



ICAI

ICADE

CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad Mecánica

RENOVACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL COLEGIO SEK-CIUDALCAMPO Y ANÁLISIS DE AHORROS ENERGÉTICOS

Autor: Eduardo S. Marín Acosta

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid
Julio 2018

TABLA DE CONTENIDOS DE CONTENIDOS DEL PROYECTO FINAL DE CARRERA

PARTE 0: CESIÓN A LA UNIVERSIDAD, CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD, RESUMEN DEL PROYECTO Y AGRADECIMIENTOS.....	3
---	----------

PARTE I: MEMORIA DESCRIPTIVA.....	15
1. INTRODUCCIÓN	23
2. ESTADO DEL ARTE.....	26
3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO	53
4. CÁLCULO DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS	74
5. PRESUPUESTO	83
6. CONCLUSIONES	84

PARTE II: CÁLCULOS.....	87
1. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS NUEVAS	91
2. ANÁLISIS DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS.....	104

PARTE III: PLANOS	123
--------------------------------	------------

PARTE IV: PRESUPUESTO	125
1. INTRODUCCIÓN	128
2. ESTUDIO LCC	130

PARTE V: BIBLIOGRAFÍA.....	138
-----------------------------------	------------

PARTE VI: ANEXOS	143
1. FICHAS TÉCNICAS DE LA NUEVA INSTALACIÓN.....	145
2. FICHAS TÉCNICAS DE LAS BOMBAS ANTIGUAS.....	192

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Eduardo Salvador Marín Acosta DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: RENOVACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL COLEGIO SEK-CIUDALCAMPO Y ANÁLISIS DE AHORROS ENERGÉTICOS, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar "marcas de agua" o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos

e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 10 de julio de 2018.

ACEPTA

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'S. Llanos', written over a horizontal line.

Fdo.....

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
"Renovación del sistema de bombeo del colegio
SEK-ciudadcampo y análisis de ahorros energéticos"

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2017-2018 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Eduardo S. Marín Acosta

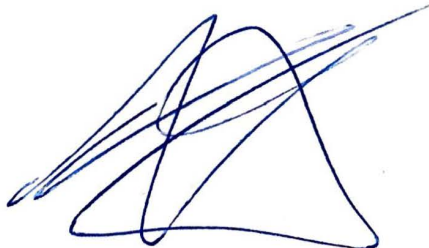
Fecha: 18 / 07 / 2018

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Íñigo Sanz Fernández

Fecha: 18 / 07 / 2018



RENOVACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL COLEGIO SEK-CIUDALCAMPO Y ANÁLISIS DE AHORROS ENERGÉTICOS

Autor: Marín Acosta, Eduardo Salvador

Director: Íñigo Sanz Fernández

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO:

Introducción

Un 10% de la energía mundial es gastada por los motores que mueven cada día a las bombas hidráulicas. Por eso, las empresas del sector están desarrollando líneas de negocio en base a sustituciones por nueva tecnología más eficiente. Buena parte del gasto se debe a que cada vez que las bombas actualmente instaladas funcionan, lo hacen al 100% de sus posibilidades, esto es, o apagadas o al 100% de su gasto aunque no sea necesario. Debido a que la instalación demanda el 100% tan solo un 3% del tiempo en toda la vida de la bomba, un variador de frecuencia para cada bomba reduciría considerablemente este derroche energético.

De esta manera, y con el apoyo de la multinacional de matriz danesa Bombas Grundfos España S. A., se diseñó un sistema de bombeo nuevo y eficiente para el colegio SEK-Ciudalcampo, antiguo colegio del alumno, calculando además los ahorros tanto energéticos como económicos que supone esta sustitución.

La motivación personal reside en, principalmente, hacer ver el potencial ahorro que hay en instalaciones actuales. Asimismo, se pretende acercar al mundo académico una empresa multinacional de una industria que está en cada casa, hospital, hotel, edificio... Además de mejorar, como debe hacer siempre un ingeniero, el lugar que me vio crecer.

Metodología y resultados

En cuanto a la metodología que se siguió, en pocas palabras, fue realizar una “radiografía” al sistema; analizarla e investigar las bombas antiguas; proponer una mejora; y, finalmente, justificar dicha mejora.

En primer lugar, SE VISITÓ LA INSTALACIÓN para analizar todo el sistema que actualmente daba agua al colegio, de manera que se pudieran identificar los principales canales de derroche energético. La visita, esclareció que las bombas eran

muy antiguas, de manera que esto suponía un gasto anual muy grande de energía. Tras radiografiar el sistema, se debió investigar para hallar las curvas (y puntos nominales) de las bombas antiguas, ya que datando algunas de los años '80 y '90, sus fichas técnicas no se encontraban fácilmente. En este punto, fue de especial ayuda los contactos hechos durante el período de prácticas del alumno en Bombas Grundfos, cuyos expertos aportaron sabiduría a este proyecto. Se tuvieron que realizar suposiciones tratando de ser lo más conservador posible en cuanto al gasto energético de la instalación antigua se refiere, es decir, **siempre se suponía que la instalación antigua estaba funcionando en la mejor de sus posibilidades** (escenario irreal, pero conservador).

Tras terminar de analizar la instalación y de conocer sus curvas, se procedió a la SELECCIÓN DE LAS NUEVAS BOMBAS con los puntos nominales de las antiguas (o de máxima eficiencia). Esta selección se llevó a cabo a través del software Grundfos Product Center, proponiendo siempre una bomba de características similares a la actualmente instalada (p. ej.: mantener el tipo de bomba de rotor húmedo, o la instalación de dos gemelas en vez de una bomba doble). Se eligieron bombas con variador de frecuencia, además de un cuadro de control externo para el grupo de presión. En este grupo, se mantiene la primera bomba que fue sustituida hace 4 años y se propone un cuadro de control que actúa como VF además de controlando el número de bombas arrancadas según demanda. Se muestra a continuación una tabla con las bombas antiguas, el año de instalación, y las bombas propuestas.

Tabla 1. Muestra de datos relevantes obtenidos de la instalación antigua.
Fuente: propia.

Ref.	Circuito	Bomba Instalada	Año Instalación	P2	Punto Nominal		Bomba propuesta (marca Grundfos)
				kW	m³/h	m	
G01	Grupo de presión	GRUNDFOS CM10-6	2014	4	10	78,3	Se mantiene
G02	Grupo de presión	SACI K 55 T	2008	4	7	70	CM10-6 A-R-G-E-AQQE
G03	Grupo de presión	N/A	1985	4	7	70	CM10-6 A-R-G-E-AQQE
B01	Calefacción	SEDICAL SIM 100/260	1995	5,9	85	15	TPE 100-200/2-S
B02	Calefacción	SEDICAL SIM 100/260	1995	5,9	85	15	TPE 100-200/2-S
B03	Calefacción	SEDICAL SP 65/7T	1998	0,94	30	3,5	MAGNA3 80-60 F
B04	Calefacción	SEDICAL SP 65/7T	1998	0,94	30	3,5	MAGNA3 80-60 F
B05	Calefacción	SEDICAL SP 40/12T	1998	0,585	10	8,5	MAGNA3 40-120 F
B06	Calefacción	SEDICAL SP 40/12T	1998	0,585	10	8,5	MAGNA3 40-120 F
B07	ACS	SEDICAL SP 40/10B	1998	0,46	10,5	6,3	MAGNA3 32-120 F N
B08	ACS	SEDICAL SAP 40/8T	1990	0,37	8,7	6	MAGNA3 32-120 F N
B09	ACS	SEDICAL SAP 40/8T	1990	0,37	8,7	6	MAGNA3 32-120 F N
B10	ACS	SEDICAL SAP 40/8T	1990	0,37	8,7	6	MAGNA3 32-120 F N
B11	ACS	SEDICAL SP 40/8-B	1995	0,33	8	5	MAGNA3 32-120 F N
B12	ACS	SEDICAL SP 50/10B	1995	0,82	14	7	MAGNA3 32-120 F N
B15	Calderas	SEDICAL SM 80/5B	1990	0,845	32	3,5	MAGNA3 65-100 F
B16	Calderas	SEDICAL SM 80/5B	1990	0,845	32	3,5	MAGNA3 65-100 F
B17	Calderas	SEDICAL SAP 80/12T	2000	2,1	45	10	MAGNA3 100-120 F
B18	Calderas	SEDICAL SP 80/12B	1998	2	39	8	MAGNA3 100-120 F

Una vez realizada la selección, se procedió a realizar un ESTUDIO TÉCNICO DE AHORROS ENERGÉTICOS Y ECONÓMICOS, que termina con un plazo de amortización de la inversión. En este estudio, realizado en Excel, se tienen en cuenta factores como la pérdida de rendimiento por cada año, el consumo de cada bomba en el arranque o las horas de funcionamiento de cada bomba, entre otros. Su objetivo es que el propietario de la instalación pueda ver cómo, año a año, esta sustitución le supone unos cuantos miles de euros ahorrados en energía (y amortizando así su inversión).

El estudio se compone de diferentes fases basadas en: recogida de datos, perfiles de carga (% del tiempo de funcionamiento a un % de carga concreto), IEC Standard (tabla de rendimientos de motores), cálculo del desvío de rendimientos hidráulicos y finalmente, cálculos energéticos de la instalación antigua y de la nueva, cuya diferencia será el ahorro total. Con la instalación propuesta, **se ahorran anualmente 67.556,04kWh**, lo cual se traduce a **6.755,60€/año** y, por tanto, a un **período de amortización de 11,11 años**.

Presupuesto y conclusiones

Para el cálculo de presupuesto se siguió el estudio LCC (*“Life Cycle Cost”*) en vista a 10 años. Se obtuvo la siguiente tabla, con los costes energéticos negativos al ser un ahorro y no un gasto.

Tabla 2. Presupuesto final calculado por LCC a 10 años.
Fuente: propia.

Concepto	Total
Costes iniciales (compra)	37.517,50 €
Costes de instalación y puesta en marcha	37.517,50 €
Costes energéticos a 10 años	-67.556,04 €
Costes de mantenimiento	13.503,50 €
Costes de retirada	3.406,15 €
PRESUPUESTO TOTAL	24.388,61 €

Así pues, el presupuesto total es de **veinticuatro mil trescientos ochenta y ocho con sesenta y un euros**.

En conclusión, este proyecto ha cumplido sobradamente todos los objetivos marcados, tanto que se estudiará la posibilidad de presentarlo para llevar a cabo su instalación según propuesta del director tanto al colegio (aunque el cliente sería una empresa externa a quien el colegio paga una tarifa fija) por ser una oportunidad de mejorar la calidad de su servicio, como a Grundfos, por el apoyo que han dado al proyecto y la experiencia aportada las prácticas realizadas allí, al ser una oportunidad de negocio.

MODERNISATION OF SCHOOL SEK-CIUDALCAMPO'S PUMPING SYSTEM AND ENERGY SAVINGS' ANALYSIS.

Author: Marín Acosta, Eduardo Salvador

Director: Íñigo Sanz Fernández

Collaborating institution: ICAI – Comillas Pontifical University

PROJECT SUMMARY:

Introduction

10% of the world's energy is spent by the motors in charge of moving hydraulic pumps every day. Therefore, companies in this market are developing lines of business based on substitutions for new and much more efficient technology. A good part of this 10% is due to the fact that each time the pumps currently installed work, they do their 100%, that is, either turned off or working at the 100% of their possible expense even if it is not necessary. As the installation demands the 100% only the 3% of the time in the pump's whole life, a variable frequency driver for each pump would reduce considerably this energy waste.

In this sense, and counting on the support of the Danish mother company Bombas Grundfos España, a whole new and efficient pumping system was designed for the SEK-Ciudalcampo, former student's school, also calculating the energy and economic savings caused by this substitution.

The personal motivation that guides this project is, mainly, to educate on the potential saving hidden in nowadays buildings and facilities. Furthermore, it aims to bring to the academic world a multinational company in an industry present in every house, hospital, hotel, building, etc. In addition to the improvement, now as a former engineer, the place that saw me grow.

Methodology and results

Regarding the methodology followed, it started by making an "X-ray" to the system; analyze it and investigate the old pumps; propose an improvement; and, finally, justify this improvement.

