	-25,93	4,26	9,05	12,88	<b>85,57</b>
<b>Septiembre</b>	64,92	-41,44	2,61	7,65	12,63	<b>46,37</b>
<b>Octubre</b>	80,33	-67,27	3,27	7,86	11,78	<b>35,97</b>
<b>Noviembre</b>	82,74	-81,77	2,71	7,71	10,59	<b>21,98</b>
<b>Diciembre</b>	63,27	-80,2	2,11	6,83	9,15	<b>1,16</b>

**Figura N° 9.2: Gráfico de resumen de pérdidas de calor en la piscina por día.**



Como se aprecia en la tabla anterior en los meses de verano existen ganancias de calor, debido principalmente a la alta radiación solar que poseen esos meses.

Obviamente resaltarán las pérdidas caloríficas en los meses más helados del año, como por ejemplo el mes de julio que equivalen a 101,74 [kW-día], las cuales son las mayores en todo el año.

**9.2. Pérdidas por circulación del agua de la piscina.**

Cuando existe movimiento en los fluidos de forma constante, se debe considerar la variación de esta masa en el tiempo. Esto se conoce como flujo o caudal másico, y es la cantidad de masa que pasa por una superficie en una unidad de tiempo que se calcula de la siguiente manera:

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

Dónde:

$\dot{m}$ : Caudal másico.

m: Masa.



t: Tiempo.

Como se sabe:

$$m = \rho \cdot V$$

Dónde:

$\rho$ : Densidad.

V: Volumen.

El caudal o flujo másico, también, puede ser definido entonces como:

$$\dot{m} = \frac{\rho \cdot V}{t}$$

Se sabe que, potencia es calor por unidad de tiempo:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{m \cdot C \cdot \Delta T}{t}$$

Dónde:

P: Potencia

Q: Calor

C: Calor específico

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura.

Y sabiendo también que:

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \text{ y } P = \frac{Q}{t}$$

Por lo tanto, finalmente llegamos a la siguiente ecuación, que sirve para calcular estas pérdidas en el tiempo:

$$P = \dot{m} \cdot C \cdot \Delta T$$

En este caso, en donde existe circulación del agua gracias a la bomba hidráulica, ocurren también pérdidas de calor en el tiempo mientras ocurre el proceso de filtrado y para esto se considera las siguientes pérdidas caloríficas correspondientes al mes de junio:

A modo de ejemplo se tienen los siguientes datos:

V: 350 [m<sup>3</sup>].

ρ: 1000 [kg/m<sup>3</sup>].

t: 9[h] (tiempo de circulación del agua, incluyendo la limpieza a contracorriente).

C: 1,163 [Wh / kg·°C].

T<sub>final</sub>: 25 [°C].

T<sub>inicial</sub>: 11,4 [°C].

Caudal másico:

$$\dot{m} = \frac{1000 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 350 [\text{m}^3]}{9 [\text{h}]} = 38888,88 [\text{kg/h}].$$

Por lo tanto las pérdidas diarias por efecto de circulación del agua serán:

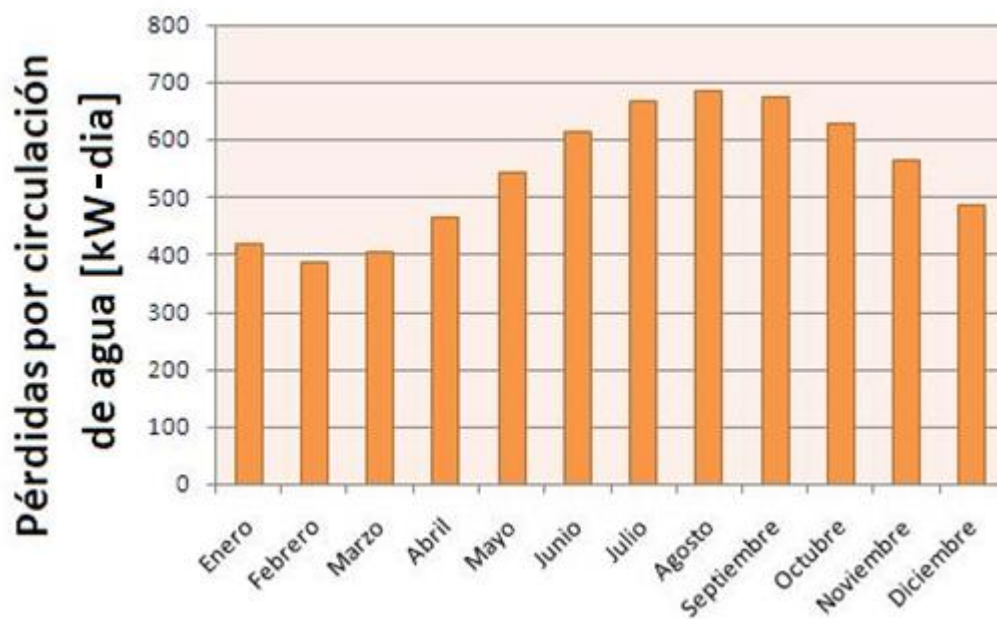
$$P = 38888,88 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 1,163 \text{ Wh/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (25 - 11,4) ^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{P = 615,09 [kW- día].}$$

La tabla a continuación muestra las pérdidas por circulación de agua por día, con su respectivo gráfico, para todos los meses del año:

**Tabla N° 9.4: Pérdidas por circulación de agua para todos los meses del año.**

Mes	Pérdidas por circulación de agua [kW- día]
Enero	420,61
Febrero	388,95
Marzo	407,05
Abril	465,84
Mayo	542,73
Junio	615,09
Julio	669,37
Agosto	687,46
Septiembre	673,89
Octubre	628,66
Noviembre	565,34
Diciembre	488,46



**Figura N° 9.3: Gráfica pérdidas por circulación de agua para todos los meses del año.**

Ya obtenidas todas las pérdidas de calor por día, será necesario ordenarlas todas para una mejor comprensión y posteriormente un dimensionamiento del sistema de calefacción, para que este no esté sobredimensionado ni entregue una potencia térmica menor a la deseada.

### 9.3. Resumen de todas las pérdidas de la piscina.

Las tablas a continuación muestran de manera enumerada las pérdidas de calor por hora y en qué lapsos del día se producirán para el mes de junio (como se ha estado haciendo en todo los cálculos a modo de ejemplo):

**Tabla N° 9.5: Pérdidas de calor por hora para el mes de junio.**

<b>Pérdidas</b>	<b>Intervalo de tiempo en que se produce</b>	<b>Pérdidas [kW-h]</b>
<b>Evaporación</b>	Durante las 24 hrs	$72,63/24 = 3,02$
<b>Radiación de calor</b>	Durante las horas de luz: De 08:00 a 18:00 hrs	$-16,5/10 = -1,65$
<b>Convección de calor</b>	Durante las 24 hrs	$2,64/24 = 0,11$
<b>Transmisión</b>	Durante las 24 hrs	$7,14/24 = 0,29$
<b>Renovación del vaso</b>	Durante el proceso de lavado a contracorriente De 16:00 a 17:00 hrs	11,53
<b>Por circulación del agua</b>	Durante el proceso de filtración y lavado a contracorriente: De 08:00 a 17:00 hrs	$615,09/9 = 68,34$

La próxima tabla describe las pérdidas de calor total durante diferentes intervalos de tiempo en el día, para el mes de junio.

**Tabla N° 9.6: Pérdidas de calor detallado para el mes de junio.**

<b>Horario</b>	<b>Pérdidas [kW-h]</b>	<b>Total [kW-h]</b>
<b>08:00 a 16:00</b>	Evaporación(3,02)+Radiación(1,65)+Convección(0,11)+ Transmisión(0,29)+Circulación del agua(68,34)	70,11
<b>16:00 a 17:00</b>	Evaporación(3,02)+Radiación(1,65)+Convección(0,11)+ Transmisión(0,29)+Circulación del agua(68,34)+ Renovación del vaso(11,53)	81,64
<b>17:00 a 18:00</b>	Evaporación(3,02)+Radiación(-1,65)+Convección(0,11)+Transmisión(0,29)	1,77
<b>18:00 a 08:00</b>	Evaporación(3,02)+Convección(0,11)+Transmisión(0,29)	3,42

Se tomaron estos intervalos, pues para cada uno de ellos existen diferentes pérdidas de calor en el tiempo, por lo tanto es necesario de separar para obtener las mayores pérdidas en [kW-h] en el día.

La tabla entrega las mayores pérdidas existentes en un intervalo de hora determinado, las que son equivalentes a 81,64 [kW- h] (entre las 16:00 y 17:00 hrs para este mes).

Se deberá repetir el mismo procedimiento para todos los demás meses, con el fin de obtener las mayores pérdidas en [kW- h], entre todos los meses del año. El procedimiento es el mismo que se realizó en junio, pero hay que tener en cuenta que cada mes no tiene la misma cantidad de horas de luz ni los mismos horarios de la puesta de sol, como se explica la siguiente tabla:

**Tabla N° 9.7: Mayores pérdidas caloríficas por hora e intervalos de tiempo en el que se producen dichas pérdidas durante todos los meses del año.**

<b>Mes</b>	<b>Mayores pérdidas [kW- h]</b>	<b>Intervalo de tiempo [hrs]</b>
<b>Enero</b>	51,99	16:00 - 17:00
<b>Febrero</b>	46,96	16:00 - 17:00
<b>Marzo</b>	51,52	16:00 - 17:00
<b>Abril</b>	59,66	16:00 - 17:00
<b>Mayo</b>	72,78	16:00 - 17:00

<b>Junio</b>	81,64	16:00 - 17:00
<b>Julio</b>	89,74	16:00 - 17:00
<b>Agosto</b>	90,91	16:00 - 17:00
<b>Septiembre</b>	87,03	16:00 - 17:00
<b>Octubre</b>	80,15	16:00 - 17:00
<b>Noviembre</b>	71,33	16:00 - 17:00
<b>Diciembre</b>	60,91	16:00 - 17:00

Como aparece en el cuadro, en el mes de agosto es donde se producen las mayores pérdidas de todos los meses del año, que corresponden a 90,91[kW- h], y todas estas pérdidas para cada uno de ellos se producen entre las 16:00 y 17:00 [hrs]. Por lo tanto como ya se obtuvieron las mayores pérdidas en todo el año, ahora será necesario elegir un sistema capaz de entregarle a la piscina una potencia térmica igual o superior a esta y con ello poder mantener el agua a la temperatura deseada (25 [°C]).

## **CAPITULO 10: SISTEMA DE CALEFACCIÓN A UTILIZAR. [30] [31] [16]**

La idea de este proyecto es poder combinar la tecnología de las bombas de calor con la de los colectores solares con el fin de temperar el agua de la piscina.

En el mercado actual existe un sistema denominado “sistema solar termodinámico”, el que puede combinar lo mejor de ambas tecnologías, eliminando así las desventajas de cada una de ellas. Esto provoca que posea el mayor rendimiento COP existente. Por lo tanto se elegirá este sistema, pues es el más óptimo y es el que entrega un mayor ahorro energético y económico.

Los equipos solares termodinámicos basan su funcionamiento en el ciclo de Carnot inverso, según el cual, aplicando un trabajo se consigue captar calor del foco frío y ambiente exterior para llevarlo al foco con temperatura más elevada (circuito de agua que se desea temperar).

Pero a diferencia de los paneles solares convencionales, estos no solo captan energía de la radiación solar, sino que además lo hacen de la energía del ambiente exterior (calor del sol, agua de lluvia, viento) basándose en el principio de la termodinámica, pues aprovechan las propiedades físicas de un gas que al cambiar de estado (líquido - gas, gas - líquido) es utilizado para transportar

el calor captado por los paneles hasta el agua que deseamos temperar. Esto provoca que este sistema pueda ser usado durante todo el año y durante todo el día, siempre y cuando la temperatura del exterior sea mayor a 0 [°C].

### **10.1. Componentes del sistema solar termodinámico.**

**Paneles solares termodinámicos:** Estos están fabricados de un material de mayor calidad, como lo es el aluminio, los cuales han sido sometidos a un proceso de galvanizado con el fin de que pueda soportar de mejor manera las diferentes condiciones ambientales. También posee una capa de pintura anticorrosión para mejorar su comportamiento a la intemperie y conseguir una mayor eficiencia.

A diferencia de los paneles solares convencionales que solo pueden captar la energía solar, estos fundamentándose en los principios de la termodinámica (comentados anteriormente), pueden atraer la energía del ambiente exterior (sol, agua lluvia, viento) con el fin de entregarle calor al agua, ya sea para fines domiciliarios como para calefacción de piscinas.

**Compresor:** Los equipos termodinámicos consumen únicamente electricidad y debido al consumo eléctrico del equipo hace posible el ciclo del gas.