Firstly, THE INSTALLATION WAS VISITED to analyze the entire system that currently gave water to the school, so that the main channels of energy waste could be identified. The visit clarified that the pumps were very old, so this involved a very large annual energy waste. After analyzing the system, it was necessary to investigate and

find out the curves (and nominal points) of the old pumps, since some of them even date from the '80s and' 90s, their technical data sheets were not easily found. At this point, the contacts made during the student's internship in Grundfos were especially helpful, whose experts contributed wisdom to this project. Some assumptions had to be made while trying to be as conservative as possible in terms of energy waste of the old facility, that is, **it was always assumed that the old facility was operating at the best of its possibilities** (unreal scenario, but conservative).

After finishing analyzing the installation and having found or calculate its curves, we proceeded to the NEW PUMPS SELECTION using the nominal points of the old ones (points of maximum efficiency). This selection was carried out using the Grundfos Product Center software, always proposing a pump with similar characteristics to the one currently installed (e. g. maintaining the pump type, or the installation of two twin pumps instead of one double pump). Pumps including VFD were always chosen, as well as an external control panel for the water boosting group. In this group, the first pump that was replaced 4 years ago so it's not going to be changed, and also a control panel is proposed which acts as VFD in addition to controlling the number of pumps launched according to demand. A table including the old pumps, the installation year, and the proposed pumps is shown below.

Table 3. Relevant info from the old installation and substitute pumps proposed.
Source: own.

Ref.	Circuit	Installed pump	Installation year	P2	Nominal point		Proposed pump (brand Grundfos)
				kW	m³/h	m	
G01	Grupo de presión	GRUNDFOS CM10-6	2014	4	10	78,3	Maintained
G02	Grupo de presión	SACI K 55 T	2008	4	7	70	CM10-6 A-R-G-E-AQQE
G03	Grupo de presión	N/A	1985	4	7	70	CM10-6 A-R-G-E-AQQE
B01	Calefacción	SEDICAL SIM 100/260	1995	5,9	85	15	TPE 100-200/2-S
B02	Calefacción	SEDICAL SIM 100/260	1995	5,9	85	15	TPE 100-200/2-S
B03	Calefacción	SEDICAL SP 65/7T	1998	0,94	30	3,5	MAGNA3 80-60 F
B04	Calefacción	SEDICAL SP 65/7T	1998	0,94	30	3,5	MAGNA3 80-60 F
B05	Calefacción	SEDICAL SP 40/12T	1998	0,585	10	8,5	MAGNA3 40-120 F
B06	Calefacción	SEDICAL SP 40/12T	1998	0,585	10	8,5	MAGNA3 40-120 F
B07	ACS	SEDICAL SP 40/10B	1998	0,46	10,5	6,3	MAGNA3 32-120 F N
B08	ACS	SEDICAL SAP 40/8T	1990	0,37	8,7	6	MAGNA3 32-120 F N
B09	ACS	SEDICAL SAP 40/8T	1990	0,37	8,7	6	MAGNA3 32-120 F N
B10	ACS	SEDICAL SAP 40/8T	1990	0,37	8,7	6	MAGNA3 32-120 F N
B11	ACS	SEDICAL SP 40/8-B	1995	0,33	8	5	MAGNA3 32-120 F N
B12	ACS	SEDICAL SP 50/10B	1995	0,82	14	7	MAGNA3 32-120 F N
B15	Calderas	SEDICAL SM 80/5B	1990	0,845	32	3,5	MAGNA3 65-100 F
B16	Calderas	SEDICAL SM 80/5B	1990	0,845	32	3,5	MAGNA3 65-100 F
B17	Calderas	SEDICAL SAP 80/12T	2000	2,1	45	10	MAGNA3 100-120 F
B18	Calderas	SEDICAL SP 80/12B	1998	2	39	8	MAGNA3 100-120 F

Once the selection was made, a technical study of energy and economic savings was carried out, which also calculates the payback of the investment. In this study made in Excel, factors such as the annual efficiency loss, the consumption of each

pump when booting or the operation hours of each pump were taken into account, among others. Its objective is that the installation owner can see how, year after year, this substitution implies a few thousand euros saved in energy (and thus making a payback out its investment).

The study is composed of different phases based on: data collection, load profiles (percentage of the operating time at a specific load percentage), IEC Standard (table of motor efficiencies), calculation of the deviation of hydraulic performances and finally, energy calculations of the old installation and the new, whose difference will be the total savings. With the proposed installation in SEK-Ciudalcampo school, **67,556.04kWh are saved annually**, which goes up to **6,755.60€ per year** and, therefore, to a **payback of 11.11 years**.

Budget and conclusions

In order to calculate the budget, the LCC study ("Life Cycle Cost") was applied for 10 years. The following table was obtained, with the negative energy costs as a saving instead of a cost.

Table 4. Final budget calculated by LCC up to 10 years.
Source: own.

Cost	Total
Initial costs (buying)	37.517,50 €
Installation costs and implementation	37.517,50 €
Energy costs in 10 years	-67.556,04 €
Maintenance costs	13.503,50 €
Removal costs	3.406,15 €
TOTAL BUDGET	24.388,61 €

Finally, the total budget comes to **twenty four thousands three hundred eighty eight and sixty one euros**.

In conclusion, this project has so amply fulfilled all the objectives set that it will be presented to carry out its installation both to the school for being an opportunity to improve the quality of their service (although the client would not be the school but an external company to whom the school pays a fixed fee for energy), and also to Grundfos, for the support they have given to the project and the experience provided by the internship done in there.

AGRADECIMIENTOS

Dame otras 100 páginas y a lo mejor me llega. Soy incapaz de resumir el agradecimiento que siento hacia tanta gente sin cuyo granito de arena no estaría escribiendo estas palabras.

Desde mi familia, empezando por mi padre, que me ha financiado la que creo con más firmeza todavía que es la mejor de todas las opciones posibles. Gracias papá por darme la posibilidad de convertir mi cabeza de algo parecido a esto 🌀 , a algo que se parece más a esto 🧠 , la capacidad analítica y de trabajo que me ha aportado ICAI sé que es, acabe donde acabe trabajando, una virtud útil en cualquier situación. También tengo que agradecer expresamente a mi madre, por ser el apoyo continuo noche tras noche tras noche volviendo a las tantas de la biblioteca. Y sin poder dejarme a mi novia, demostrándome día a día que 400 km no son nada, y los años pasan, y sigo aprendiendo de ti.

No pueden faltar mis amigos, esos tíos que están ahí en los buenos y especialmente, cuando más se les necesita: en los malos. Gracias chavales, por existir y tenerme a vuestro lado. Tenéis mis más sinceros parabienes, la vida os colmará de felicidad y riqueza.

Y por supuesto, gracias a Íñigo, mi tutor, sin sus ánimos y motivación no estaría escribiendo estas palabras ahora. Gracias por todo.

Y por último, y más duro de todos. A ti, Antonio, hermano. A ti, por demostrar durante tres años tu increíble fortaleza contra esa enfermedad tan tabú. Gracias por enseñarnos tanto, a todos, porque la felicidad no es otra cosa que tu actitud hacia tus problemas. Gracias por enseñarme a ser feliz. Gracias por dejar la huella que has dejado en tu familia. Gracias.

Por ti, por tu mujer, y por tus hijos: mi vida y mi carrera. Descansa por siempre hermano.





COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad Mecánica

RENOVACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL COLEGIO SEK-CIUDALCAMPO Y ANÁLISIS DE AHORROS ENERGÉTICOS

Autor: Eduardo S. Marín Acosta

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid
Julio 2018

TABLA DE CONTENIDOS DE CONTENIDOS DEL PROYECTO FINAL DE CARRERA

PARTE I: MEMORIA DESCRIPTIVA.....	15
1. INTRODUCCIÓN	23
2. ESTADO DEL ARTE.....	26
3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO	53
4. CÁLCULO DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS	74
5. PRESUPUESTO	83
6. CONCLUSIONES	84
 PARTE II: CÁLCULOS.....	 87
1. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS NUEVAS	91
2. ANÁLISIS DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS.....	104
 PARTE III: PLANOS	 123
 PARTE IV: PRESUPUESTO	 125
1. INTRODUCCIÓN	128
2. ESTUDIO LCC	130
 PARTE V: BIBLIOGRAFÍA.....	 138
 PARTE VI: ANEXOS	 143
1. FICHAS TÉCNICAS DE LA NUEVA INSTALACIÓN.....	145
2. FICHAS TÉCNICAS DE LAS BOMBAS ANTIGUAS	192

PARTE I:

MEMORIA DESCRIPTIVA



TABLA DE CONTENIDOS PARTE I: MEMORIA DESCRIPTIVA

1. INTRODUCCIÓN.....	23
1.1. Motivación personal	24
1.2. Objetivos del proyecto.....	25
2. ESTADO DEL ARTE	26
2.1. Introducción a las bombas y Variadores de Frecuencia (VFD)	26
2.2. Clasificación Turbomáquinas.....	27
2.3. Bombas hidráulicas.....	29
▪ Partes de una bomba genérica	29
▪ Punto de funcionamiento.....	30
▪ Descripción de la altura efectiva (H)	31
▪ Curvas	31
▪ Balance de energía de una bomba	33
→ Potencias	34
→ Rendimientos.....	35
→ Pérdidas	36
▪ Tipos de bombas	39
2.4. Variadores de frecuencia (VFD)	41
▪ Leyes de semejanza	42
▪ Curvas con VFD	43
2.5. Niveles de eficiencia de bombas y motores	45
▪ MEI (Minimum Efficiency Index)	45
▪ IE (International Efficiency)	45
▪ Otros niveles de eficiencia de motores	47
2.6. Estudio de las instalaciones.....	48
▪ Sala de calderas	49
→ ACS.....	49
→ CALDERAS	50
→ CALEFACCIÓN	50
▪ Sala de bombeo	51
▪ Bombas de la sala de calderas detalladas	52
3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO	53
3.1. Aproximación al sistema instalado	53
▪ Sala de bombeo	53
→ Bomba G01	54



→ Bomba G02	55
→ Bomba G03	56
▪ Sala de calderas: circuito de Calefacción.....	57
→ Bombas B01 y B02	57
→ Bombas B03 y B04	58
→ Bombas B05 y B06	59
▪ Sala de calderas: circuito de ACS.....	60
→ Bombas B07 y B08	60
→ Bombas B09 y B10	62
→ Bombas B11 y B12	62
▪ Sala de calderas: circuito Calderas	64
→ Bombas B15 y B16	64
→ Bombas B17 y B18	65
3.2. Selección de las nuevas bombas.....	67
▪ Procedimiento a seguir para la selección de 19 bombas	67
3.3. Resumen de selección final	73
4. CÁLCULO DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS.....	74
4.1. Hojas de datos.....	74
▪ Hoja 1: “Recogida de datos”	74
▪ Hoja 2: “Perfiles de carga”	75
▪ Hoja 3: “IEC Standard”	76
▪ Hoja 4: “Coeficientes”	77
▪ Hoja 5: “Data_Index”	78
▪ Hoja 6: “Cálculos”	79
4.2. Resultado del estudio de ahorros.....	81
5. PRESUPUESTO.....	83
6. CONCLUSIONES.....	84
6.1. Sobre los objetivos	84
6.2. Sobre los cálculos y el presupuesto	85
6.3. Sobre el proyecto en general	86
6.4. Acciones futuras	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista satélite del SEK-Ciudalcampo	23
Figura 2. Turbomáquina térmica. Turbina de gas.....	27
Figura 3. Turbomáquina hidráulica. Bomba hidráulica	28
Figura 4. Clasificación de las máquinas de fluido.....	28
Figura 5. Partes de una bomba.	29
Figura 6. Partes de una bomba in-line de Grundfos.....	30
Figura 7. Curva H-Q de una bomba.	32
Figura 8. Curvas características de una bomba (H-Q, P_1 -Q y η_t -Q).....	32
Figura 9. Gráfica que describe la condición para que la bomba no cavite.	33
Figura 10. Esquema de potencias y denominación.....	34
Figura 11. Distribución de pérdidas hidráulicas en una bomba.	36
Figura 12. Caudal interno del rodete (pérdidas volumétricas).	37
Figura 13. Cierre laberíntico Chesterton Company.	37
Figura 14. Prensaestopas.	37
Figura 15. Ejemplo de cierre mecánico.	38
Figura 16. Esquema de potencias y pérdidas.	38
Figura 17. Bomba In-line monoetapa. Gama Grundfos TP.	39
Figura 18. Bomba horizontal multietapa. Gama Grundfos CM.	39
Figura 19. Bomba Horizontal de bancada acoplamiento espaciador.	39
Figura 20. Ejemplo de curva H-Q sin VFD.	43
Figura 21. Ejemplo de curva H-Q con VFD.	44
Figura 22. Tabla de la clasificación IE según potencias y número de polos. ...	46
Figura 23. Cronología de la regulación en niveles mínimos de eficiencia.	47
Figura 24. Otros niveles de eficiencia en motores.....	47
Figura 25. Vista satélite de la distribución del colegio SEK-Ciudalcampo.....	48
Figura 26. Curvas de la bomba Grundfos CM 10-6.....	55
Figura 27. Curva bomba Saci K 55 T.	56
Figura 28. Curva de las bombas Sedical SIM 100/260.	58
Figura 29. Curva bombas Sedical SP 65/7.	58
Figura 30. Curva bombas Sedical SP 40/12.....	59
Figura 31. Curva de la bomba SP 40/10.	61
Figura 32. Curva de la bomba SAP 40/8.....	61
Figura 33. Curva de la bomba SP 40/8.	62
Figura 34. Curva de la bomba SP 50/10.	63
Figura 35. Curva de la bomba SM 80/5.....	65