El compresor se encuentra ubicado en el bloque termodinámico y es el que realiza como su nombre lo indica la compresión del gas, aumentando de esta forma su temperatura.

**Condensador o Intercambiador:** Es el lugar donde se produce la compresión del gas a líquido, con el correspondiente intercambio de calor entre la fuente caliente y la fuente fría.

**Válvula de expansión:** La válvula de expansión se encuentra ubicada en el bloque termodinámico y es en este lugar donde el gas sufre su expansión, que llega ya en estado líquido, regularizando la cantidad de fluido a suministrar hacia el panel y con ello disminuyendo su temperatura.

**Termo acumulador:** En este equipo se encuentra el condensador y es allí donde se produce el intercambio de calor entre el agua que se quiera temperar y el gas que está a alta temperatura. En la parte inferior de este aparato ingresa el agua fría de la piscina, para luego salir por la parte exterior con una mayor temperatura devuelta a ella.

**Bloque Termodinámico:** Es aquel que contiene los componentes que hacen ejecutables y posible el paso del gas por los paneles a presión, temperatura y caudal correctos. Dentro de él se comprime el gas refrigerante alcanzando una alta temperatura, que más tarde cederá al agua.

**Gas refrigerante:** Su función es la de transportar el calor captado en los paneles hacia el agua de la piscina, mediante cambios de estados de temperatura y presión. Entre sus características se destacan las siguientes:

- Incombustibles.
- No corrosivos.
- No tóxicos.
- Estables químicamente ante altas presiones y temperaturas.
- Elevado calor de evaporación.

## **10.2. Ventajas de los paneles termodinámicos con respecto a los paneles solares convencionales.**

- Son más pequeños y fáciles de manejar.
- Son muy ligeros, pues solo pesan 8 [kg].
- No dejan de funcionar en las estaciones frías, y por lo tanto, no necesitan una fuente alternativa.
- Requieren de poco mantenimiento.
- Son muy resistentes a las agresiones y condiciones ambientales exteriores.
- No se sobrecalientan.
- Pueden captar el calor por ambos lados.



### **10.3. Desventajas de paneles solares convencionales.**

- Elevado peso. Entre 45/300 [kg] por panel.
- Sólo captan el calor por un lado.
- Parada de funcionamiento en ausencia de sol.
- Precisan de una fuente alternativa de energía cuando más se necesitan
- Mantenimiento continuo.
- Fragilidad.
- Riesgos de sobrecalentamiento en verano.
- Poseen una gran superficie, lo que dificulta su integración en la arquitectura.

### **10.4. Desventajas de Bomba de Calor.**

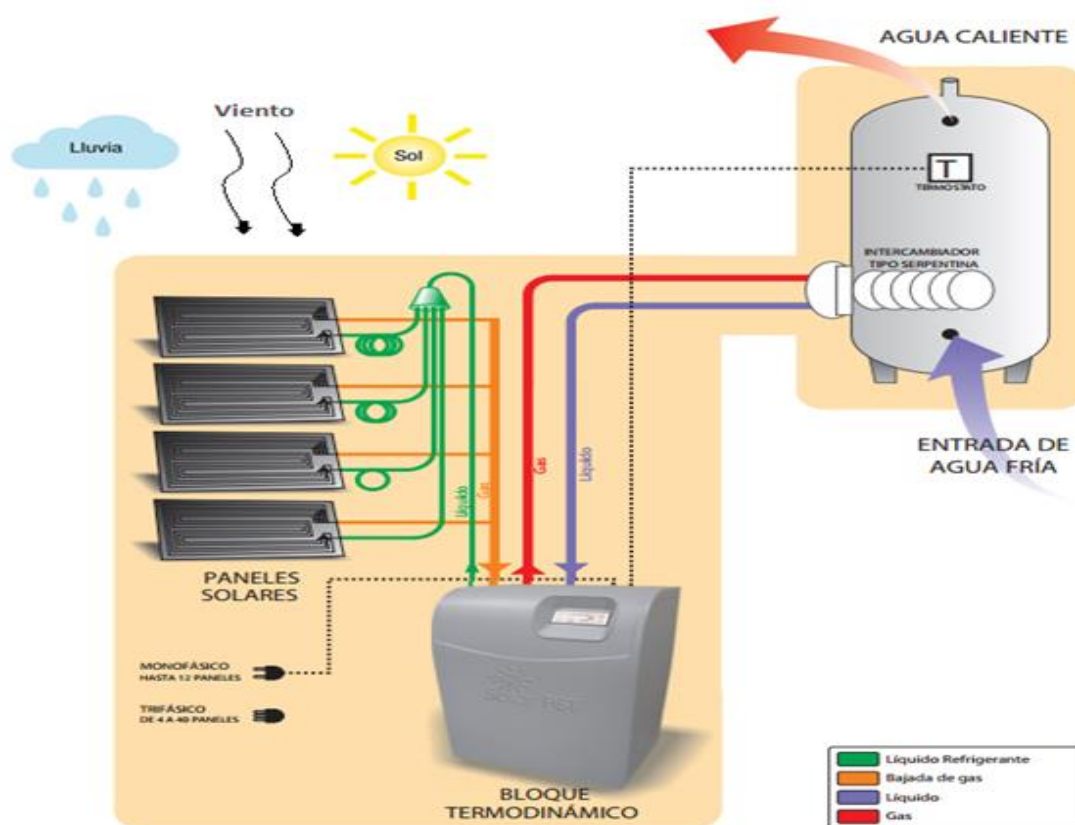
La mayor desventaja de este sistema es que tiene la necesidad de los siguientes elementos:

- Un sistema de descongelación, consumiendo un 15 [%] de la energía producida.
- Un dispositivo de ventilación mecánica con importantes consumos de energía y producción de ruidos.
- Dispositivos de inversión del ciclo frigorífico que perjudican la fiabilidad.
- Resistencias eléctricas que aumentan el consumo eléctrico, disminuyendo la eficiencia del sistema.

### **10.5. Funcionamiento del sistema solar termodinámico.**

En un principio el gas refrigerante sale de la válvula de expansión en estado líquido con una muy baja temperatura, llegando a los paneles termodinámicos con una temperatura entre -5 [°C] y -15 [°C]. Este fluido se gasifica debido al cambio tan grande de temperatura en comparación con la captada por el panel, absorbiendo el calor del ambiente (siempre y cuando la temperatura exterior sea superior a 0 [°C]). En el compresor, el gas se comprime, aumentando su temperatura a niveles mayores a 100 [°C]. Este gas a altas temperaturas pasa por el condensador o intercambiador de

calor que está ubicado en el acumulador y hace que la temperatura del agua que existe en dicho acumulador se eleve a la temperatura de consumo necesaria. El gas refrigerante, como consecuencia de su paso por el condensador y al ceder calor al agua de consumo, vuelve a pasar a estado líquido. Como termino de este proceso, el líquido refrigerante pasa por la válvula de expansión, la cual hace que este disminuya de forma considerable su presión y por tanto su temperatura, para cerrar todo el ciclo finalmente.



**Figura N° 9.4: Esquema de funcionamiento y conexión del sistema solar termodinámico.**

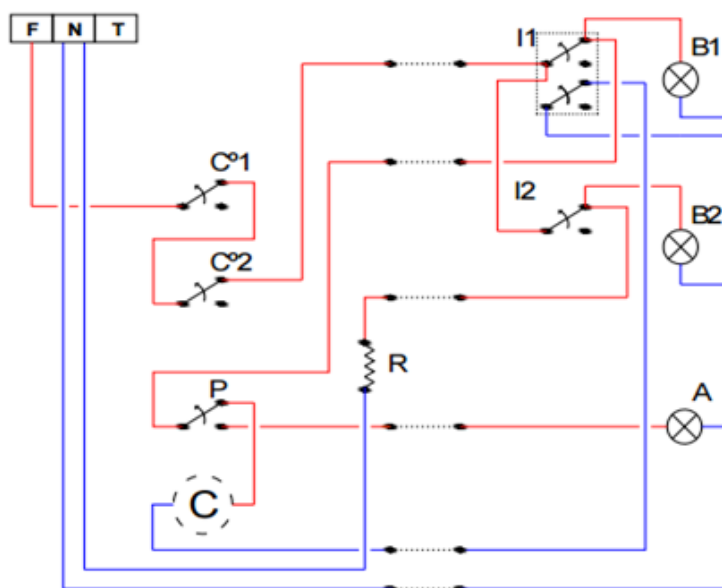
Este esquema muestra como es el recorrido del líquido, que luego se transforma en gas y viceversa, este trayecto lo hace a través de cañerías, que lo llevan del bloque termodinámico hacia el condensador o intercambiador.

En la parte inferior del acumulador es donde llega el agua fría empujada por los motores hidráulicos a través de cañerías o ductos durante las horas de filtrado y lavado a contra corriente (9 horas diarias). En la parte superior sale el agua a la temperatura deseada de 25 [°C] hacia la piscina, luego de que ocurra el intercambio de calor.

El termostato, capaz de monitorear la temperatura que se quiere obtener, deberá conectarse por medio de un cable al bloque termodinámico, el cual estará conectado a la red. Si la cantidad de paneles que se utilizaran serán menores a 12, será necesario conectar el bloque termodinámico a una fuente monofásica. Si es mayor a (eso como es en este caso), será necesario conectarlos a una fuente trifásica, pues requerirá de mayor potencia eléctrica para su funcionamiento.

A continuación se muestra el conexionado del panel de control que se encuentra en el bloque termodinámico y que indica las diferentes funciones y señalizaciones del sistema.

PST200CV



**Legenda:**

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| A.- Señalizador de avería     | B1.- Señalizador funcionamiento del compresor     |
| C°1.- Termostato              | B2.- Señalizador funcionamiento de la resistencia |
| C°2.- Termostato de seguridad | I1.- Interruptor del compresor                    |
| C.- Compresor                 | I2.- Interruptor resistencia                      |
| R.- Resistencias              | P.- Presostato de baja presión                    |

**Figura N° 9.5: Conexionado del panel de control en el bloque termodinámico.**

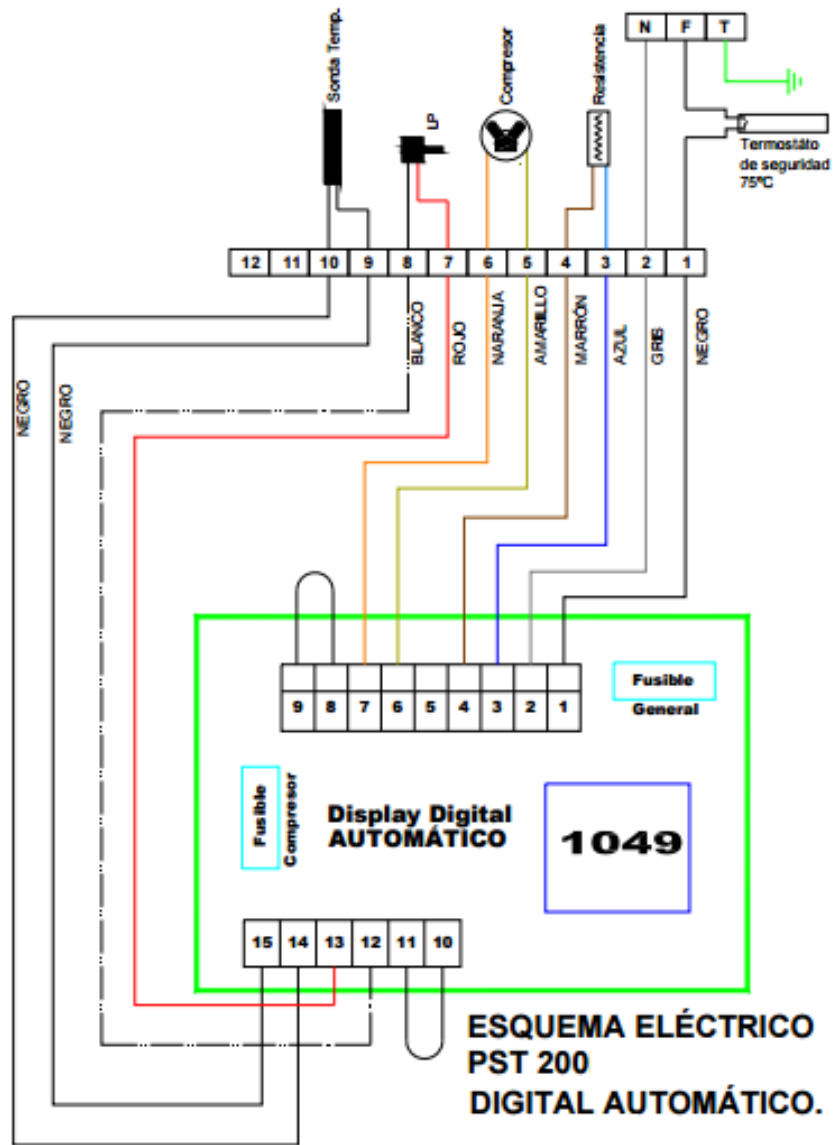


Figura 9.6: Esquema eléctrico.

### 10.6. Dimensionamiento y especificaciones técnicas de elementos del sistema solar termodinámico.

A continuación se muestra una tabla en donde aparecen los diferentes modelos de paneles solares termodinámicos de la marca y modelo Solar PST.

**Tabla N° 9.8: Paneles solares termodinámicos Solar PST.**

<b>Modelo</b>	<b>N° de paneles</b>	<b>Potencia Eléctrica Consumida [W]</b>	<b>Potencia Calórica Generada [W]</b>	<b>Superficie Piscina [m2]</b>	<b>Volumen Piscina [m3]</b>
<b>PST 4-C</b>	4	960-1800	3600-7290	17	25
<b>PST 6-C</b>	6	1230-2220	4900-9680	23	33
<b>PST 8-C</b>	8	1440-2625	5500-11240	26	40
<b>PST 12-C</b>	12	2010-3120	9215-16580	40	60
<b>PST 16-C</b>	16	3210-5156	14190-24210	58	85
<b>PST 24-C</b>	24	4140-6025	16495-31430	75	110
<b>PST 32-C</b>	32	5690-8300	24090-42600	100	150
<b>PST 40-C</b>	40	7100-10150	32540-52970	150	180

Cada uno de estos modelos consume una cantidad de potencia eléctrica determinada, como también entrega un rango de potencia calorífica dada, esto es debido a que los ensayos de rendimiento que se les realizaron arrojaron que, para una misma temperatura ambiente el modelo podía entregar una potencia calorífica máxima y otra mínima, como también absorber una potencia eléctrica máxima y otra mínima, debido a los diferentes factores climáticos en que fueron sido experimentados (lluvia, viento, sol, etc.).

Para la elección del modelo a utilizar se ha tomado la potencia calorífica media para el mes con menor temperatura ambiental media (mes de julio con 8.5 [°C]), pues las curvas de rendimiento representan los casos extremos, y con esto se estimara de manera más precisa y real la potencia calorífica generada por este modelo. Esta deberá ser mayor a las pérdidas caloríficas calculadas antes (90,91 [kW- h] para el mes de agosto).

El modelo PST-40C posee las siguientes curvas de rendimientos, que aparecen además en el anexo 4 al final del informe:

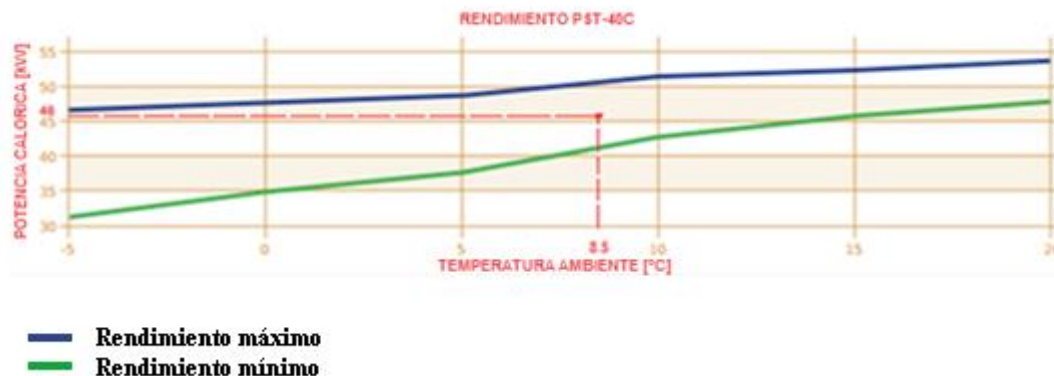


Figura N° 9.7: Curva de rendimiento potencia calorífica entregada, modelo PST-40C.

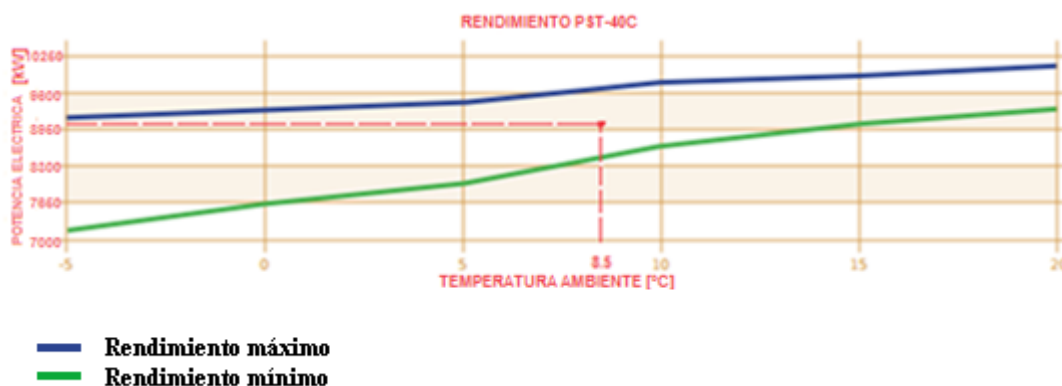


Figura N° 9.8: Curva de rendimiento potencia eléctrica consumida, modelo PST-40C.

Según las curvas de rendimiento de cada modelo y según lo descrito antes, se utilizará entonces dos modelos PST-40C. Cada uno de ellos podrá generar como mínimo una potencia calorífica de 46 [kW- h], sumando entre ambas una potencia aproximada de 92 [kW- h]. Con esto se podrá satisfacer el total de la demanda energética, asegurando con ello la temperatura deseada de 25 [°C].

Como se tienen las curvas de rendimiento del modelo PST-40C para su potencia calorífica entregada y potencia eléctrica consumida a diferentes temperaturas ambiente, se podrán usar estas

para todos los meses del año. Pero teniendo en cuenta que las potencias que aparecen a continuación corresponden a las potencias totales, pues son el aporte de los dos modelos PST-40C que se utilizarán. Además se muestran los rendimientos COP para cada uno como se muestra a continuación:

**Tabla N° 9.9: Potencia eléctrica consumida, potencia calórica generada y rendimiento de dos modelos PST-40C.**

Mes	T° media del aire [°C]	Potencia eléctrica consumida [kW- h]	Potencia Calórica Generada [kW- h]	Rendimiento [COP]
<b>Enero</b>	17,3	19,2	100	5,21
<b>Febrero</b>	16,4	19	98	5,16
<b>Marzo</b>	14,8	18,9	96	5,08
<b>Abril</b>	16,4	19	98	5,16
<b>Mayo</b>	11,4	18,5	95	5,14
<b>Junio</b>	14,1	18,88	95,5	5,06
<b>Julio</b>	8,5	18	92	5,11
<b>Agosto</b>	9,4	18,3	93	5,08
<b>Septiembre</b>	14,2	18,9	95,8	5,07
<b>Octubre</b>	12,2	18,6	95,2	5,12
<b>Noviembre</b>	13,9	18,86	95,4	5,06
<b>Diciembre</b>	15,8	18,96	97	5,12

### 10.7. Presupuesto de sistema solar termodinámico.

A continuación aparecen los nombres con su respectiva descripción de los diferentes elementos necesarios para la realización de esta parte del proyecto, teniendo en cuenta y resaltando la futura implementación de dos modelos **PST-40C** (antes ya demostrado). Por ello serán necesarias dos unidades de cada elemento (una para cada modelo).

**Tabla N° 9.10: Lista de equipos y accesorios utilizados en un modelo PST-40C.**

Nombre	Descripción
<b>Panel Solar Termodinámico</b>	Largo = 800 [mm]. Ancho = 2000 [mm]. Espesor = 20 [mm]. Peso = 8 [kg]. Aluminio anodizado 30 micras.
N° de paneles	40 - peso total = 320 [kg]
Superficie expuesta de captación	64 [m2]
<b>Bloque Termodinámico:</b> Caja inoxidable, con aislamiento acústico	Largo = 900 [mm], Ancho = 800 [mm], peso 120 [kg]
Alimentación eléctrica	Versión trifásica 400 [V], 50 [Hz].
Compresor hermético COPELAND.	Potencia eléctrica 7,1-10,1 [kW]. Potencia calórica 32,5 - 53,1 [kW]. Modelo ZBD-76 KE. Caudal 28,8 [m3/h].
Potencia sonora a 1 [m] desde el bloque termodinámico	50 - 65 [dB]
Tipo de gas refrigerante	407 C, carga del sistema = 5,5 [kg]
Línea de líquido	Cobre deshidratado, Ø 7/8 "Total: 41 [m].
Línea de aspiración	Cobre deshidratado, Ø 1 3/8"Total: 36 [m].
válvula de expansión	Danfoss, modelo TEZ 2
Filtro deshidratador	SI
Separador de aceite	SI
Depósito de líquido refrigerante	SI
Visor de líquido	SI
Presostatos, HP y LP	SI, HP = 2,5 [Mpa] Max LP = 0,2 [Mpa] Min
Termostato digital	SI
Controlador de flujo	Opcional
Guarda motor	SI
Detector de fase (solo trifásico)	SI
Disyuntor general	SI
Panel de comando con indicadores luminosos	SI
Condensador o Intercambiador tipo serpentina sumergida + Caja Termo acumulador	SI, Modelo PST 6000. Caja: 4000-5000 [Lts] Largo: 1.5[m] ; Ancho: 1.5 [m] ; Alto: 2 [m].
Conexiones eléctricas a bomba de agua externa	SI
Conexiones a termostatos externos	SI

\* Los elementos que tienen en su descripción “SI”, son elementos que el fabricante entrega sin costo alguno y que vienen incluidos para el caso que se requiera utilizar el modelo de paneles termodinámicos PST-40C.



La tabla a continuación entrega inversión inicial, mano de obra y acometida., estos costos aparecen en el anexo 9 al final del informe, a excepción de los costos de las cañerías y cable eléctrico, los cuales fueron consultados vía telefónica.

**Tabla N° 9.11: Presupuesto total para el sistema solar termodinámico.**

Nombre	Cantidad	Precio Unidad [€]	Total [€]
Panel Solar Termodinámico PST-40C	2	11.490.000	22.980.000
Bloque Termodinámico: Caja inoxidable con aislamiento acústico	2	399.000	798.000
Compresor hermético COPELAND, tipo Scroll.	2	1.290.000	2.580.000
Gas refrigerante 407 C (Carga =5,5 kg)	2	32.000	64.000
Cobre deshidratado, Ø 7/8 " 6 metros cada ducto (línea de líquido )	7	75.749	530.243
Cobre deshidratado, Ø 1 3/8" 6 metros cada ducto (línea de aspiración)	6	106.500	639.000
Válvula de expansión Danfoss	2	24.500	49.000
Intercambiador tipo serpentina sumergida + Caja Termo acumulador	2	650.000	1.300.000
Cable Trifásico (180metros)	1	1800x[m]	324.000
Mano de Obra (Tiempo aproximado: 2 semanas)	-	-	600.000
			<b>29.864.243</b>

Además de saber la inversión se deberá contemplar también los costos de funcionamiento mensuales para los meses en que se utilice este sistema de calefacción (de marzo a noviembre), teniendo en cuenta que la instalación eléctrica posee una tarifa BT2, pues posee un consumo superior a 10 [kW]. Esta tarifa posee un costo de \$71.035 por 1 [kW-h] (cable aéreo) para la comuna de Chiguayante, según tarifas de suministro CGE-Distribución que aparecen con más detalle en el anexo 7 al final del informe.

Se debe considerar que este sistema será utilizado un total de 9 horas diarias durante toda la semana, a excepción de los lunes, pues este día se le realiza una mantención al sistema de bombeo y filtrado del agua. Lo que suma en total 216 horas de funcionamiento por mes de utilización.