Figura 36. Curva de la bomba SAP 80/12.	65
Figura 37. Curva de la bomba SP 80/12.	66
Figura 38. Software para la elección de bombas.	67
Figura 39. Pantalla de inicio Grundfos Product Center.	67
Figura 40. Marcas disponibles en sustitución interna del Product Center.	68
Figura 41. Opciones dentro de “Catálogo” en el Product Center.	68
Figura 42. Modelos de bomba Grundfos TP(E) en Product Center.	69
Figura 43. Subfamilias de la bomba TPE Serie 2000.	69
Figura 44. Posibles modelos según el punto insertado.	70
Figura 45. Bomba más pequeña de entre las opciones posibles.	70
Figura 46. Opciones finales seleccionando la menor potencia posible.	71
Figura 47. Opciones finales de la selección ejemplo.	72
Figura 48. Datos de la bomba TPE 100-120/2-S seleccionada.	72
Figura 49. Hoja "Recogida de datos" del Estudio de Eficiencia.	74
Figura 50. Hoja "Perfiles de Carga" del Estudio de Eficiencia.	75
Figura 51. Hoja "IEC Standard" del Estudio de Eficiencia.	76
Figura 52. Hoja “Coeficientes” del Estudio de Eficiencia.	77
Figura 53. Hoja “Data_Index” del Estudio de Eficiencia.	78
Figura 54. Primera mitad de la hoja “Cálculos” del Estudio de Eficiencia.	79
Figura 55. Primera mitad de la hoja “Cálculos” del Estudio de Eficiencia.	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestra de datos relevantes obtenidos de la instalación antigua.	7
Tabla 2. Presupuesto final calculado por LCC a 10 años.	8
Table 3. Relevant info from the old installation and substitute proposed.	10
Table 4. Final budget calculated by LCC up to 10 years.	11
Tabla 5. Ventajas y desventajas de rotor seco e inundado.	39
Tabla 6. Bombas del circuito de ACS.	49
Tabla 7. Bombas de calderas (recirculación y anticondensación).	49
Tabla 8. Bombas de calefacción de la sala de calderas.	50
Tabla 9. Grupo de presión cuarto de bombeo.	50
Tabla 10. Sistema de bombeo colegio SEK-Ciudalcampo.	51
Tabla 11. Resumen de la selección de bombas realizada.	72
Tabla 12. Ahorros energéticos generados en cada punto del circuito.	80
Tabla 13. Ahorros económicos generados en cada punto del circuito.	81

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de Bernoulli.	30
Ecuación 2. Definición de la altura efectiva.	31
Ecuación 3. Altura efectiva como diferencia de altura entre entrada y salida. .	31
Ecuación 4. Altura efectiva según la instalación.	31
Ecuación 5. Expresión genérica de la ecuación característica de una bomba.	31
Ecuación 6. Ecuación característica de una bomba.	31
Ecuación 7. Condición para que la bomba no cavite.	33
Ecuación 8. Potencia efectiva. P_4	34
Ecuación 9. Potencia efectiva para caudal de agua en m^3/h	35
Ecuación 10. Potencia de accionamiento.	35
Ecuación 11. Rendimiento total.	35
Ecuación 12. Potencia de accionamiento según punto y rendimiento total.	35
Ecuación 13. Rendimiento total como producto de rendimientos.	35
Ecuación 14. Primera ley de semejanza.	43
Ecuación 15. Segunda ley de semejanza.	43
Ecuación 16. Tercera ley de semejanza.	43
Ecuación 17. Desviación de la eficiencia hidráulica según caudal unitario.	77

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Algunas de las bombas en la sala de calderas.	23
Fotografía 2. Fotografía de los pabellones de EI, EP, ESO y BACH.	49
Fotografía 3. Grupo de presión de la sala de bombeo.	53
Fotografía 4. Bombas del circuito de calefacción.	57
Fotografía 5. Bombas del circuito de ACS.	60
Fotografía 6. Bombas del circuito de calderas.	64

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en la mejora tanto energética como hidráulica del sistema de bombeo del colegio SEK-Ciudalcampo, incluyendo un análisis detallado de los ahorros (período de amortización, consumo de CO₂ evitado, gasto energético evitado...).

Es destacable que **las bombas suponen aproximadamente un 10% del consumo energético mundial**. Por ello con este proyecto se pretende indagar más en este tema, mostrando con este ejemplo en particular el potencial ahorro que hay para otras instalaciones en general. Se contará con el apoyo de la empresa Bombas Grundfos S.A., multinacional pionera del sector industrial.

A continuación, se muestran dos imágenes, la primera de ellas es una vista de pájaro obtenida por medio de Google Maps ®; la segunda, es una fotografía de varias bombas de calefacción en la sala de calderas.



Figura 1. Vista satélite del SEK-Ciudalcampo



Fotografía 1. Algunas de las bombas en la sala de calderas.

1.1. MOTIVACIÓN PERSONAL

Tras realizar 7 meses de prácticas en Bombas Grundfos S. A., quise enfocar el proyecto en la misma línea aprovechando los conocimientos aportados al estar en una multinacional del sector. Una vez decidido esto, faltaba saber qué hacer: si diseñar una estación de bombeo para algún lugar, o si optimizar una estación ya existente.

Una de las funciones del alumno en Grundfos, fue colaborar en el programa *Energy Check*. Dicho programa consiste en un método de venta de las bombas por la eficiencia energética y el ahorro que suponen, proveyendo al cliente de un análisis y un período de amortización. Por ello, decidí hacer un proyecto en esta línea.

Por último, sólo faltaba decidir qué instalación optimizar. Con ayuda del director de TFG, aparecieron dos opciones: la sala de bombeo del ICAI y la sala de bombeo de Grundfos. Acto seguido, en plena conversación, apareció la opción de mi antiguo colegio, el cual es grande y probablemente poseyera un buen número de equipos de bombeo.

Tras decidir como instalación el colegio SEK-Ciudalcampo, era necesario ir a ver si su sistema de bombeo podía necesitar una renovación, así que lo visité acompañado del director de proyecto. En la visita se vio que, efectivamente, las bombas tenían 23 años.

En definitiva, mi motivación actual es la de realizar un proyecto que muestre las increíbles opciones de ahorro que hay ahora mismo gracias a empresas pioneras que van mucho más allá del bombeo. Ahora, muchas empresas tienen los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) como modelo de negocio, por lo que las más industriales empiezan apostando por la eficiencia en todos los aspectos.

Además, me motiva personalmente también el hecho de volver a mi colegio tantos años después, con muchos más conocimientos, para aprovecharlos e intentar mejorar las instalaciones que sentaron las bases de lo que hoy he llegado a ser.

1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Para definir los objetivos, se dividirán en dos clases: primero, los más generales; después, los más específicos.

En cuanto a los **generales**, son objetivos a los que se quiere tender pero que no son necesarios para la finalización del proyecto. Son los siguientes:

- Concienciar del potencial ahorro que supone una renovación de un sistema de bombeo cualquiera. Realizando un análisis de los gastos actuales y los gastos tras el cambio, se podrá ver la diferencia que supone un sistema antiguo con un sistema nuevo, que posee variadores de frecuencia, entre otros avances. Además, teniendo en cuenta que los motores de las bombas suponen el 10% del gasto energético **mundial**, se pretende aportar un grano de arena al ahorro energético y la optimización nacional.

- Lograr su instalación. Aquí no sólo entran los factores de hacer un proyecto correcto y viable; aquí también se tiene que tener en cuenta los intereses económicos del pagador de las bombas, que puede ser el colegio o una gestora externa.

En cuanto a los objetivos más **específicos**, se destacan los más importantes para la consecución de un buen proyecto:

- Estudio detallado de la instalación y selección de bombas equivalentes. No sólo con visitas personales, también con toda la información que se pueda obtener del jefe de mantenimiento del colegio. De esta manera, se podrán sugerir más métodos de ahorro.

- Obtención de un presupuesto detallado. Incluyendo los costes de cada elemento, costes de instalación y puesta en marcha, costes de mano de obra (si se necesitara), costes de mantenimiento (preventivo y correctivo) y, por supuesto, un análisis del LCC¹ de las bombas.

¹ Life Cycle Cost: en español, Coste del Ciclo de Vida.

2. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se explicará la situación actual de los aspectos relacionados con el proyecto. En primer lugar, una introducción a las bombas y a los VF que tanta importancia tienen en el proyecto. A continuación, se ubicará a las bombas hidráulicas dentro de la clasificación de las turbomáquinas. Siguiendo con las bombas, se hablará de sus partes, funcionamiento, tipos, curvas, balance de energía... En línea con esto último, se indagará más en el tema de los variadores de frecuencia, así como en las distintas clasificaciones de eficiencia para bombas y motores. Por último, se presentará el estudio de las instalaciones y la toma de datos realizada en la visita a las mismas.

2.1. INTRODUCCIÓN A LAS BOMBAS Y VARIADORES DE FRECUENCIA (VFD)

Las bombas son turbomáquinas hidráulicas generadoras de energía. Básicamente, transforman la energía mecánica que les aporta el impulso de un motor, en energía hidráulica formada por energías cinética y de presión. Estos motores, son los responsables del **10% del consumo mundial en electricidad**. Algo de lo que no somos nada conscientes. Y, según explica Grundfos en su página web: *“esto puede ser porque las bombas no son vistas como algo cotidiano en nuestras vidas pero sin ellas la vida no sería como la conocemos. Más alarmante es que 9 de cada 10 bombas en funcionamiento hoy en día no están optimizadas para la aplicación en la que se utilizan, y por tanto, desperdician energía continuamente”*. (Bombas Grundfos España, S. A., s.f.)

Actualmente, todas las empresas de bombeo están apostando muy fuerte por la renovación de los equipos de bombeos de instalaciones antiguas. Esto se debe a que, para ellos, es un argumento de venta muy potente, dado que la diferencia tecnológica de las bombas es muy grande.

Principalmente, esta gran diferencia se debe al empleo de variadores de frecuencia (VFD²) electrónicos en los motores de las bombas. Estos variadores, suponen una diferencia muy significativa en cuanto a gasto energético se refiere, debido a que evitan que la bomba gire siempre al máximo, evitan paradas y arranques innecesarios, menos gasto en mantenimiento debido a que giran más lento, entre otros.

² Por sus siglas en inglés: “Variable Frequency Drive”

En esta línea, Grundfos decidió desarrollar hace poco una línea de negocio llamada *Energy Check*, cuyo objetivo principal era encontrar instalaciones antiguas para ofrecerles este estudio de ahorros y una oferta del nuevo equipo de bombeo.

2.2. CLASIFICACIÓN TURBOMÁQUINAS

A continuación, se ubicará a las bombas rotodinámicas dentro de la familia de las turbomáquinas, terminando con una figura resumen de la clasificación.