Según los datos anteriores se puede calcular el consumo eléctrico y su costo mensual económico, como se muestra en la siguiente tabla:

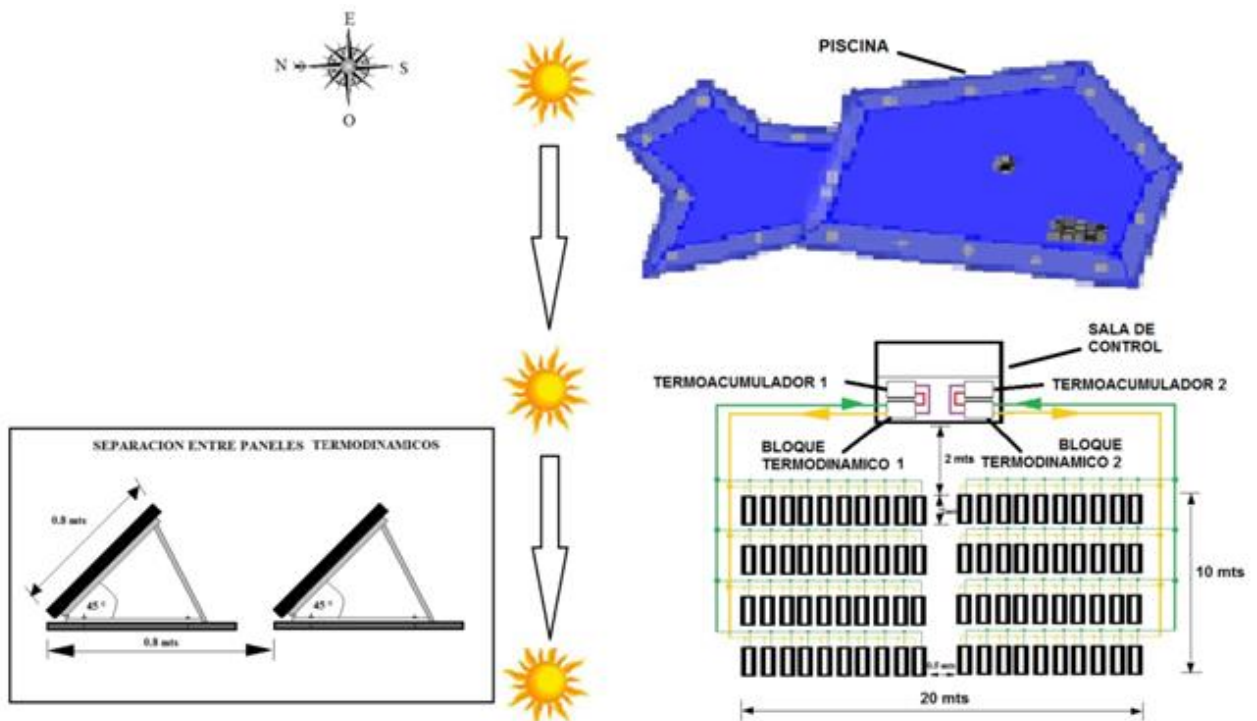
**Tabla N° 9.12: Consumo y costo total anual del sistema solar termodinámico.**

Mes	Potencia eléctrica consumida [kW- h]	Costo Total Mensual (\$)
Marzo	18,9	289.993
Abril	19	291.527
Mayo	18,5	283.855
Junio	18,88	289.686
Julio	18	276.184
Agosto	18,3	280.787
Septiembre	18,9	289.993
Octubre	18,6	285.390
Noviembre	18,86	289.379
	<b>Total Anual</b>	<b>2.576.794</b>

### 10.8. Distribución de los equipos del sistema solar termodinámico.

- Los paneles solares termodinámicos estarán orientados en sentido norte, con el fin de aprovechar de forma más eficiente los rayos del sol durante todo el día.
- Estarán inclinados en 45°.
- Separados uno del otro en 0.8 [m]
- Estarán distribuidos de tal forma, que por un lado se ubicarán todos los paneles correspondientes a un modelo PST-40C y en el otro lado los otros correspondientes al segundo modelo PST-40C.
- El termo acumulador 1 y el bloque termodinámico 1 se encontraran juntos uno al lado del otro en la parte izquierda de la sala de control. En el otro extremo de la sala se encontraran el termo acumulador 2 junto al bloque termodinámico 2.

Todo lo descrito antes se refleja en la figura N° 9.9, como aparece a continuación:



*Figura 9.9: Distribución de los equipos del sistema solar termodinámico.*

## CAPITULO 11: SISTEMA HIDRÁULICO Y DE BOMBEO A UTILIZAR. [2] [11] [12]

Dentro de las actuales instalaciones en el proceso de filtrado y purificación del agua de la piscina no está considerado el hecho de producirse una falla en el motor o en el tablero de comando, ocasionando la paralización de todo el sistema. Esto a su vez provocaría una pérdida económica por el gasto de agua, además del sobre consumo de la bomba. Por eso se recomienda (según las dimensiones de la piscina) la utilización de dos bombas con un menor consumo eléctrico, con sus respectivos filtros, dejando en claro que nunca se detendrá la purificación del agua.

En el caso de fallar uno de los dos motores el otro quedara funcionando y se le podrá realizar su correspondiente mantención al equipo con falla, o también, si la piscina no necesita del

uso de las dos bombas al mismo tiempo (según el estado del agua) se podrá detener una, abaratando costos de energía.

A continuación se detalla que tipo de bombas se puede utilizar según su volumen y las horas de filtrado para el total del volumen de la piscina, de acuerdo a la empresa Jazzipool

**Tabla N° 9.13: Cuadro de Filtros y bombas Jazzi.**

<b>Filtro [mm]</b>	<b>Caudal [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Arena KLS</b>	<b>m<sup>3</sup>/6h</b>	<b>m<sup>3</sup>/8h</b>	<b>m<sup>3</sup>/10h</b>	<b>Bomba [Hp]</b>
T350-14"	4,1	30	25	33	41	0,25
T400-16"	6,7	40	40	54	67	0,25
T450-18"	8,2	65	49	66	82	0,50
T500-21"	10,8	80	65	86	108	0,75
T550-22"	12,5	105	75	100	125	1,00
T600-25"	16,4	130	99	132	164	1,50
T700-28"	21,3	285	128	170	213	2,00

Skimmer grande: 50 [m<sup>2</sup>].

Retorno 1": 3 [m<sup>3</sup>/h].

Skimmer chico: 50 [m<sup>2</sup>]

Retorno 3/4": 2 [m<sup>3</sup>/h].

Recomendación de Hrs de filtrado de piscinas:

- Comercial: 6 a 8 [h].
- Particular: 8 a 10 [h].

### 11.1. Bomba y filtro a implementar.

La piscina ubicada en el complejo denominado “La Granja Educativa” es de tipo comercial, según el uso de esta. Con este parámetro se selecciona primeramente una bomba y luego un filtro relacionados con la empresa Jazzipool, de acuerdo a las dimensiones de la piscina. Es por eso que para poder implementar todo este sistema el cual debe de filtrar 350 [m<sup>3</sup>] (entre 6 a 8 [h]), se escogerán dos motores de 2 [Hp] c/u, más el filtro para cada bomba respectivamente, los cuales se detallan a continuación:

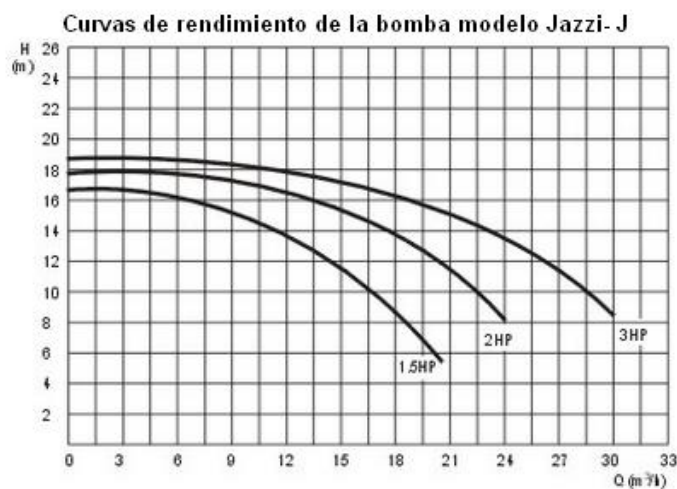
Las bombas de la serie jazzi son de alto rendimiento, duraderos y fiables. Su diseño esta para ofrecer una gran eficiencia tanto en piscinas como en spas comerciales.

La bomba está diseñada en base de la teoría hidráulica con el grado más bajo de ruido. Esta se fabrica a partir de un material extra ABS a prueba de corrosiones, entre otras cosas.

La figura a continuación da a conocer el diseño de la bomba y sus curvas características:



(a)



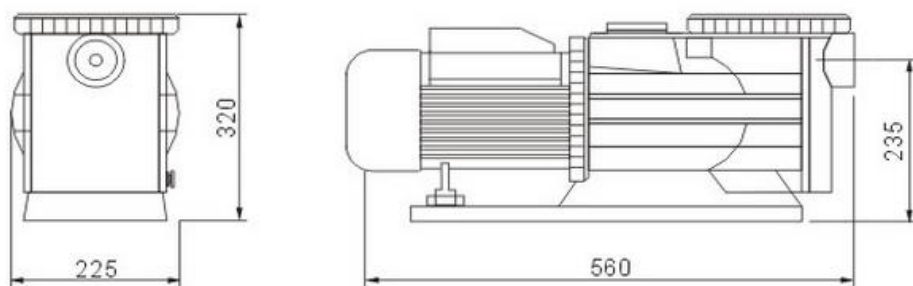
(b)

Figura N° 9.10: Diseño y curvas de funcionamiento.

En la siguiente tabla se muestran las características técnicas de la bomba y los datos nominales de placa del motor, según anexo 5.

**Tabla N° 9.14: Cuadro de la bomba Jazzi.**

Código	Modelo	Power Hp/kW	Voltaje V/Hz	Caudal m <sup>3</sup> /h	Tamaño de la tubería	Peso Kg	Dimensiones mm
030402	II-J-02	2.0/1.5	220/50	24	2	16.2	675*270*355



**Figura N° 9.11: Diseño de la bomba.**

De acuerdo a las especificaciones de la bomba, el modelo del filtro sería T 700, con dimensiones de 720\*730\*740 [mm<sup>3</sup>], según anexo 6, el cual filtra 21.3 [m<sup>3</sup>/h], como se demuestra en la figura a continuación.



**Figura N° 9.12: Filtro T-700.**

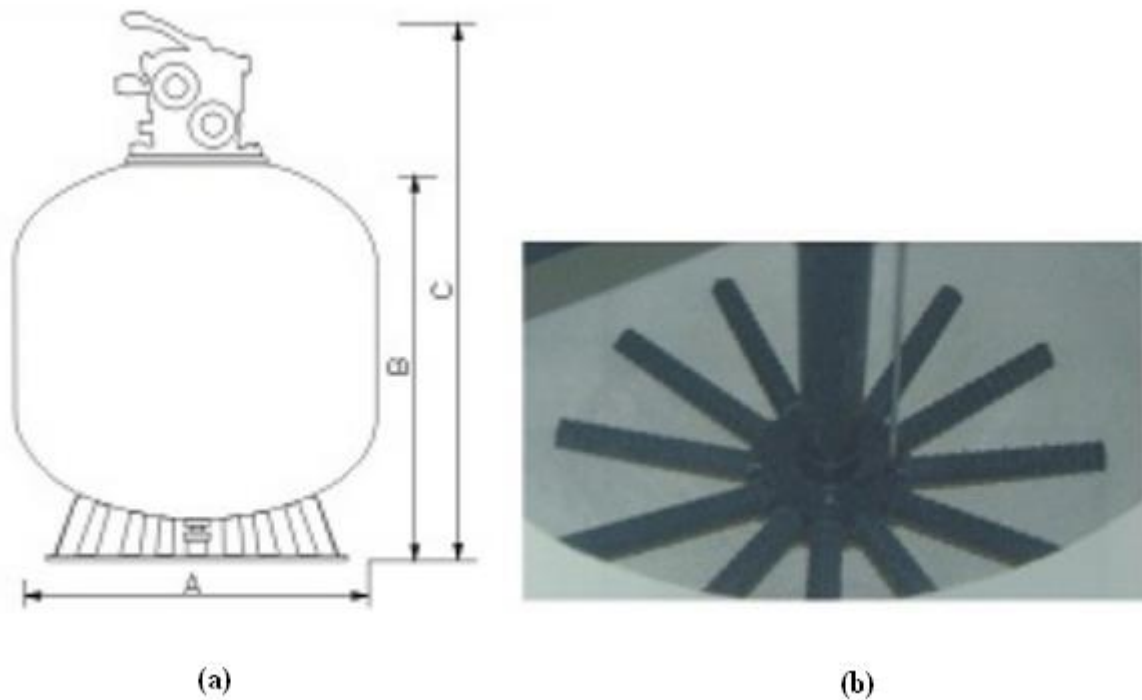
La serie jazzi superior se encarga del montaje del filtro de arena y la válvula proporcionando agua limpia para los usuarios comerciales. Este filtro proporciona mayor agua filtrada con una potencia menor por parte de la bomba. El diseño de fibra de vidrio de bobinado permite que el filtro sea a prueba de deformaciones y resistente a la corrosión, lo que hace que sea durable su uso.

### Características.

- Es un diseño único y avanzado, el cual asegura un drenaje rápido estabilizando el flujo de agua.
- La válvula de múltiples puertos de 6 posiciones posee un mango de usar fácilmente proporcionando un caudal máximo a baja caída de presión.
- El filtro de arena está equipado con un medidor de presión precisa eficiente ubicado en la parte lateral, además posee auto limpiantes laterales que son los que dan un flujo totalmente equilibrado para la recirculación del agua.
- Es fácil de instalar y de mantener.