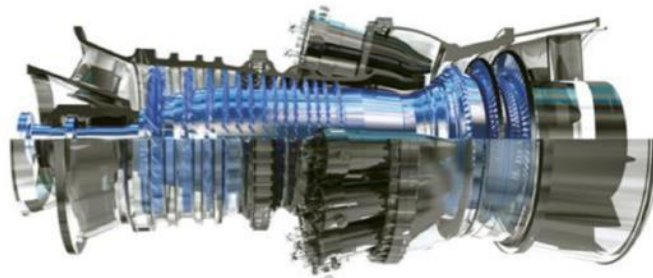
Las turbomáquinas son **máquinas de fluido** en las que se produce un intercambio energético mediante la variación del momento cinético del fluido.

Entre sus **ventajas**, se encuentran las siguientes:

- No tienen vibraciones y fuerzas desequilibradas.
- Simplicidad mecánica, velocidades de rotación mayores.
- Flujo continuo (sin necesidad de depósito regulador).
- Potencia específica alta.

Por otro lado, se encuentran las máquinas de desplazamiento positivo. Este tipo de máquinas tienen las siguientes ventajas: salto de presión máximo ilimitado, alto rendimiento, autocebantes y presión independiente del caudal.

Dentro de las turbomáquinas, se encuentran las **turbomáquinas hidráulicas** y las **turbomáquinas térmicas**. Se diferencian en que dentro de las primeras, el fluido mantiene su densidad técnicamente constante; mientras que dentro de las segundas, el fluido sufre cambios técnicamente apreciables en su densidad. A continuación, un ejemplo de cada una:



*Figura 2. Turbomáquina térmica. Turbina de gas.
Fuente: (ICAI, 2017-2018).*

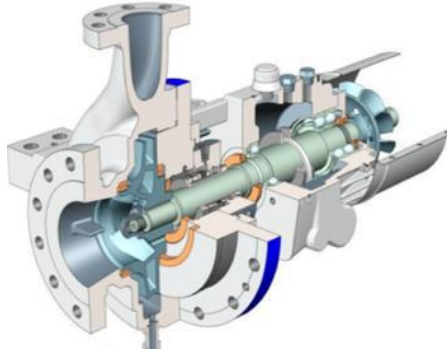


Figura 3. Turbomáquina hidráulica. Bomba hidráulica
Fuente: (ICAI, 2017-2018).

Dentro de las turbomáquinas hidráulicas, se encuentran las **generadoras** y las **motoras**. Las primeras transmiten la energía de la red al fluido, mientras que las segundas transmiten energía del fluido a la red.

Finalmente, se llega al pie de la clasificación, en el que se encuentran las **bombas** y los **ventiladores** cayendo de las turbomáquinas hidráulicas generadoras.

En definitiva, el camino que se ha seguido es el siguiente, marcado en azul:

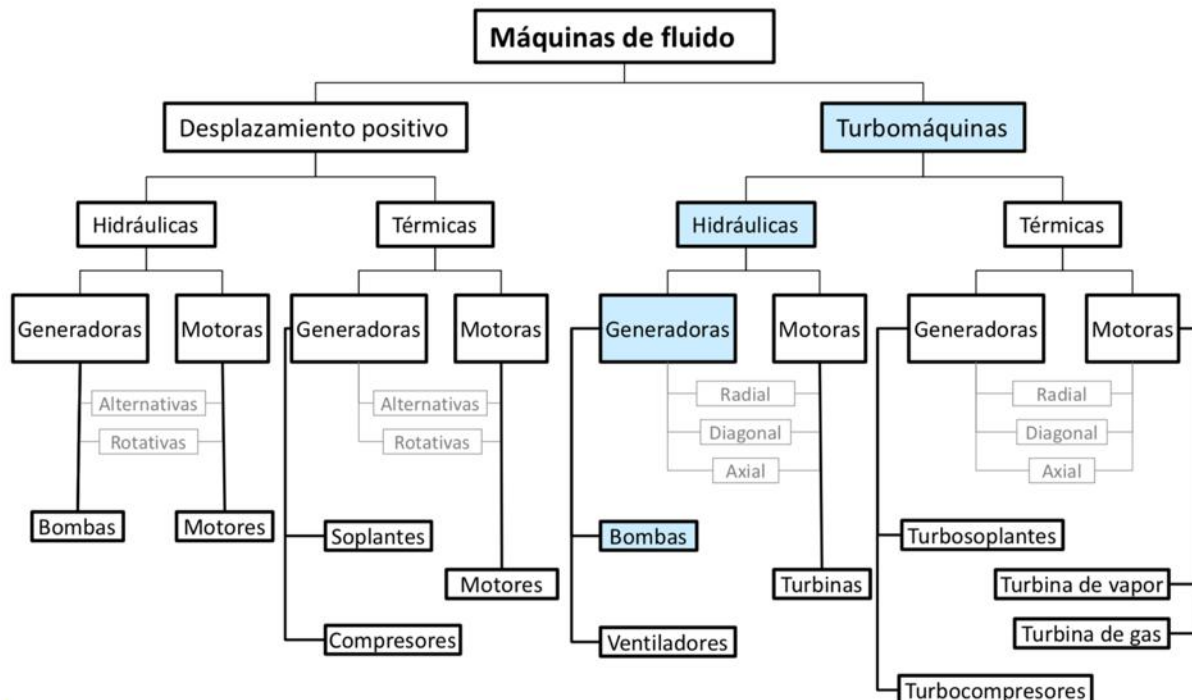


Figura 4. Clasificación de las máquinas de fluido.
Fuente: (ICAI, 2017-2018).

2.3. BOMBAS HIDRÁULICAS

Visto dónde se ubican las bombas dentro de la clasificación de las turbomáquinas, se puede afirmar que:

Las bombas son turbomáquinas hidráulicas generadoras que transforman la energía motriz en energía del fluido incompresible bombeado.

Conviene destacar la definición que le da la Unión Europea, en el marco del reglamento por el que se aplica la Directiva 2009/125/CE, describe la bomba hidráulica como:

“La parte hidráulica de un dispositivo que desplaza agua limpia mediante una acción física o mecánica” (Unión Europea, 2012).

■ Partes de una bomba genérica

Antes de nada, es importante conocer los términos que se usarán a lo largo del proyecto. En el siguiente ejemplo, se usa una bomba horizontal:

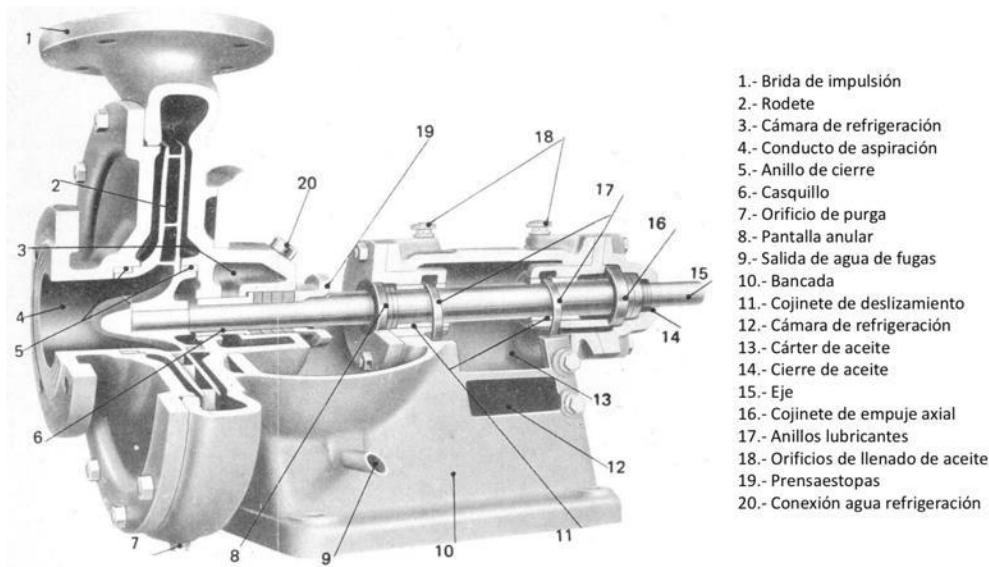


Figura 5. Partes de una bomba.
Fuente: (ICAI, 2017-2018).

Puede verse a continuación, un tipo de bomba muy utilizado en la práctica, llamado “in-line”, debido a que se puede montar sobre una tubería recta directamente, sus partes son:

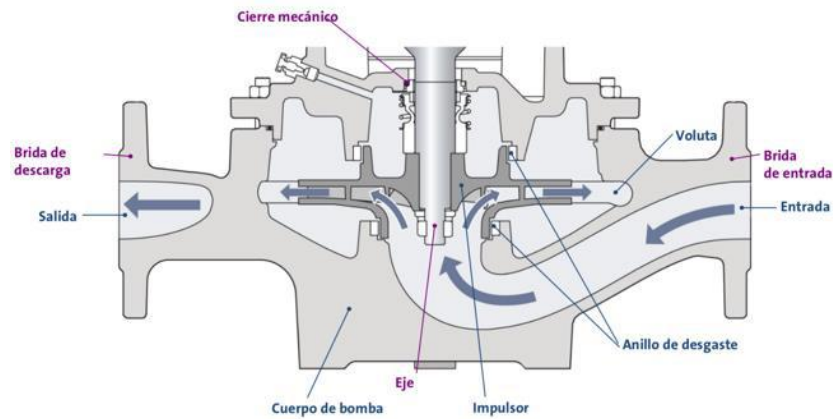


Figura 6. Partes de una bomba in-line de Grundfos.
Fuente: (Pérez, 2017).

▪ Punto de funcionamiento

Para poder elegir una bomba para una instalación, conocidas las necesidades de ésta, se requieren una serie de parámetros. Son, principalmente, los siguientes:

- **Caudal Q** [m³/s]: debido a que estas máquinas están encargadas de bombear un fluido, es necesario conocer la cantidad de fluido por unidad de tiempo que ésta ha de bombear.
- **Altura H** [m]: diferencia de presiones independiente del fluido bombeado. Debido a que la presión se define como el producto de la densidad, la gravedad y la altura, al dividirla entre la densidad, nos queda un valor en metros mucho más útil ya que es válido para cualquier fluido. Esta expresión proviene de la Ecuación de Bernoulli, la cual se expresa en términos de alturas.

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{1}{2} \frac{v_1^2}{g} + z_1 = cte$$

Ecuación 1. Ecuación de Bernoulli.

Además, se tienen otros dos parámetros necesarios para conocer el estado de funcionamiento de una bomba:

- **Potencia P** [W]: dependiente del caudal y de la presión (y por tanto del fluido bombeado), nos indica el gasto de energía que tiene la bomba. Se comentará en detalle más adelante.
- **Rendimiento η** [adim.]: nos indica la eficiencia de funcionamiento de la bomba.

■ Descripción de la altura efectiva (H)

Esta energía absorbida por el fluido suele denominarse, de manera equivalente, **altura efectiva (H)**. Concretamente, esta altura es la que da el rodete (H_u) menos las pérdidas en su interior (H_{r-int}), quedando la siguiente ecuación:

$$H = H_u - H_{r-int}$$

Ecuación 2. Definición de la altura efectiva.

Normalmente esta es la definición que utiliza el diseñador, sin embargo, también suele definirse de otras dos maneras:

- Diferencia de alturas totales entre la entrada y la salida (aplicando Bernoulli entre la entrada y salida).

$$H = \frac{p_s - p_e}{\rho g} + z_s - z_e + \frac{c_s^2 - c_e^2}{2g}$$

Ecuación 3. Altura efectiva como diferencia de altura entre entrada y salida.

- Según la instalación (aplicando Bernoulli entre los extremos –A y Z– de la instalación), teniendo en cuenta las pérdidas de altura en codos, por fricción, etc. (H_{r-ext}).

$$H = \frac{p_Z - p_A}{\rho g} + z_Z - z_A + \frac{c_s^2 - c_e^2}{2g} + H_{r-ext}$$

0 (suponemos A y Z superficies libres de depósitos)

Ecuación 4. Altura efectiva según la instalación.

■ Curvas

Tanto las instalaciones como las propias bombas, tienen un funcionamiento diferente según el caudal que circule por ellas. Por ello, puede obtenerse a través de la Ecuación 1 una relación que define una ecuación característica para todas y, por tanto, da lugar a una representación visual.

La expresión al insertar en la Ecuación 1 otras ecuaciones que definen pérdidas, se obtiene una expresión de la forma:

$$H = A - BQ - CQ^2$$

Ecuación 5. Expresión genérica de la ecuación característica de una bomba.