**Tabla N° 9.15: Cuadro del filtro T700-28” Jazzi.**

Código	Modelo	caudal [m <sup>3</sup> /h]	Filtración de agua [m <sup>2</sup> ]	Tamaño de la tubería	Peso [Kg]	Dimensiones [mm]	Arena requerida [Kg]
040128	T700	21,3	0,41	1,5”	21,1	720*730*740	190



*Figura N° 9.13: Filtro T-700.*

## 11.2. Circuito de control y de fuerza del sistema hidráulico y de bombeo de la piscina.

Toda instalación eléctrica consta de un método de control, el cual comanda el funcionamiento de un sistema, a través, del tablero de control. A su vez también, esta representación posee un dibujo en el cual se detalla el diseño de dicho conjunto.

A continuación la figura N° 9.13 y N° 9.14 muestran los circuitos de control y de fuerza de la instalación eléctrica a instalar correspondiente al sistema hidráulico y de bombeo de la piscina, incluyendo en ambos los dos compresores que se utilizaran en el sistema solar termodinámico.



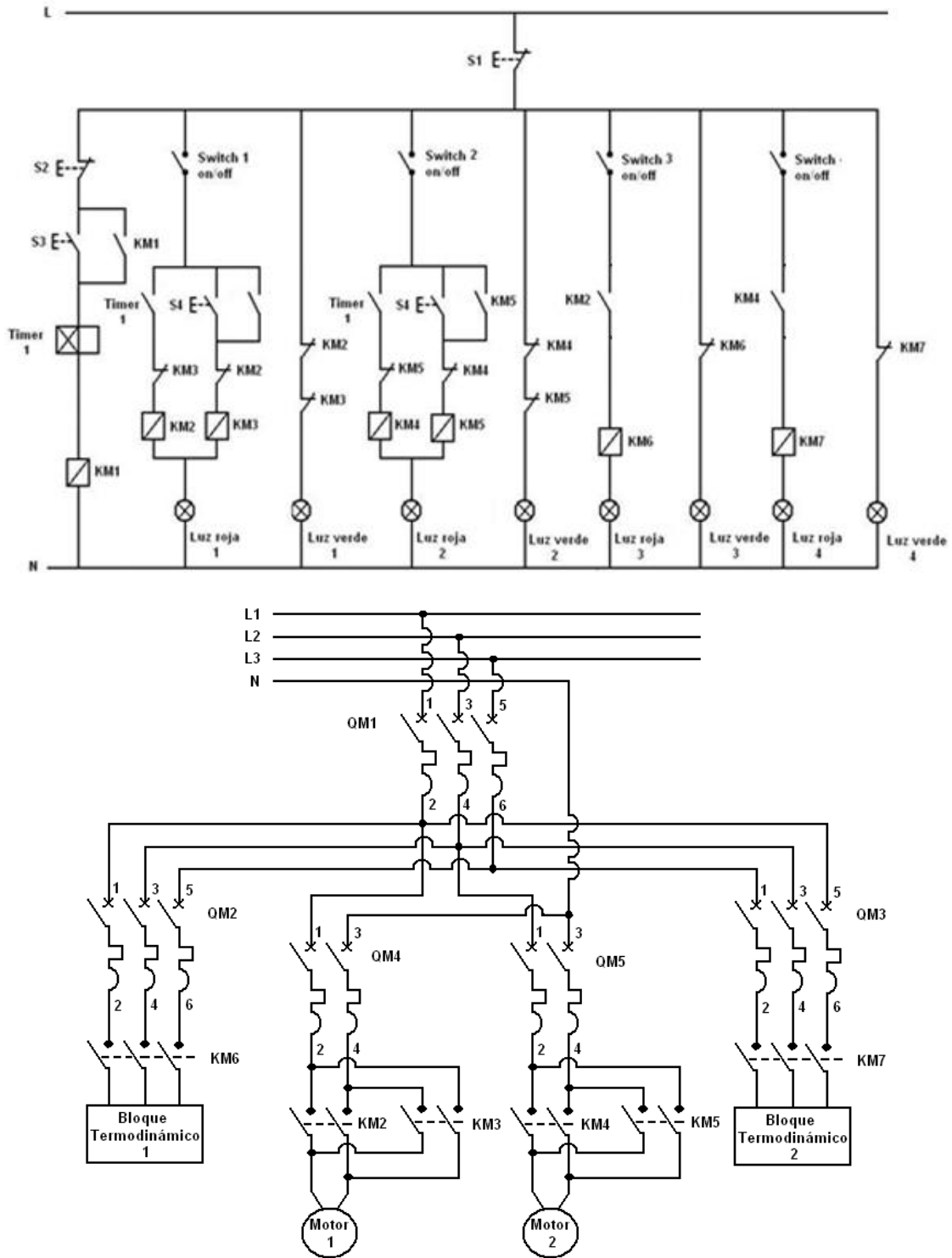


Figura N° 9.15: Circuito de fuerza.

El circuito de control anterior funciona de la siguiente manera:

Primeramente antes de comenzar el proceso de filtrado se encuentran las luces de color verde 1, 2, 3 y 4; las que indican que los motores y las bombas de calor no están en funcionamiento.

Para realizar la partida de todo el sistema (hidráulico y térmico) se pulsa el botón de encendido S3, el cual hace que el contactor monofásico KM1 se auto enclave y deje funcionando de manera automática el timer 1 (dejando en funcionamiento los contactores KM2, KM4, KM6 y KM7, auto enclavando estos últimos dos), ya que este es el que comanda los dos motores y las dos bombas de calor (esto lo hace durante un par de horas en el proceso de filtrado del agua), apagando también las luces de color verde antes mencionadas y encendiendo las luces de color rojo 1, 2, 3 y 4.

Luego al momento de realizar el lavado contra corriente (proceso que limpia los filtros), deja de funcionar el timer 1 (previamente programado para su funcionamiento en cierta cantidad de horas, quitándole la energía eléctrica a los contactores KM2 y KM4), dejando de circular el agua y deteniendo los motores 1 y 2. Posteriormente se abren las válvulas 4 y 8 (las que van al desagüe) y se cierran las válvulas 3 y 7 (las que hacen que fluya el agua hacia la piscina), para luego proceder a pulsar el botón S4, auto enclavando los contactores KM3 y KM5, que son los que hacen que el agua fluya en el otro sentido distinto al inicial.

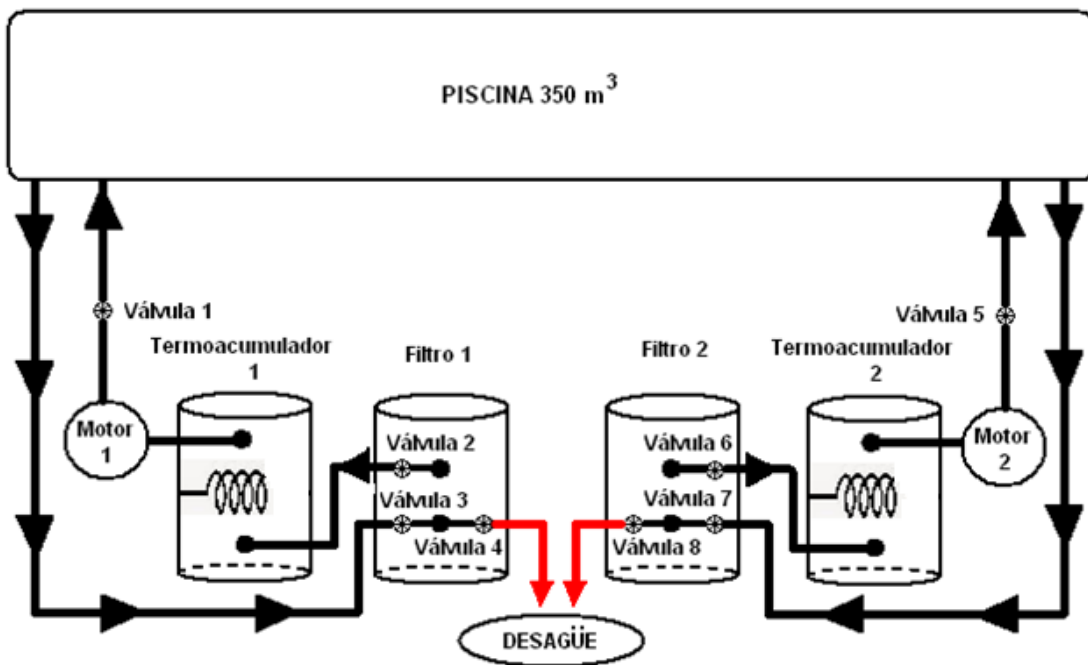
Una vez terminado el día y los procesos de filtrado y de contra corriente, se procede a apagar los motores y las bombas de calor a través de los Switchs 1, 2, 3 y 4; para luego comenzar un nuevo ciclo al otro día.

En el caso de ocurrir alguna falla general en el sistema se pulsara el botón de emergencia S1, dejando des energizado por completo los equipos, ó en el caso de ocurrir un desperfecto en algún motor o bomba de calor se puede dejar funcionando el resto del sistema de manera normal, girando el switch 1, 2, 3 o 4 en off dependiendo de la rama que no se quiera utilizar ó el problema a solucionar, sin detener el sistema completo.

### 11.3. Diseño gráfico de la instalación.

La instalación del conjunto tiene como fin optimizar el consumo eléctrico y a su vez poder utilizar las dependencias durante todo el año, es por eso que esta instalación posee un sistema de temperado de dicha piscina.

La imagen a continuación expone gráficamente el diseño de la disposición de los equipos, así también muestra la dirección en el cual fluye el agua filtrada y temperada al mismo tiempo. Cuando se realiza la limpieza del filtro, se efectúa un método el cual se denomina, lavado “Contra Corriente”, esto quiere decir que se invierte el sentido convencional de limpieza del agua, limpiando los filtros y eliminando las impurezas a través del desagüe en un determinado tiempo, como lo explica la figura N° 9.16 a continuación:



*Figura N° 9.16: Diseño gráfico del montaje de los equipos.*

Las flechas de color negro muestran el sentido en la cual fluye el agua cuando se realiza la limpieza y temperado de la piscina. Luego al finalizar el día se realiza la limpieza del filtro con el lavado contra corriente, invirtiendo el sentido del fluido de las flechas de color negro, el cual se

explica gráficamente con las flechas de color rojo en dirección hacia el desagüe, que es allí donde se eliminan las impurezas del filtro.

#### 11.4. Presupuesto de sistema hidráulico y de bombeo de la piscina.

El costo de los materiales a utilizar según el anexo 8 y acorde al mercado se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla N° 9.16: Cotización de materiales para la puesta en servicio.**

Nombre del producto	Cantidad	Valor unitario	Sub-Total
Bomba hidráulica II-J-02, 220 [V], 50 [Hz] 2[Hp]	2	243.654	487.308
Filtro de arena T700-28"	2	380.809	761.618
Cañerías de acero inoxidable 2" x 6 [m].	7	21.300	149.100
Válvulas de compuerta 2"	8	32.130	257.040
Disyuntor trifásico Legrand 3x63 [A]	1	38.547	38.547
Disyuntor monofásico 1x16 [A]	2	4.140	8.280
Disyuntor trifásico Legrand 3x25 [A]	2	27110	54.220
Contactador trifásico 50 [A]	2	81.950	163.900
Contactador Monofásico 20 [A]	5	48.190	240.950
Timer 220 [V]	1	174.790	174.790
Luces pilotos rojas 220 [V]	7	11.790	82.530
Luces pilotos verde 220 [V]	4	21.050	84.200
Pulsador N/C	2	6.200	12.400
Pulsador N/A	2	6.200	12.400
interruptor tipo paco 32 [A]	4	13.727	54.908
Riel din 2 [m].	1	11.930	11.930
Gabinete metálico 700x500x220 mm	1	99.952	99.952
Alambre NYA 2.5 Rojo [m].	10	200	2.000
Alambre NYA 2.5 Blanco [m].	10	200	2.000
Alambre NYA 2.5 Verde [m].	10	200	2.000
Regleta 12 puntos	1	6.910	6.910
Barra Cooper 1.2 [m]	1	3.100	3.100
Mano de obra (1 mes)		1.000.000	1.000.000
Otros (abrazaderas, pernos, tuercas, Etc.)		300.000	300.000
		<b>Total</b>	<b>4.010.083</b>

Además dentro de este presupuesto se deberá contemplar el consumo eléctrico durante todos los meses en que se utilice este sistema, teniendo en cuenta que la instalación posee una tarifa BT2 con un costo de \$71.035 por 1 [kW- h] (cable aéreo) para la comuna de Chiguayante, según tarifas de suministro CGE-Distribución.

Este sistema estará siendo utilizado durante todo el año, con un total de 240 [h] por mes, (6 [h] los lunes y 9 [h] los demás días) con una potencia de 3 [kW- h] (suma de potencia de los dos motores).

**Tabla N° 9.17: Consumo eléctrico de sistema hidráulico y de bombeo piscina.**

Mes	Potencia eléctrica consumida [kW- h]	Costo Total Mensual (\$)
Enero	3	51.145
Febrero	3	51.145
Marzo	3	51.145
Abril	3	51.145
Mayo	3	51.145
Junio	3	51.145
Julio	3	51.145
Agosto	3	51.145
Septiembre	3	51.145
Octubre	3	51.145
Noviembre	3	51.145
Diciembre	3	51.145
<b>Total Anual</b>		<b>613.740</b>

**CAPITULO 12: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA SOLAR  
TERMODINÁMICO Y DEL SISTEMA HIDRAULICO Y DE BOMBEO DE LA PISCINA.  
[1]**

Siempre se está frente a la duda de adquirir o no cierto equipo o implementar cierto sistema, esto debido a que la idea puede ser brillante o muy creativa, pero llevarla a cabo y que al final resulte rentable no siempre es factible. Es por ello que es necesario realizar una evaluación económica, con el fin de saber si será un proyecto conveniente del punto de vista económico, financiero. En este proyecto se realizara dos criterios de evaluación muy conocidas, una que es tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN).

**12.1. Valor actual neto (VAN).**

Es la suma algebraica de los flujos netos actualizados del proyecto:

$$P = A \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right].$$

$$P = \left[ \frac{F}{(1+i)^n} \right].$$

Dónde:

F = Valor futuro.

P = Valor presente.

i =Tasa de descuento del inversionista o interés compuesto.

A = Flujo de caja en todo el periodo.

n = Número de periodos en años.

Nota: Un proyecto es rentable si el VAN es mayor que cero.

- $VAN > 0$  = Proyecto Rentable (Realizarlo).
- $VAN < 0$  = Proyecto No Rentable (No realizarlo).
- $VAN = 0$  = Proyecto Indiferente.

## 12.2. Evaluación económica del sistema hidráulico y de bombeo de la piscina a instalar.

Para este caso se tienen los siguientes datos:

- Consumo de la bomba hidráulica anual actual: **\$ 1.144.620.**

*Teniendo en cuenta para este caso que se estimó el costo si la bomba funcionase 6 horas los días lunes y 9 horas los demás días durante todo el año, como lo hará la futura bomba hidráulica, para así poder realizar la evaluación de buena forma.*

- Costo de funcionamiento anual por consumo eléctrico del sistema a implementar: **\$ 613.740.**
- Ahorro anual si se implementa el sistema hidráulico y de bombeo a instalar: :  
 $\$ 1.144.620 - \$ 613.740 = \$ 530.880.$
- Vida útil del sistema: **20 años.**
- Se requerirá una inversión total de: **\$ 4.010.083**
- Para un proyecto fiscal se considera una tasa de descuento del: **8%.**
- Valor de salvamento de sistema actual: **\$2.733.191.**

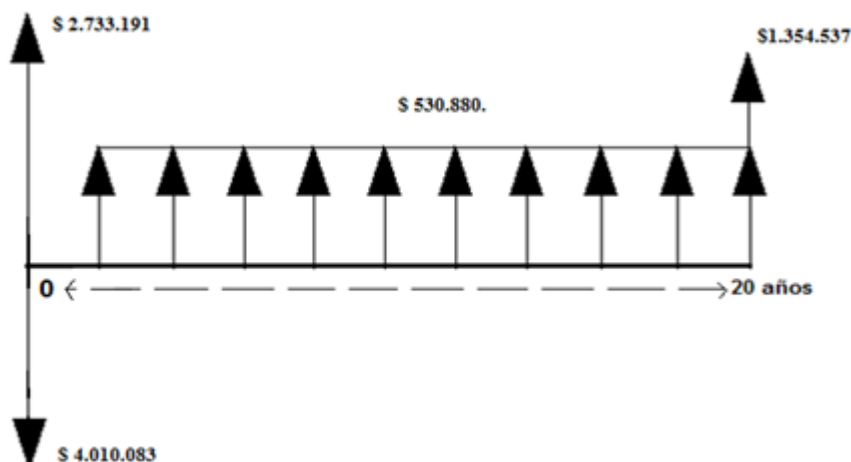
*Nota: Este valor corresponde a la venta de todos los materiales y equipos del sistema hidráulico y de bombeo que existe en la actualidad, esto se realizara en el año 0 y el valor corresponderá al 45% del valor comercial que posean estos materiales. Pero lo único que no se venderá y por lo tanto no estará contemplado en este valor de salvamento serán las cañerías que pasan por el costado de la piscina y por debajo de esta, pues son cañerías que soportaran el caudal del proyecto a instalar.*

- Valor de salvamento del sistema a instalar luego de cumplir su vida útil: **\$1.354.537**

*Este valor al igual que el anterior corresponderá a un 45% del valor comercial del sistema a instalar, pero en este caso se contemplara para el último año de la vida útil del sistema, como una forma de recuperar dinero y hacer más rentable el proyecto.*

Ya con todos los datos anteriores es posible realizar la evaluación económica mediante el VAN.

A continuación la figura N° 9.17 muestra un diagrama correspondiente a todo el conjunto de datos nombrados anteriormente, con el fin de ordenarlos y poder realizar la evaluación de buena manera.



**Figura N° 9.17: Diagrama de flujos.**

Utilizando las formulas anteriores se tiene:

- Costo inicial del proyecto: \$ 4.010.083 - \$ 2.733.191 = \$ 1.276.892

$$P = A \times \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right] = \$ 530.880 \times \left[ \frac{(1+0.08)^{20} - 1}{0.08 \times (1+0.08)^{20}} \right] = \$ 5.212.258$$

$$P = \left[ \frac{F}{(1+I)^n} \right] = \left[ \frac{\$ 1.354.537}{(1+0.08)^{20}} \right] = \$ 290.613$$



Por lo tanto el VAN será:

$$\text{VAN} = - \$ 1.276.892 + \$ 5.212.258 + \$ 290.613 = \$ \mathbf{4.225.979}$$

Este valor indica que el proyecto si se puede realizar, pues como se ha mencionado antes, al tener un proyecto con un VAN superior a cero quiere decir que este es rentable.

Si se ejecuta el proyecto en este momento, el inversionista tendría una ganancia de \$4.225.979, considerando todos los datos y cálculos anteriores.

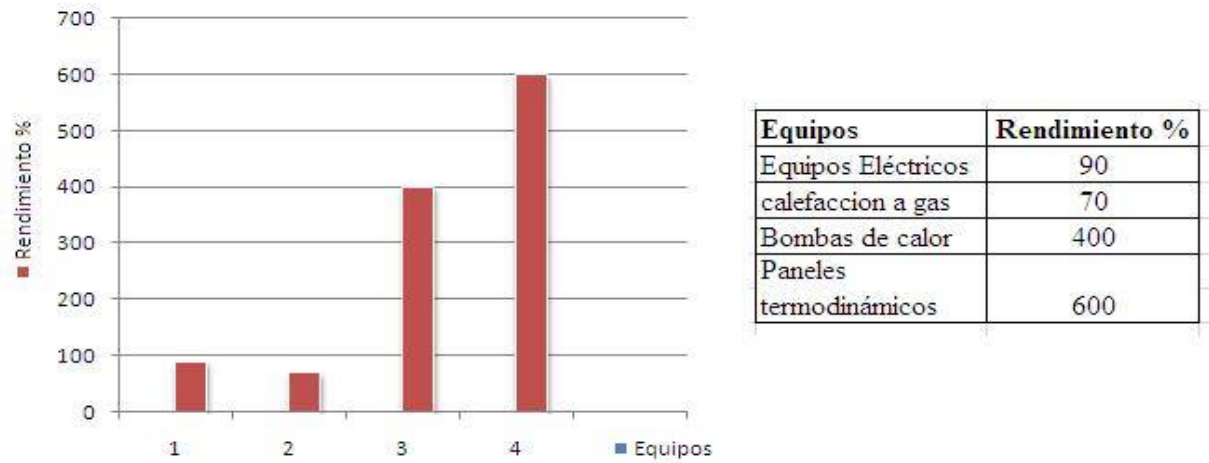
### **12.3. Evaluación económica de sistema solar termodinámico.**

Para el caso del sistema solar termodinámico se tienen los siguientes datos:

- Este sistema debido a su fabricación y resistencia a los diversos factores climatológicos posee una vida útil de 25 años.
- Se requerirá una inversión total de **\$ 29.864.243** para su futura implementación.
- Costo de funcionamiento anual **\$ 2.799.406.**

A continuación se muestra una gráfica que compara las diversas eficiencias energéticas de los sistemas de calefacción más comunes en el mercado.

Se aprecia claramente que el sistema solar termodinámico es el que posee la mayor eficiencia, muy por sobre los demás, a excepción de la bomba de calor que posee una un poco menor a este. Esto demuestra que sin duda es la mejor tecnología para la calefacción de agua existente actualmente.



**Figura N° 9.18:** Grafica de eficiencia energética de los equipos de calefacción de agua.

## **Conclusiones.**

No cabe duda que la energía solar ha sido siempre importante desde los comienzos de la existencia de la humanidad y de nuestro entorno natural. Ahora es donde quizás más la necesitamos como una forma de aprovecharla para tener un sistema energético limpio con la naturaleza y un sistema prácticamente inagotable. Se ha avanzado con respecto a este tema en los últimos años, pero no de la forma más adecuada posible, pues aun hoy las tecnologías capaces de utilizar este tipo de energía poseen un elevado costo de sus equipos y una eficiencia menor a la esperada en algunos casos. Por lo tanto creemos que es necesario un mayor aporte económico de parte del estado por un lado, con ello estas tecnologías estarán más al alcance de las personas. Este aporte debe ser para que los equipos bajen su costo monetario y además para que exista una mayor investigación con respecto al tema. Por otra parte, además de lo anterior, es necesario que las personas aporten también para que exista un verdadero cambio y se concienticen, de esta forma se pueda aprovechar mejor las tecnologías no renovables y con ello disminuir la contaminación ambiental y el agotamiento de los recursos.

Con respecto al “Sistema solar termodinámico” utilizado en esta investigación, se puede decir con claridad que es una muy buena forma de generar energía y de llevarla al campo de la calefacción, ya sea para el uso sanitario o para el temperado de una piscina. Pues se comprobó que posee un rendimiento muy elevado, el más alto del comercio existente. A pesar de que exista una baja en la temperatura en el exterior su rendimiento varía muy poco y genera una gran cantidad de potencia calórica. Sin embargo, es una tecnología muy nueva en nuestro país, por poner un ejemplo solo existe una empresa en la ciudad de Concepción capaz de proveer este sistema de calefacción a las personas, como es el caso de la empresa Enalteco, por lo que se está al debe en ese sentido.

Con respecto al segundo tema elegido en este seminario: “Sistema hidráulico de bombeo y filtraje de una piscina”, se puede decir con mucha claridad que era necesario realizar esta investigación, pues el sistema antiguo estaba generando un consumo eléctrico mucho mayor al debido. Además este no poseía la seguridad necesaria para el o los operarios que fuesen a realizar mantenciones y trabajos en el lugar.

Con el nuevo sistema a implementar se estará eliminando todo este déficit y con ello ahorrarle dinero a la “Granja Educativa”, que es una de las cosas más importantes cuando se realiza un proyecto.