Esta última expresión suele simplificarse, a la siguiente, dando lugar a la gráfica que se muestra después:

$$H = A - BQ^2$$

Ecuación 6. Ecuación característica de una bomba.

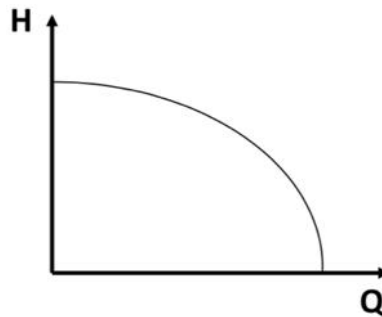


Figura 7. Curva H-Q de una bomba.
Fuente: (ICAI, 2017-2018).

Es importante mencionar que esta expresión solamente vale para un número de revoluciones concreto. Al conocer esta curva, se pueden aplicar las Leyes de Semejanza para conocer su comportamiento girando a otras velocidades. También, se pueden estudiar otras geométricamente semejantes así como el comportamiento de la bomba en otra instalación.

Además de la curva H-Q, se tienen otras curvas muy importantes en las bombas. Estas curvas, nos las suele dar el fabricante, son las de P_1 -Q y η_t -Q:

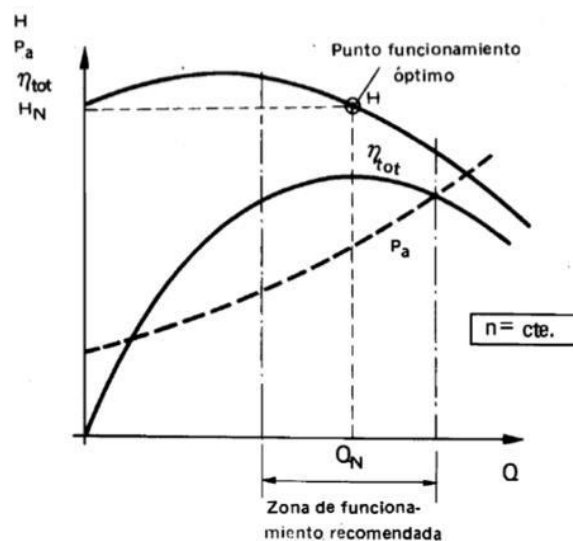


Figura 8. Curvas características de una bomba (H-Q, P_1 -Q y η_t -Q).
Fuente: (ICAI, 2017-2018).

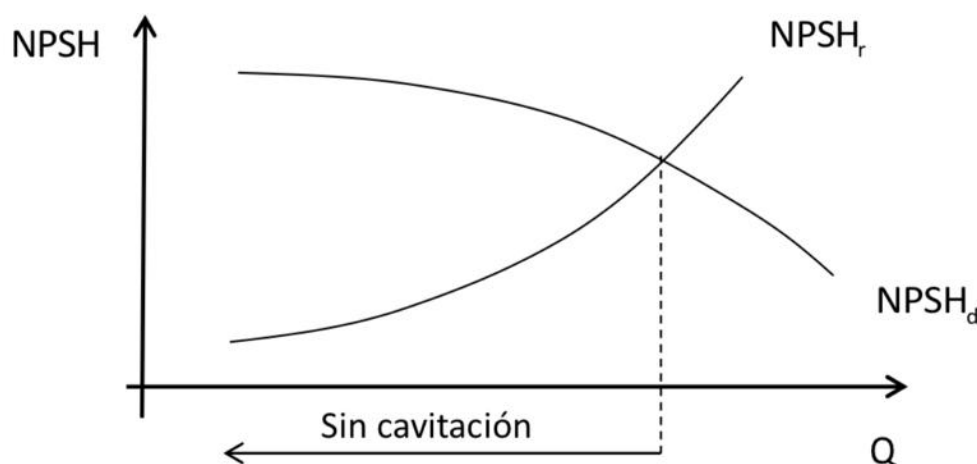
Tal y como se expresa en la figura anterior, se ve claramente una zona en la que hay que intentar que trabaje la bomba, ya que en estos puntos es donde la bomba es más eficiente y, por tanto, donde mejor aprovecha la energía consumida de la red.

Conviene tener en cuenta también la curva de $\text{NPSH}_r - Q$. El NPSH_r^3 “es un parámetro característico de la bomba, y expresa la contribución de las pérdidas en la aspiración de la propia bomba al riesgo de cavitación” (ICAI, 2017-2018). El subíndice quiere decir “requerido”, y es dado siempre por el fabricante de la bomba.

Este parámetro es el valor del NPSH_d para el que la bomba empieza a cavitarse. El NPSH_d “es un parámetro característico de la instalación y expresa la contribución de la instalación al riesgo de cavitación” (ICAI, 2017-2018). El subíndice quiere decir “disponible”, y se debe determinar para cada instalación. De esta manera, siempre debe cumplirse que:

$$\text{NPSH}_r < \text{NPSH}_d$$

Ecuación 7. Condición para que la bomba no cavite.



*Figura 9. Gráfica que describe la condición para que la bomba no cavite.
Fuente: (ICAI, 2017-2018).*

▪ Balance de energía de una bomba

Desde que el motor absorbe energía de la red hasta que ésta se transmite al fluido, pasa por todo el sistema sufriendo pérdidas de potencia de distintos tipos. Asimismo, hay distintas etapas en las que puede interesar conocer la potencia, por lo que su denominación es importante. A continuación, se explicará esta designación y el proceso para calcular dichas potencias.

³ Por sus siglas en inglés: “Net Positive Suction Head”.

→ **Potencias**

En primer lugar, es muy importante entender las 4 fases de potencia que presenta una bomba hidráulica y su motor, y sus diferentes denominaciones y subíndices. En el siguiente esquema se presenta la que se utilizará en el presente proyecto:

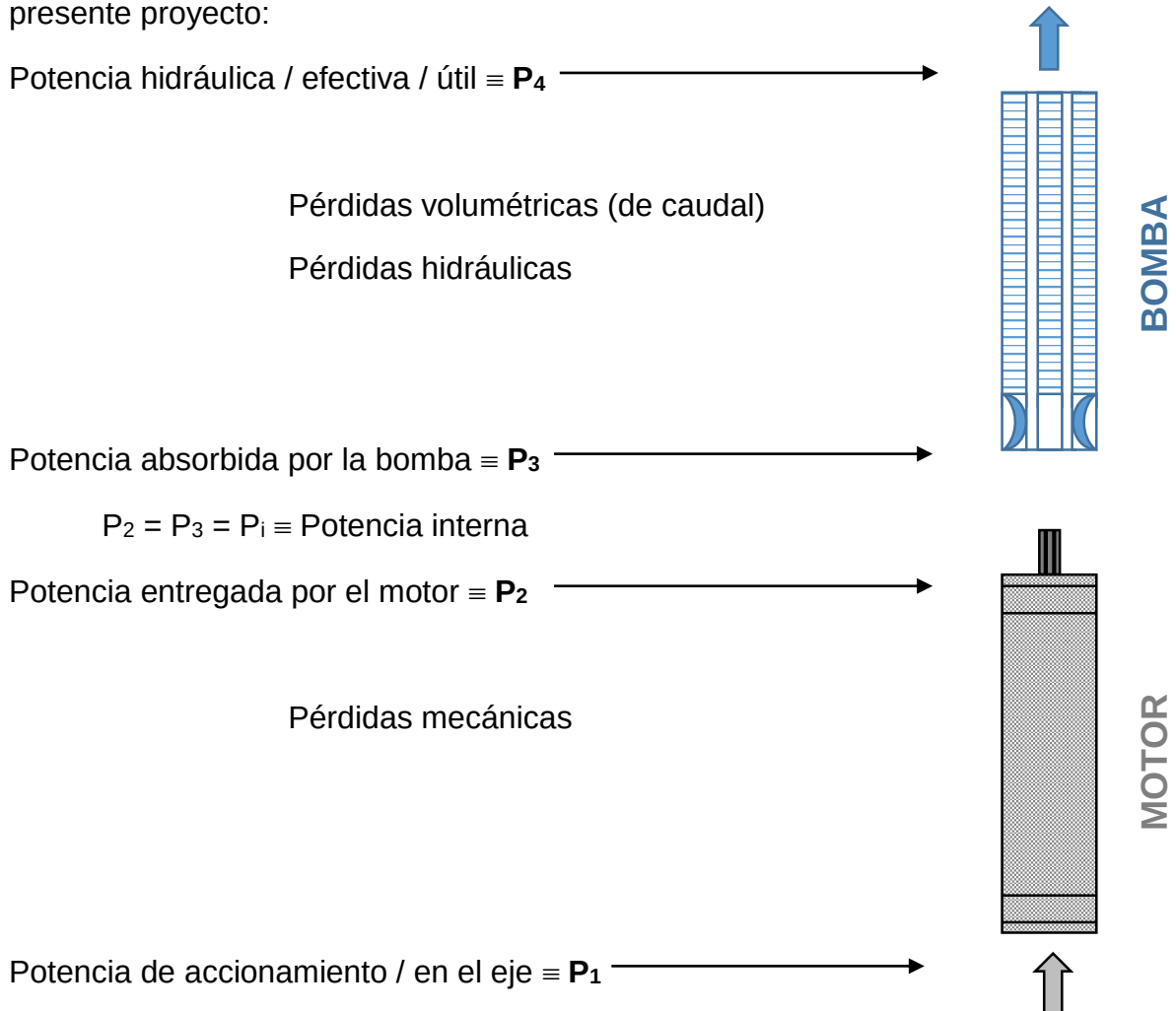


Figura 10. Esquema de potencias y denominación.

Como se ha visto antes, normalmente se usa H para describir la energía que recibe el fluido de manera equivalente, ya que además se deben tener en cuenta otros factores como la densidad del fluido, el caudal o la gravedad. De esta manera, se llega a la definición de la **potencia que la bomba le entrega al fluido**, también denominada **potencia efectiva o útil**:

$$P_4 = Q * \rho * g * H$$

Ecuación 8. Potencia efectiva. P_4 .

Debido a que el fluido bombeado, en el caso que nos atañe, será agua ($\rho=1000\text{kg/m}^3$); y que además se tendrá el dato de caudal en m^3/h , esta fórmula se puede simplificar de la siguiente manera:

$$P_4 = \frac{Q * \rho * 9,81 * H}{3600} = 2,725 * H * Q \text{ [W]}$$

Ecuación 9. Potencia efectiva para caudal de agua en m³/h.

Otra potencia muy utilizada en el mundo de las bombas, es la **potencia de accionamiento** (también denominada potencia absorbida o potencia en el eje), la cual describe la energía que el motor le transmite al primer punto de la bomba: la chaveta del eje. Esta potencia se expresará como:

$$P_1 = P_a = M * \omega$$

Ecuación 10. Potencia de accionamiento.

Siendo, M: par producido por el motor en N*m

ω : velocidad de giro del motor en rad/s

→ Rendimientos

En la práctica de empresas, no es frecuente encontrarse con esta definición de potencia de accionamiento ya que no se suele trabajar con los datos técnicos del motor sino más bien con los de la bomba, conociéndose su curva de rendimiento (de lo cual se hablará más adelante). Una práctica también habitual es que, al rendimiento se le denomine “eta”, por la letra griega que lo define. Así pues, se define el **rendimiento total** como:

$$\eta_t = \frac{P_4}{P_1}$$

Ecuación 11. Rendimiento total.

Utilizando este rendimiento, y conociendo la potencia efectiva de la bomba, se puede obtener la potencia que **consume de la red** el motor que hace girar a la bomba. Aunando la fórmula del rendimiento con la de la potencia efectiva:

$$P_1 = \frac{2,725 * H * Q}{\eta_t}$$

Ecuación 12. Potencia de accionamiento en función del punto y el rendimiento total.

En cuanto al rendimiento total, debe mencionarse que éste se compone del **rendimiento del motor** junto con el **rendimiento de la bomba**, de manera que:

$$\eta_t = \eta_m * \eta_b$$

Ecuación 13. Rendimiento total como producto de rendimientos.

Siempre debe intentarse que la bomba trabaje en su punto de máxima eficiencia para reducir al mínimo las pérdidas energéticas. Este rendimiento se denomina, del inglés, “Best Efficiency Point”: η_{BEP} .