## **Bibliografía.**

- [1] Axel Jansson Molina. (2000). Formulación y evaluación de proyectos de inversión. Santiago de Chile: Universidad tecnológica metropolitana. (Pág: 163-256)
- [2] George J. Thaler y Milton L. Wilcox. (1996).-Estado dinámico y permanente. Santiago: Limusa-Wiley, S.A. (Pág: 229-232)
- [3] Mark W. Zemansky, Richard H. Dittman. (1988). Calor y Termodinámica. México: Mac Graw Hill. (Pág: 91-97)
- [4] Mark W. Zemansky. (1968). Calor y Termodinamica. España: McGraw-Hill. (Pag: 113-115).
- [5] INSHT. (2002). Condiciones básicas para el confort térmico. 26 de Abril, de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Sitio web:  
<http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6104/07CAPITULO2.pdf?sequence=7>
- [6] Architecture Student at America Movil. (2013). Definición térmica y factores que determinan la situación de confort térmico. 15 de Abril, de slideshare Sitio web:  
<http://es.slideshare.net/adrianpaimadelaguila/confort-termico-18873721>
- [7] Profesores particulares. (2000). Apuntes de termodinámica. 03 de Marzo, de Físicanet Sitio web: [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/ap04\\_primer\\_principio.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/ap04_primer_principio.php)
- [8] wordpress. (2009). Sistemas de climatización y producción térmica. 27 de Mayo, de Energía solar térmica Sitio web: <https://villalbasolartermica.wordpress.com/produccion-de-la-energia-solar-termica/>

- [9] Chilectra. (2009). Bombas de calor y métodos de energía renovable. 13 de julio, de Chilectra S.A. Sitio web: <http://www.chilectra.cl/wps/wcm/connect/ngchl/ChilectraCl/ecoenergias/Energias+renovables+no+convencionales/Full+Termia/>
- [10] (2012). Tipos de bombas de calor. 24 de Octubre, de Bombas de calor Sitio web: <http://www.chilectra.cl/wps/wcm/connect/ngchl/ChilectraCl/ecoenergias/Energias+renovables+no+convencionales/Full+Termia/>
- [11] Guang Yuan Expressway GZL. (2012). Componentes de piscinas. 15 de Octubre, de jazzipool Sitio web: <http://www.jazzipool.com/>
- [12] Koslan. (2005). Eficiencia, impulsión y distribución de agua. 10 de Agosto, de Koslan S.A. Sitio web: <http://www.koslan.cl/>
- [13] Meteochile. (2013). Dirección meteorológicas de Chile. 08 de Mayo, de meteochile Sitio web: <http://www.meteochile.gob.cl/inicio.php>
- [14] Centro Nacional para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables. (2015). Bloomberg. 30 de Junio, de CIFES Sitio web: <http://cifes.gob.cl/tecnologias/solar/>
- [15] Agromet. (2015). Chiguayante (Bio-Bío). 20 de Marzo, de Agromet Sitio web: [http://www.agromet.cl/?reg\\_c\\_codigo=VIII&q=mapa&protocol=google](http://www.agromet.cl/?reg_c_codigo=VIII&q=mapa&protocol=google)
- [16] University Network for Architectural and Urban Sustainability. (2015). Paneles Solares Termodinámicos. 2015, de University Network for Architectural and Urban Sustainability Sitio web: <http://www.unaus.eu/blog/55-paneles-solares-termodinamicos>

- [17] Antoni Cladera. (2015). Entendiendo el Azimut y la Elevación. 2014, de PhotoPills SL  
Sitio web: <http://es.photopills.com/articulos/entendiendo-el-azimut-la-elevacion>
- [18] Corporación Bonanza. (2010). Incidencia Solar. 2015, de Grupo-Eco Sitio web:  
<http://www.ecopotencia.com/incidencia.html>
- [19] Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. (2010). La Radiación Solar. 2014, de  
AEMET Sitio web:  
[http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf)
- [20] Sogaltec Solar. (2012). Ventajas de los colectores de tubos de vacío. 2014, de Sogaltec  
Solar S.L Sitio web:  
[http://www.sogaltecsolar.com/colectores\\_planos\\_o\\_tubos\\_de\\_vacio.htm](http://www.sogaltecsolar.com/colectores_planos_o_tubos_de_vacio.htm)
- [21] Eco-Enérgica. (2012). Energía solar térmica. 2015, de Eco-Enérgica Sitio web:  
<http://www.eco-energetica.com/sitio/sala/tips/solar/>
- [22] Reindesa. (2013). Filtración. 2015, de Reindesa Sitio web:  
<http://www.reindesa.com/filtracion-piscinas>
- [23] Urzainqui. (2013). Filtros, tuberías y cloración. 2015, de Urzainqui Sitio web:  
<http://urzainqui.galeon.com/productos1498127.html>
- [24] Leroy Merlin. (2014). Especial Piscinas: Calentadores. 2015, de Adeo Sitio web:  
[http://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/especiales/especial\\_piscinas/calentadores.html](http://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/especiales/especial_piscinas/calentadores.html)
- [25] Agromet. (2012). Estaciones. 2015, de Agromet Sitio web:  
<http://agromet.inia.cl/estaciones.php>
- [26] Wikipedia. (2010). Gasto másico. 2015, de Wikipedia Sitio web:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Gasto\\_m%C3%A1sico](https://es.wikipedia.org/wiki/Gasto_m%C3%A1sico)

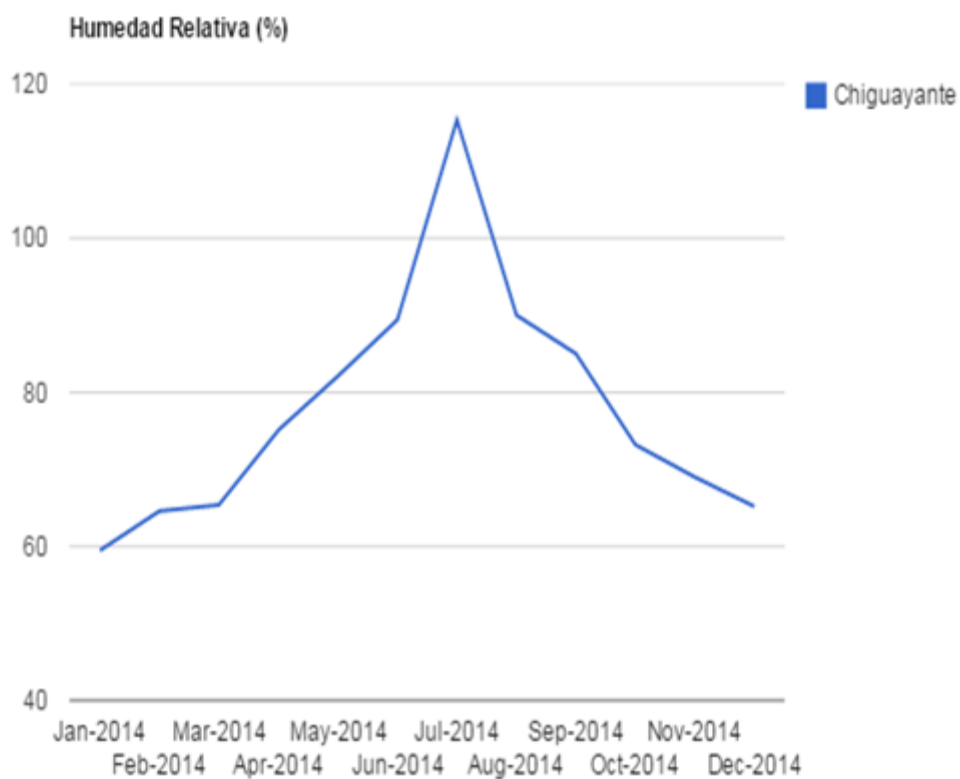
- [27] Ingeniería y Cálculos. (2010). Flujo másico. 2015, de ingeniería y Cálculos Sitio web: <http://www.ingenieriaycalculos.com/fisica/mecanica/fluidos/calculadora/caudal-masico>
- [28] Laura Moreno Corrales. (2014). Diseño de instalaciones de máxima eficiencia en piscinas climatizadas. 2014, de Bibing.com Sitio web: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4628/fichero/3.-ANEXOS+DE+CALCULO%252FANEXOS+DE+CALCULO.pdf>
- [29] Jordi Noguera Sebastián. (2011). Climatización de una piscina cubierta mediante la combinación de energía solar térmica, geotermia y caldera de apoyo de biomasa. 2011, de Upcommons Sitio web: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12795/Memoria.pdf?sequence=1>
- [30] Golden Energy. (2014). Panel solar termodinámico de última generación. 2014, de Golden Energy Sitio web: <http://www.goldenenergy.cl/pdf/Esquema%20ACS%20Gran%20Volumen.pdf>
- [31] Solar PST. (2010). Paneles Solares Termodinámicos. 2010, de Solar PST Sitio web: <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/adminTools/fichaDeProductoDetalle.aspx?idFichaPro=867>



# **ANEXOS**

ANEXO 1.

**Humedad relativa para la comuna de Chiguayante, Concepción, Chile.**



ANEXO 2.

**Radiación solar para la comuna de Chiguayante, Concepción, Chile.**

**Tabla**

Variable : Radiación Solar (Mj/m2)

#	MESES	Chiguayante
1	Jan-2014	26,3
2	Feb-2014	25,1
3	Mar-2014	18,4
4	Apr-2014	11,9
5	May-2014	6,7
6	Jun-2014	5,6
7	Jul-2014	6,1
8	Aug-2014	8,9
9	Sep-2014	12,4
10	Oct-2014	20,9
11	Nov-2014	26,2
12	Dec-2014	26,8

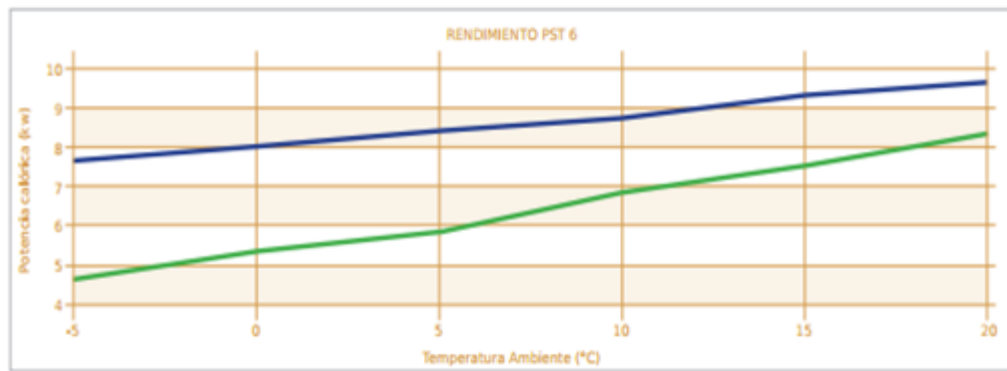
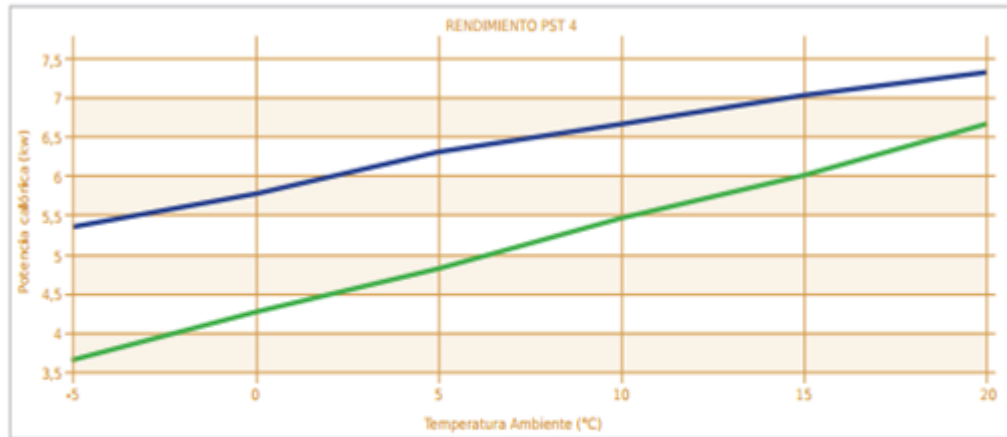
ANEXO 3.