→ Pérdidas

En cuanto a las **pérdidas** que se producen a lo largo de la bomba y el motor, se pueden clasificar en tres grupos principales:

- **Pérdidas hidráulicas**

Están producidas por el rozamiento de superficie y por el rozamiento de forma del líquido al recorrer la bomba. Ocurren en los siguientes puntos:

- Entre la entrada de la bomba y la entrada al rodete
- Dentro del propio rodete
- En la corona directriz, si la llevara
- En la caja espiral
- Entre la caja espiral y la salida de la bomba

Cabe destacar que, estas pérdidas, son muy importantes a la entrada del rodete o a la entrada de la corona directriz si la v_{rel} de entrada no coincide con la tangente del álabe.

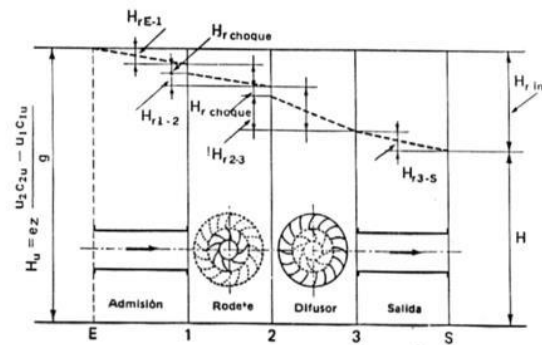
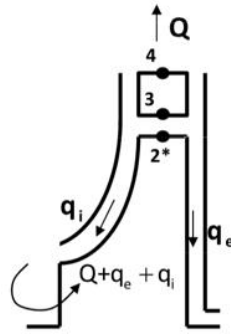


Figura 11. Distribución de pérdidas hidráulicas en una bomba.
Fuente: (ICAI, 2017-2018).

- **Pérdidas volumétricas**

Se denomina así a las pérdidas de caudal. Se clasifican en dos tipos:

- **Pérdidas exteriores (q_e):** líquido que se pierde por el juego entre la carcasa y el eje de la bomba. Con objeto de disminuirlas, se utilizan elementos de estanqueidad, tales como prensaestopas o cierres mecánicos.
- **Pérdidas interiores (q_i):** producen un caudal de cortocircuito, que absorbe la energía del rodete. Para disminuirlas, se utilizan cierres laberínticos o bien, prensaestopas. Estas pérdidas son las más trascendentes. Puede observarse en la siguiente Figura los puntos del rodete donde aparece este caudal interno:



*Figura 12. Caudal interno del rodete (pérdidas volumétricas).
Fuente: (ICAI, 2017-2018).*

A continuación, un ejemplo de cierre laberíntico y otro de prensaestopas, respectivamente:



*Figura 13. Cierre laberíntico Chesterton Company.
Fuente: (Chesterton Company, 2018)*



*Figura 14. Prensaestopas.
Fuente: (ICAI, 2017-2018)*

También se puede llevar a cabo un cierre mecánico, el cual es más caro pero asegura el sellado de la bomba. A continuación puede verse un cierre mecánico utilizado por Grundfos, equilibrado, sello de cartucho con sistema de transmisión de par rígido:



Figura 15. Ejemplo de cierre mecánico.
Fuente: (Pérez, 2017).

- Pérdidas mecánicas

Son comunes a todas las máquinas, en las bombas, hay dos tipos de pérdidas mecánicas:

- Las **comunes** a todas las máquinas, son el sumatorio de las siguientes pérdidas:
 - Por rozamiento de los prensaestopas con el eje
 - Por rozamiento de los cojinetes
 - En la transmisión
 - Por accionamiento de elementos auxiliares
- Pérdidas por **rozamiento de disco**: producidas al girar el rodete rodeado de fluido (espacio entre rodete y carcasa).

A continuación, a modo de resumen, se muestra una figura obtenida de los apuntes de la asignatura de Turbomáquinas en la que se muestra muy claramente el esquema de las potencias en una bomba con motor incluido.

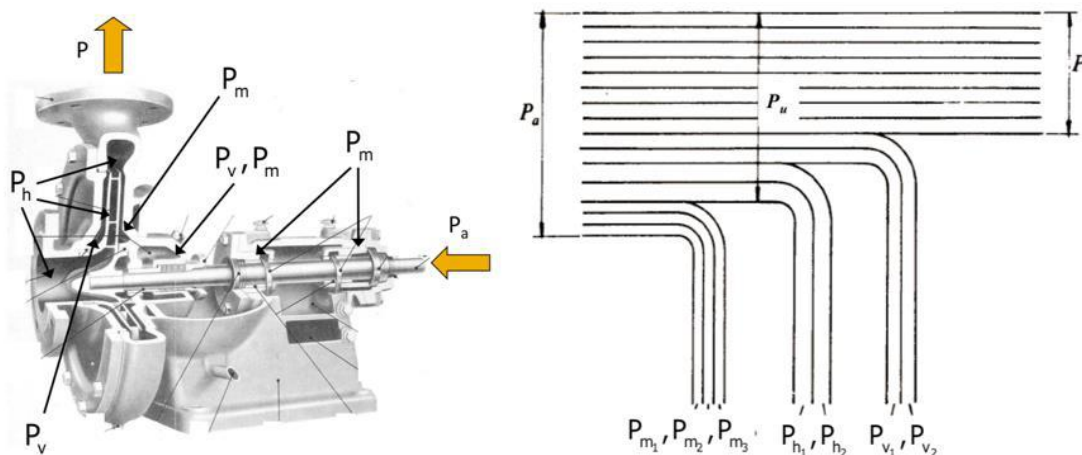


Figura 16. Esquema de potencias y pérdidas.
Fuente: (ICAI, 2017-2018).

■ Tipos de bombas

A continuación, se va a realizar una clasificación basada en los apuntes de Turbomáquinas y en la distinción que Bombas Grundfos realiza de sus productos.^{4 5}

- Según la dirección de flujo en el rodete:

- Bombas radiales: a su vez pueden ser horizontales o “in-line”.
- Bombas axiales o verticales.
- Bombas diagonales.

- Según el número de escalonamientos:

- Bombas simples o monoetapa
- Bombas compuestas o multietapa

- Según el número de flujos:

- Bomba de un flujo o de simple aspiración.
- Bomba de dos flujos o de doble aspiración.

- Según la posición del eje:

- Bomba de eje horizontal
- Bomba de eje vertical
- Bomba de eje inclinado

- Según la altura o presión suministrada:

- Bomba de baja presión: 20-25 mca
- Bomba de media presión: 20 y 60 mca
- Bomba de alta presión: > 60 mca

- Según el tipo de construcción:

- Rotor seco
- Rotor húmedo o inundado

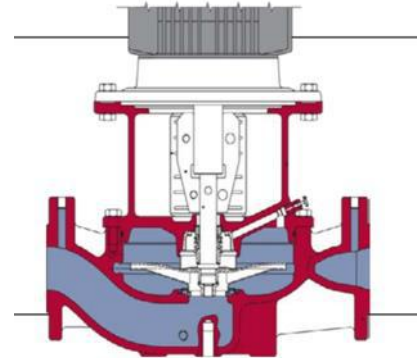


Figura 17. Bomba In-line monoetapa. Gama Grundfos TP.

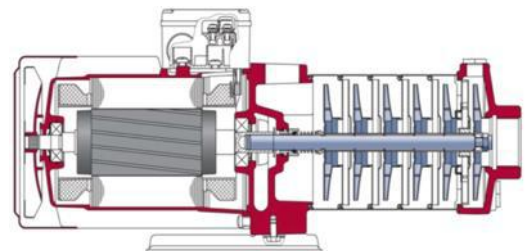


Figura 18. Bomba horizontal multietapa. Gama Grundfos CM.

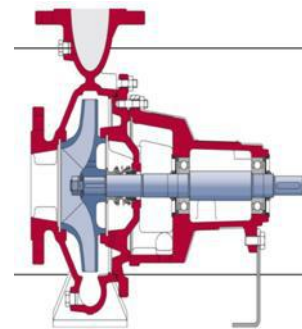


Figura 19. Bomba Horizontal de bancada acoplamiento espaciador.

Fuente figuras 18-20: (Pérez, 2017).

Esta última distinción hace que la bomba tenga un comportamiento u otro cuando se encuentra en pleno funcionamiento, por lo que se da lugar a un debate técnico sobre si usar una u otra dependiendo del caso. Se explicarán a continuación más en detalle las características de cada uno, así como sus ventajas y desventajas:

⁴ (ICAI, 2017-2018).

⁵ (Pérez, 2017).

Rotor húmedo: este tipo de bombas tienen el rotor del motor encapsulado con el impulsor, de esta manera, el líquido lubrica los cojinetes y enfría el estator. Tiene un funcionamiento suave, ausencia de sello mecánico y baja vibración (es decir, bajo ruido).

Rotor seco: este tipo de bombas tienen el rotor del motor en voladizo, separado del impulsor salvo por el eje. Es capaz de resistir químicos adicionales, tiene menor suciedad por ser un sistema sin partículas y ofrece motores sobredimensionados y especiales. El cierre mecánico es sustituible. De aquí nace el concepto “in-line”.

Tabla 5. Ventajas y desventajas de rotor seco e inundado.

Fuente: (Pérez, 2017)

	Rotor inundado		Rotor en seco	
	Ventaja	Desventaja	Ventaja	Desventaja
Suciedad en el sistema		Puede dañar el rotor y cojinetes	Es poco probable que sea afectada la voluta	Sello mecánico puede ser dañado por la suciedad
Dimensiones	Diseño compacto			Requiere más espacio
Posición instalación		Eje de la bomba debe instalarse horizontalmente	Instalación horizontal o vertical	
Requisitos altura estática		Generalmente exige mayor altura estática	Puede ser usado cuando la altura estática es limitada	
Ruido de la bomba	Silenciosa		Versiones con velocidad variable son silenciosas	
Puntos de funcionamiento superiores		Limitado a motores de menor potencia	Amplia Gama disponible	

Conviene destacar también la denominación que realiza la Comisión Europea de las bombas según su construcción, son las siguientes (Unión Europea, 2012):

- Bomba hidráulica de aspiración axial con cojinetes propios (ESOB),
- Bomba hidráulica de acoplamiento directo de aspiración axial (ESCC),

- Bomba hidráulica de acoplamiento directo en línea de aspiración axial (ESCCi),
- Bomba hidráulica vertical multicelular (MS-V),
- Bomba hidráulica sumergible multicelular (MSS).

Dichas siglas proceden del inglés (European Union, 2012):

- End suction own bearing (ESOB),
- End suction close coupled (ESCC),
- End suction close coupled In-line (ESCCi),
- Vertical multistage (MS-V),
- Submersible multistage (MSS).

2.4. VARIADORES DE FRECUENCIA (VFD)

“Un variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que convierte una corriente de una determinada frecuencia en otra corriente con otra frecuencia. Normalmente, la tensión es la misma antes y después de la conversión de frecuencia. Los variadores de frecuencia se utilizan normalmente para regular la velocidad de los motores utilizados para impulsar bombas y ventiladores” (Bombas Grundfos España, S. A., s.f.). En ocasiones, se denominan también VSD⁶, o simplemente, VF.

El uso de variador de frecuencia conlleva muchas ventajas y muy pocas desventajas. Entre las ventajas se encuentran las siguientes:

- Evitan que la bomba esté girando siempre al máximo de sus revoluciones y, por tanto, gastando el máximo de energía.
- Evitan que, si funcionan con una demanda de la instalación baja, estén continuamente arrancando y parando con el esfuerzo que le supone al motor y el acortamiento de su vida útil.

Además, suponen ventajas más allá del gasto energético, como por ejemplo (Schonek, 2012):

- Al controlar la velocidad, se le permite a la bomba funcionar en puntos de máximo rendimiento, aumentando así la vida a los rodamientos y juntas diseñadas para su funcionamiento nominal.

⁶ De sus siglas en inglés: “Variable Speed Driver”.

- Al funcionar a menos revoluciones, las bombas se estropean menos y, por tanto, el gasto de mantenimiento disminuye.
- Se puede realizar un control para que funcionen la cantidad necesaria de bombas, estando el mayor número de ellas a caudal y altura nominales. Permiten obtener una presión constante en la descarga.
- Permiten obtener un caudal constante.
- Permiten adaptarse a procesos industriales en los que se requiere menos caudal que el 100% del posible.
- Permiten obtener diferenciales constante de presión, temperatura y de temperatura en función de la temperatura ambiente. Esto es muy útil para climatización.
- Eliminación de válvulas para ajustar el caudal máximo.
- Se reduce tanto el ruido como las vibraciones: al no tener que estar girando al 100% a velocidad fija, se evita que se pueda causar resonancia en las tuberías.
- Menos probabilidad de que ocurran golpes de ariete y cavitación debido a que el VFD evita los cambios bruscos de velocidad, gracias a que producen aceleraciones y desaceleraciones graduales.
- La vida útil de un rodete está relacionada con la velocidad tangencial a la que gira. Consecuentemente, disminuir la velocidad del motor optimizará la fiabilidad de la bomba.

Las pocas desventajas que presenta el uso de un variador de frecuencia, son las siguientes:

- Incrementa el precio de la bomba.
- Se tiene una electrónica más compleja.
- Si el variador sufre una avería, ésta no se puede reparar in situ, dado que hay que enviarlos a la casa o al servicio técnico. Si no se dispone de otra bomba en paralelo u otro variador de repuesto, la instalación se quedará sin el suministro de esa bomba. (MYG Inc. Motores Eléctricos, s.f.)

Al cambiar la velocidad de las bombas, se modifica totalmente el funcionamiento de la bomba, cambiando los valores del funcionamiento nominal. Así pues, ha de hablarse de la relación que existe entre estos puntos.

▪ **Leyes de semejanza**

Tanto el funcionamiento de una bomba como sus características nominales (las de mayor eficiencia), dependen de la velocidad de giro. Si la

bomba gira a unas revoluciones diferentes (n) a las nominales (n_n), se presentan las siguientes relaciones o leyes (ICAI, 2017-2018):

- “La relación de caudales es directamente proporcional al cociente del número de revoluciones y al cubo de la relación de diámetros.” Lo cual, expresado en forma matemática:

$$\frac{Q'}{Q''} = \frac{n'}{n''} \left(\frac{D'}{D''} \right)^3$$

Ecuación 14. Primera ley de semejanza.

- “La relación de alturas útiles es directamente proporcional al cuadrado de la relación del número de revoluciones y de la relación de diámetros” Lo cual, expresado en forma matemática:

$$\frac{H'}{H''} = \left(\frac{n'}{n''} \right)^2 \left(\frac{D'}{D''} \right)^2$$

Ecuación 15. Segunda ley de semejanza.

- “La relación de alturas útiles es directamente proporcional al cuadrado de la relación del número de revoluciones y de la relación de diámetros” Lo cual, expresado en forma matemática:

$$\frac{P'}{P''} = \left(\frac{\rho'}{\rho''} \right) \left(\frac{n'}{n''} \right)^3 \left(\frac{D'}{D''} \right)^5$$

Ecuación 16. Tercera ley de semejanza.

■ Curvas con VFD

Estas leyes escriben toda una familia de curvas que aparecen al variar la velocidad de una bomba, de manera que en vez de una sola curva de funcionamiento H-Q, se tendrá un área de funcionamiento H-Q. Véanse las siguientes figuras.

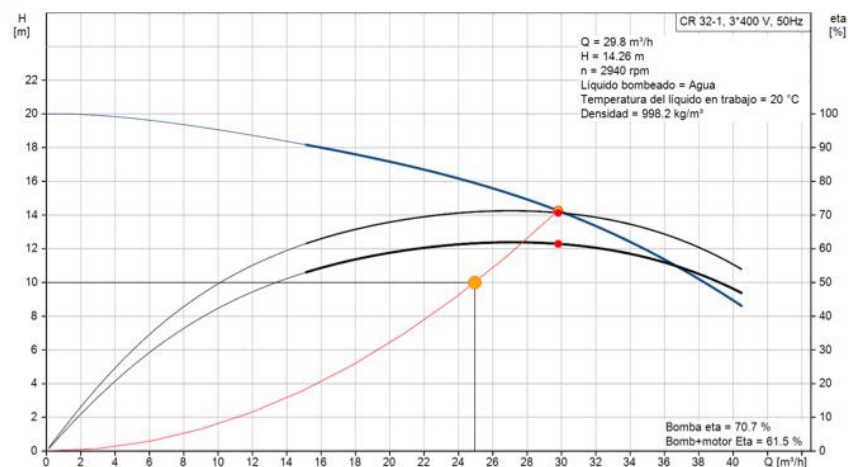


Figura 20. Ejemplo de curva H-Q sin VFD.
Fuente: Grundfos Product Center.

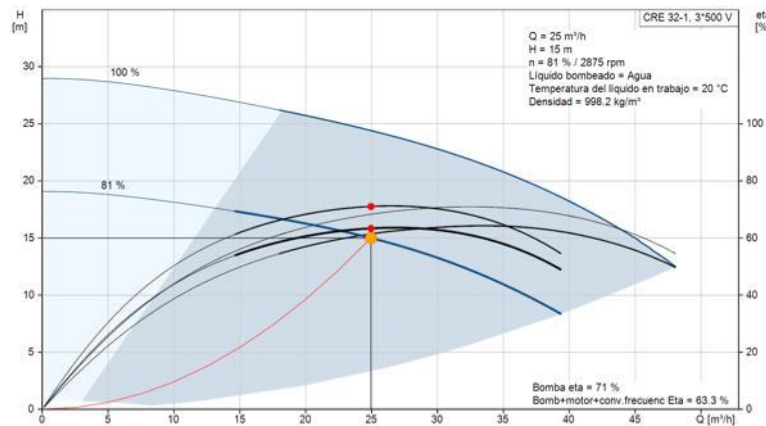


Figura 21. Ejemplo de curva H-Q con VFD.
Fuente: Grundfos Product Center.

Ambas bombas son la CR 32-1, con la salvedad de que la segunda es CRE, el modelo de Grundfos con mejoras electrónicas como el VFD. Ambas tienen insertado el punto $(H, Q) = (15\text{m}, 25\text{m}^3/\text{h})$. $P_2 = 1,606\text{kW}$

Sabiendo esto, pueden verse todas las ventajas antes mencionadas, además de que la curva pasa a ser un área de funcionamiento.

- **Velocidad de giro:** la bomba sin variador gira a 2945rpm mientras que la bomba con variador gira a 2875rpm, de esta manera, la bomba con variador sufre menos desgaste.
- **Eficiencia:** la bomba sin variador tiene un rendimiento del 61,5% mientras que la bomba con variador un rendimiento del 63,3%. Se estaría tirando casi un 2% de energía por no usar el VFD.
- **Ajuste exacto a demanda:** la bomba con variador gira al 81% de su velocidad nominal, dándole a la instalación exactamente el caudal y la altura que necesita.
- **Potencia consumida:** la bomba que no tiene variador consume una potencia $P_1 = 1,728\text{ kW}$, mientras que la bomba con variador consume una potencia $P_1 = 1,606\text{ kW}$. Es decir, usando variador de frecuencia se estaría ahorrando casi un 10% de energía.

2.5. NIVELES DE EFICIENCIA DE BOMBAS Y MOTORES

Las bombas deben estar catalogadas por su eficiencia energética. De cara a distintas regulaciones, las bombas se incluyen dentro de un grupo más grande llamado PUE (Producto que Utiliza Energía).

Un “Producto que Utiliza Energía (PUE)⁷”, es “todo producto que, una vez comercializado o puesto en servicio, depende de una fuente de energía (electricidad, combustibles fósiles y fuentes de energía renovables) para funcionar de la manera prevista, o un producto destinado a la generación, transferencia o medición de dicha energía, incluidas las partes que dependen de una fuente de energía y están destinadas a incorporarse a los PUE, contempladas por la presente Directiva y comercializadas o puestas en servicio como partes individuales para usuarios finales, y cuyo comportamiento medioambiental puede evaluarse de manera independiente” (Unión Europea, 2005).

Para el conjunto bomba y motor hay que diferenciar ambos dispositivos de cara a eficiencias energéticas. Esta categorización se divide en la directiva MEI para la propia bomba, y la directiva IEE para el motor.

▪ **MEI (Minimum Efficiency Index)**

El MEI es la unidad adimensional para bombas hidráulicas trabajando en su punto de mayor eficiencia (BEP), a media carga (PL) y a sobrecarga (OL)⁸ (Amstrong Fluid Technology Lim., 2015).

Es un número decimal, menor que 1, cuya principal función es la del marcado energético y regulación de la Unión Europea de las bombas (Stoffel, 2011). El reglamento europeo dictaminó que, para todas las bombas de nueva construcción a partir del 1 de enero de 2015, el nivel mínimo de eficiencia energética debía ser: $MEI \geq 0,40$. (Unión Europea, 2012)

▪ **IE (International Efficiency)**

En cuanto a los motores, se definió un sistema internacional para su catalogación según la eficiencia que presentaran. Esta categorización se centra

⁷ Es más común ver las siglas en inglés: *EuP (Energy using Products)*

⁸ Las siglas provienen del inglés, y su significado es, respectivamente: Best Efficiency Point (BEP), Part Load (PL) y Overload (OL).

en los motores de inducción que constituyen, de lejos, la mayor parte del mercado de motores eléctricos. (De Almeida, Ferreira, & Fong, 2010)

Esta nueva denominación surge a partir de la estandarización llevada a cabo por el CEI (Comisión Electrotécnica Industrial⁹) en la norma IEC 60034-30-1:2014¹⁰. En dicha norma, se introduce un novedoso sistema de medición de rendimientos favoreciendo además la estandarización internacional en este aspecto. Esta norma, y su sucesiva Especificación Técnica¹¹ (Grundfos, 2017), hablan de las eficiencias que deben tener los IE1, IE2, IE3 e IE4; que se muestran en la siguiente tabla:

Output kW	IE1				IE2				IE3				IE4			
	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole
0.12	45.0	50.0	38.3	31.0	53.6	59.1	50.6	39.8	60.8	64.8	57.7	50.7	66.5	69.8	64.9	62.3
0.18	52.8	57.0	45.5	38.0	60.4	64.7	56.6	45.9	65.9	69.9	63.9	58.7	70.8	74.7	70.1	67.2
0.20	54.6	58.5	47.6	39.7	61.9	65.9	58.2	47.4	67.2	71.1	65.4	60.6	71.9	75.8	71.4	68.4
0.25	58.2	61.5	52.1	43.4	64.8	68.5	61.6	50.6	69.7	73.5	68.6	64.1	74.3	77.9	74.1	70.8
0.37	63.9	66.0	59.7	49.7	69.5	72.7	67.6	56.1	73.8	77.3	73.5	69.3	78.1	81.1	78.0	74.3
0.40	64.9	66.8	61.1	50.9	70.4	73.5	68.8	57.2	74.6	78.0	74.4	70.1	78.9	81.7	78.7	74.9
0.55	69.0	70.0	65.8	56.1	74.1	77.1	73.1	61.7	77.8	80.8	77.2	73.0	81.5	83.9	80.9	77.0
0.75	72.1	72.1	70.0	61.2	77.4	79.6	75.9	66.2	80.7	82.5	78.9	75.0	83.5	85.7	82.7	78.4
1.1	75.0	75.0	72.9	66.5	79.6	81.4	78.1	70.8	82.7	84.1	81.0	77.7	85.2	87.2	84.5	80.8
1.5	77.2	77.2	75.2	70.2	81.3	82.8	79.8	74.1	84.2	85.3	82.5	79.7	86.5	88.2	85.9	82.6
2.2	79.7	79.7	77.7	74.2	83.2	84.3	81.8	77.6	85.9	86.7	84.3	81.9	88.0	89.5	87.4	84.5
3	81.5	81.5	79.7	77.0	84.6	85.5	83.3	80.0	87.1	87.7	85.6	83.5	89.1	90.4	88.6	85.9
4	83.1	83.1	81.4	79.2	85.8	86.6	84.6	81.9	88.1	88.6	86.8	84.8	90.0	91.1	89.5	87.1
5.5	84.7	84.7	83.1	81.4	87.0	87.7	86.0	83.8	89.2	89.6	88.0	86.2	90.9	91.9	90.5	88.3
7.5	86.0	86.0	84.7	83.1	88.1	88.7	87.2	85.3	90.1	90.4	89.1	87.3	91.7	92.6	91.3	89.3
11	87.6	87.6	86.4	85.0	89.4	89.8	88.7	86.9	91.2	91.4	90.3	88.6	92.6	93.3	92.3	90.4
15	88.7	88.7	87.7	86.2	90.3	90.6	89.7	88.0	91.9	92.1	91.2	89.6	93.3	93.9	92.9	91.2
18.5	89.3	89.3	88.6	86.9	90.9	91.2	90.4	88.6	92.4	92.6	91.7	90.1	93.7	94.2	93.4	91.7
22	89.9	89.9	89.2	87.4	91.3	91.6	90.9	89.1	92.7	93.0	92.2	90.6	94.0	94.5	93.7	92.1
30	90.7	90.7	90.2	88.3	92.0	92.3	91.7	89.8	93.3	93.6	92.9	91.3	94.5	94.9	94.2	92.7
37	91.2	91.2	90.8	88.8	92.5	92.7	92.2	90.3	93.7	93.9	93.3	91.8	94.8	95.2	94.5	93.1
45	91.7	91.7	91.4	89.2	92.9	93.1	92.7	90.7	94.0	94.2	93.7	92.2	95.0	95.4	94.8	93.4
55	92.1	92.1	91.9	89.7	93.2	93.5	93.1	91.0	94.3	94.6	94.1	92.5	95.3	95.7	95.1	93.7
75	92.7	92.7	92.6	90.3	93.8	94.0	93.7	91.6	94.7	95.0	94.6	93.1	95.6	96.0	95.4	94.2
90	93.0	93.0	92.9	90.7	94.1	94.2	94.0	91.9	95.0	95.2	94.9	93.4	95.8	96.1	95.6	94.4
110	93.3	93.3	93.3	91.1	94.3	94.5	94.3	92.3	95.2	95.4	95.1	93.7	96.0	96.3	95.8	94.7
132	93.5	93.5	93.5	91.5	94.6	94.7	94.6	92.6	95.4	95.6	95.4	94.0	96.2	96.4	96.0	94.9
160	93.8	93.8	93.8	91.9	94.8	94.9	94.8	93.0	95.6	95.8	95.6	94.3	96.3	96.6	96.2	95.1
200	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.3	95.4
250	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.5	95.4
315	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
355	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
400	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
450	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
500-1000	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4