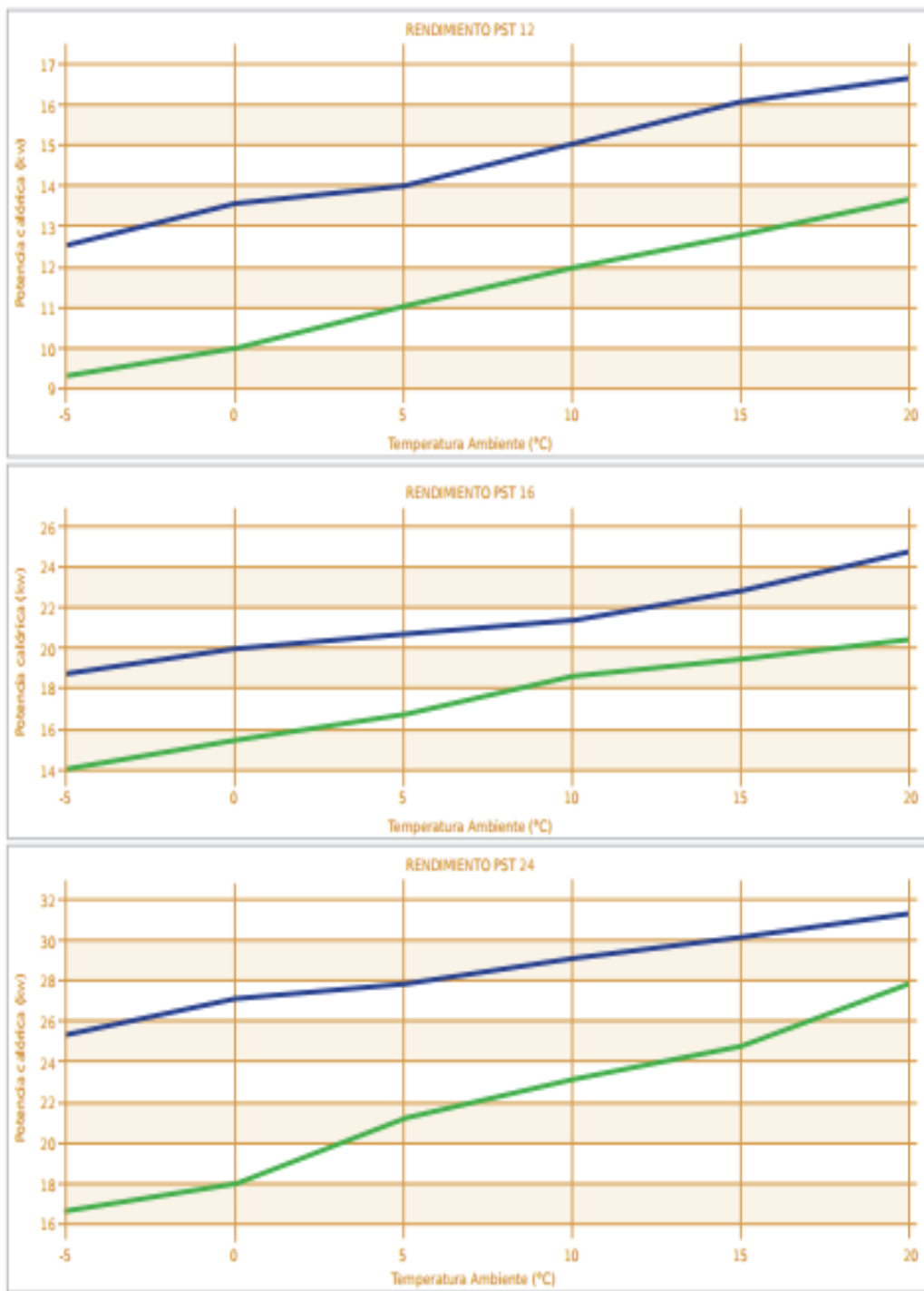
**Temperatura media mensual del agua de la red, para concepción.**

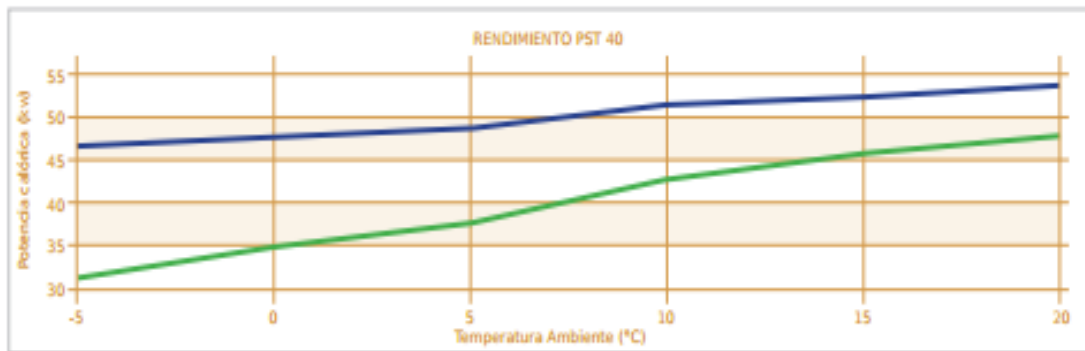
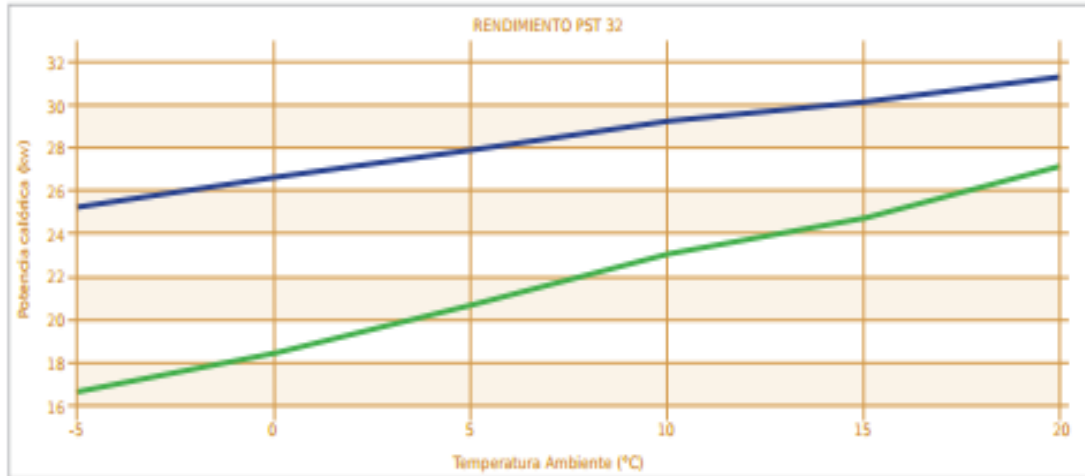
	<b>Mes</b>	<b>T agua de red (°C)</b>
1	Enero	15,7
2	Febrero	16,4
3	Marzo	16
4	Abril	14,7
5	Mayo	13
6	Junio	11,4
7	Julio	10,2
8	Agosto	9,8
9	Septiembre	10,1
10	Octubre	11,1
11	Noviembre	12,5
12	Diciembre	14,2
	<b>Media anual</b>	<b>12,93</b>

ANEXO 4.

**Curvas de rendimiento para diferentes modelos de paneles termodinámicos modelo PST.**







ANEXO 5.

**Características físicas y técnicas de distintos modelos de bombas hidráulicas, según la empresa Jazzi Pool.**

Code	Model	Power	Voltage	Flow	Pipe size	Ctn. Qty.	G.W	Dimension
		HP /KW	V/Hz	m <sup>3</sup> /h	inch		kg	mm
030401	II-J-01	1.5/1.1	220/50	20	2	1	15.0	675x270x355
030402	II-J-02	2.0/1.5	220/50	24	2	1	16.2	675x270x355
030403	II-J-03	3.0/2.2	220/50	30	2	1	17.7	675x270x355
030404	II-J-04	1.5/1.1	380/50	20	2	1	14.8	675x270x355
030405	II-J-05	2.0/1.5	380/50	24	2	1	16.2	675x270x355
030406	II-J-06	3.0/2.2	380/50	30	2	1	17.8	675x270x355
030407	II-J-07	1.5/1.1	220/60	20	2	1	15.0	675x270x355
030408	II-J-08	2.0/1.5	220/60	24	2	1	16.2	675x270x355
030409	II-J-09	3.0/2.2	220/60	30	2	1	17.7	675x270x355
030410	II-J-10	1.5/1.1	380/60	20	2	1	14.8	675x270x355
030411	II-J-11	2.0/1.5	380/60	24	2	1	16.2	675x270x355
030412	II-J-12	3.0/2.2	380/60	30	2	1	17.8	675x270x355



ANEXO 6.

**Características físicas y técnicas de distintos modelos de filtros, según la empresa Jazz Pool.**

Code	Model	Design Flow m <sup>3</sup> /h	Filtration area m <sup>2</sup>	Pipe size inch	Sand Required kg	Ctn. Qty.	G.W kg	Dimension mm
040116	T400-16 "	6.7	0.13	1.5	50	1	11.7	430x430x770
040118	T450-18 "	8.2	0.17	1.5	75	1	13.5	460x460x840
040121	T500-21 "	10.8	0.22	1.5	90	1	15.3	540x540x865
040122	T550-22 "	12.5	0.25	1.5	110	1	19.7	540x540x865
040125	T650-25 "	16.4	0.36	1.5	170	1	20.0	660x660x725
						1	3.00	280x280x335
040128	T700-28 "	21.3	0.41	1.5	190	1	21.1	720x730x740
						1	3.00	280x280x335
040130	T750-30 "	24.2	0.45	2.0	210	1	24.5	730x740x780
						1	4.60	280x280x380
040133	T800-33 "	26.8	0.51	2.0	300	1	30.5	840x840x920
						1	4.60	280x280x380
040136	T900-36 "	32.6	0.65	2.0	400	1	37.7	920x920x1000
						1	4.60	280x280x380
040140	T1000-40 "	40.3	0.81	2.0	500	1	53.6	1020x1020x1000
						1	4.60	280x280x380
040144	T1100-44 "	49.0	0.99	2.0	600	1	53.6	1130x1130x1180
						1	4.60	280x280x380
040148	T1200-48 "	56.0	1.14	2.0	750	1	66.7	1230x1230x1220
						1	4.60	280x280x380
040156	T1400-56 "	76.3	1.56	2.0	1000	1	85.7	1430x1430x1420
						1	4.60	280x280x380



ANEXO 8.

**Cotización de materiales eléctricos.**

**Dartel La Serena Ltda.**

Avd. Gabriel González V. n° 64  
 La Serena  
 Teléfono: 051-470341 / 051-470340  
 La Serena  
 E-mail: mmla@dartel.cl  
 E-mail: laserena@dartel.cl

R.U.T.: 76.216.797-2  
 COTIZACION  
 19 LHVP



NOMBRE \_\_\_\_\_ FECHA 14-05-2015  
 RUT \_\_\_\_\_  
 DIRECCION \_\_\_\_\_ FONO \_\_\_\_\_  
 GIRO \_\_\_\_\_

**AT. SR PATRICK MENDEZ** N° COT. 19

Nombre del producto	Cantidad	Valor unitario	Sub-Total
Disyuntor trifásico Legrand 3x63 [A]	1	38.547	38.547
Disyuntor monofásico 1x16 [A]	2	4.140	8.280
Disyuntor trifásico Legrand 3x25 [A]	2	27110	54.220
Contactador trifásico 50 [A]	2	81.950	163.900
Contactador Monofásico 20 [A]	5	48.190	240.950
Timer 220 [V]	1	174.790	174.790
Luces pilotos rojas 220 [V]	7	11.790	82.530
Luces pilotos verde 220 [V]	4	21.050	84.200
Pulsador N/C	2	6.200	12.400
Pulsador N/A	2	6.200	12.400
interruptor tipo paco 32 [A]	4	13.727	54.908
Riel din 2 [m].	1	11.930	11.930
Gabinete metálico 700x500x220 mm	1	99.952	99.952
Alambre NYA 2.5 Rojo [m].	10	200	2.000
Alambre NYA 2.5 Blanco [m].	10	200	2.000
Alambre NYA 2.5 Verde [m].	10	200	2.000
Regleta 12 puntos	1	6.910	6.910
Barra Cooper 1.2 [m]	1	3.100	3.100
<b>Sub-Total</b>			<b>854.564</b>
<b>Descuento 0,0 %</b>			<b>0</b>
<b>Valor Neto</b>			<b>854.564</b>
<b>I.V.A. 19 %</b>			<b>200.453</b>
<b>Total</b>			<b>1.055.017</b>

LA DIFERENCIA ESTÁ EN EL SERVICIO

SON :

IMPORTANTE :

NOTAS: \_\_\_\_\_

USTED FUE ATENDIDO POR: LEONARDO VARGAS PASTÉN  
 EMAIL: [vargas@dartel.cl](mailto:vargas@dartel.cl)  
 FONONO: 051 2 470341  
 FAX: 051 2 470 3410

ANEXO 9.

**Cotizacion del Sistema Solar Termodinamico.**



FECHA : 15/05/2015

11:40

**C O T I Z A C I O N**

FECHA : 15 de MAYO de 2015.

CLIENTE : PARTICULAR.

DIRECCION : AV. TOMAS MORO N°1075 OF. I LAS CONDES - SANTIAGO - CHILE

COMUNA : LAS CONDES

CIUDAD : SANTIAGO

OBSERVACION :

CONTACTENOS AL TEL : 56-02-564 8655 O WEB GOLDENERGY.CL

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	P. UNITARIO	TOTAL
1	2	PANEL SOLAR TERMODINAMICO PST- 40C	11.490.000	22.980.000
2	2	BLOQUE TERMODINAMICO:CAJA INOXIDABLE CON AISLAMIENTO ACUSTICO	399.000	798.000
3	2	COMPRESOR HERMETICO COPELAND, TIPO SCROLL	1.290.000	2.580.000
4	2	GAS REFRIGERANTE 407C, CARGA = 5.5 KG	32.000	64.000
5	2	VALVULA DE EXPANSION DANFOSS	24.500	49.000
6	2	INTERCAMBIADOR TIPO SERPENTINA SUMERGIDA MAS CAJA TERMO ACUMULADOR	650.000	1.300.000

TOTAL NETO : 22.494.510  
 19 % IVA : 5.276.490  
 TOTAL : 27.771.000

AGRADECEMOS SU PREFERENCIA