Figura 22. Tabla de la clasificación IE según potencias y número de polos.
Fuente: (ABB, 2014)

La denominación IE5 aparece en la revisión que se le realiza a esta norma en 2016, en la que no se especifican sus niveles exactos, pero se menciona su posible inclusión en la siguiente edición de la norma IEC 60034-30 y se comenta el objetivo de que IE5 reduzca en un 20% relativo las pérdidas de los motores IE4. (De Almeida, Ferreira, & Quintino, 2013).

⁹ Más conocida por sus siglas en inglés: IEC (International Electrotechnical Commission).

¹⁰ Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE-code).

¹¹ En 2016, se publicó la IEC TS 60034-30-2:2016, en la que se hablaba por primera vez de la eficiencia IE5.

Tras la creación de este sistema, se regularon los niveles mínimos de eficiencia en base al mismo, con los siguientes hitos importantes, mostrados por el siguiente Gantt realizado por Siemens:

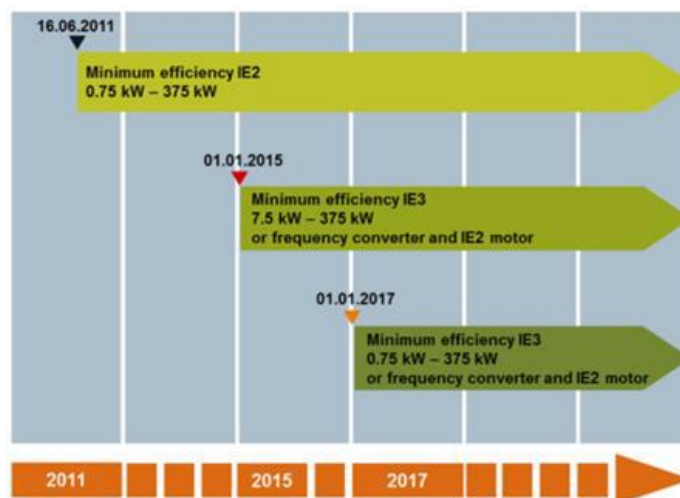


Figura 23. Cronología de la regulación en niveles mínimos de eficiencia.
Fuente: (Siemens AG, 2017)

De esta manera, puede verse que actualmente es obligatorio para todos los motores nuevos (de entre 0,75kW y 375kW) un nivel mínimo de eficiencia IE3 o un IE2 con variador de frecuencia.

▪ Otros niveles de eficiencia de motores

Cabe mencionar otros niveles de eficiencia, los cuales se usaban antes de la creación de la clasificación IE. A pesar de que estos eran muy variados según países (de ahí que el IEC creara la clasificación IE), había algunos muy utilizados. En Europa, se utilizaba la catalogación EFF1, EFF2 y EFF3, de mayor a menor eficiencia. En EEUU, se utilizaban también la EPAct¹² y la NEMA¹³ Premium Efficiency (NEMA, 2018), para motores más eficientes que los catalogados con EPAct. En la siguiente tabla puede verse su equivalencia:

	CEMEP	USA	IEC 60034-30
Super Premium Efficiency			IE4
Premium Efficiency		NEMA Premium	IE3
High Efficiency	EFF1	EPAct	IE2
Standard Efficiency	EFF2		IE1
Below Standard Efficiency	EFF3		

Figura 24. Otros niveles de eficiencia en motores.
Fuente: (WEG)

¹² Energy Policy Act

¹³ National Electrical Manufacturers Association

2.6. ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES

El **Colegio Internacional SEK-Ciudalcampo** está ubicado en la urbanización Ciudalcampo, salida 28 de la A-1 (Autovía del Norte). Pertenece a la localidad de San Sebastián de los Reyes.

Es un colegio considerablemente grande, su extensión es de unos 33.000 m² contando pistas de tenis, pádel, baloncesto, patios, comedor... Tiene capacidad para albergar unos 1.400 alumnos, a los que se suman unos 100 trabajadores entre profesores, mantenimiento, comedor, limpieza...

Para terminar el capítulo, se mostrará una tabla con la recopilación de todas las bombas instaladas actualmente y sus datos más relevantes.

A continuación, puede observarse una captura de la vista satélite, ubicando los distintos pabellones además de la sala de calderas y de bombeo.



Figura 25. Vista satélite de la distribución del colegio SEK-Ciudalcampo.

Para una mayor idea, a continuación una fotografía tomada desde el edificio de secretaría, publicada por el colegio en Google Maps:



Fotografía 2. Fotografía de los pabellones de EI, EP, ESO y BACH.

En cuanto al sistema de bombeo, se ubica en dos zonas principales: la sala de calderas y el cuarto de bombeo. Cuentan con un total de **19 bombas hidráulicas**, de las cuales **3** conforman el **grupo de presión** ubicado en el cuarto de bombeo; y las **16 bombas** restantes se encuentran en la sala de calderas. El grupo de presión se alimenta de un pozo ubicado debajo del colegio, por lo que estas bombas serán para consumo, y tendrán que estar hechas de acero inoxidable. Cabe destacar que en esa zona, hace unos años, saltó la alarma por una posible contaminación de las aguas¹⁴ (Mardones, 2000).

▪ Sala de calderas

En el patio trasero del comedor, se encuentra la sala de calderas, en la que se ubica buena parte del sistema de bombeo de esta instalación. Allí se encuentran 16 de las **19 bombas que componen el sistema de bombeo** de la calefacción, del Agua Caliente Sanitaria (en adelante, ACS). Algunas de estas bombas, tienen un variador de frecuencia manual (de dos o tres velocidades, según la bomba), que según comentó el jefe de mantenimiento: se mantienen siempre al máximo.

En la sala de calderas, se encuentran tres circuitos principales, los cuales están etiquetados con pegatinas en los propios colectores:

→ ACS

Bombas de agua caliente sanitaria con destino a consumo. En concreto, **6**. Son bombas de retorno, carga y del primario, que dan suministro a todos los

¹⁴ Referencia artículo: “16 pozos del acuífero de Madrid contienen arsénico por encima de los límites admisibles” de https://elpais.com/diario/2000/06/26/sociedad/961970408_850215.html

radiadores del colegio. A continuación, una tabla con los datos básicos de las bombas de ACS:

Tabla 6. Bombas del circuito de ACS.

Client Ref.	Ref.	Circuito	Área de aplicación	BOMBA		
				Marca	Modelo	Año
53-54	B07	ACS	Bombas de Retorno	SEDICAL	SP 40/10B	1995
51-52	B08	ACS	Bombas de Retorno	SEDICAL	SAP 40/8T	1995
58-59	B09	ACS	Bombas de Carga	SEDICAL	SAP 40/8T	1995
56-57	B10	ACS	Bombas de Carga	SEDICAL	SAP 40/8T	1995
43-44	B11	ACS	Bombas de Primario	SEDICAL	SP 40/8-B	1995
41-42	B12	ACS	Bombas de Primario	SEDICAL	SP 50/10B	1995

→ CALDERAS

Este circuito se compone de las bombas de anticondensación y las de recirculación del agua de la caldera. Son las siguientes:

Tabla 7. Bombas de calderas (recirculación y anticondensación).

Client Ref.	Ref.	Circuito	Área de aplicación	BOMBA		
				Marca	Modelo	Año
N/A	B13	Calderas	Bombas Recirculación Caldera 1	SEDICAL	SM 40/3-B	1995
N/A	B14	Calderas	Bombas Recirculación Caldera 1	x	ROTA - EN VACÍO	x
06-07	B15	Calderas	Bombas Anticondensación Caldera 2	SEDICAL	SM 80/12B	1995
08-09	B16	Calderas	Bombas Anticondensación Caldera 2	SEDICAL	SM 80/12B	1995
13-14	B17	Calderas	Bombas Anticondensación Caldera 1	SEDICAL	SAP 80/12T	1995
17-18	B18	Calderas	Bombas Anticondensación Caldera 1	SEDICAL	SP 80/12B	1210

En este circuito se encuentra un punto en el que se estropeó una bomba, y al no hacer falta, no se molestaron en reemplazarla. Por ello, en la referencia B14 se tiene un vacío (esta bomba no cuenta dentro de las 19 antes mencionadas). De hecho, las bombas B13 y B14 son las recirculadoras de una caldera que ya no está en funcionamiento, por lo que no se tendrán en cuenta.

→ CALEFACCIÓN

Este circuito da suministro a todos los radiadores del colegio. Cabe destacar que, en la visita al colegio, un profesor se quejaba de que en invierno

hace mucho calor, lo cual se debe claramente a que estas bombas siempre que funcionan, lo hacen al 100%.

Llama la atención, además, que las dos primeras bombas (Pabellones EGB-BUP) son más grandes que las demás.

En concreto, se tienen las siguientes bombas:

Tabla 8. Bombas de calefacción de la sala de calderas.

Client Ref.	Ref.	Circuito	Área de aplicación	BOMBA		
				Marca	Modelo	Año
20-23	B01	Calefacción	Pabellones EGB-BUP	SEDICAL	SIM 100/260	1995
20-21	B02	Calefacción	Pabellones EGB-BUP	SEDICAL	SIM 100/260	1995
19-30	B03	Calefacción	Comedor	SEDICAL	SP 65/7T	1995
27-28	B04	Calefacción	Comedor	SEDICAL	SP 65/7T	1995
36-37	B05	Calefacción	Administración	SEDICAL	SP 40/12T	1995
34-35	B06	Calefacción	Administración	SEDICAL	SP 40/12T	1995

▪ Sala de bombeo

Junto a Secretaría, se encuentra el cuarto de bombeo de ACS. Se compone de tres bombas hidráulicas de misma potencia pero de diferentes marcas y antigüedades.

El funcionamiento de este grupo va según la demanda de la instalación, de manera que las tres bombas funcionan alternativamente, con objeto de que ninguna se quede parada demasiado tiempo. Esto lo controla un cuadro cercano. El principal problema que se observó fue que se producen muchísimos arranques que ponían a las bombas directamente al 100%, una forma de trabajo muy perjudicial para ellas.

Los datos de las bombas son los siguientes:

Tabla 9. Grupo de presión cuarto de bombeo.

Client Ref.	Ref.	Circuito	Área de aplicación	BOMBA		
				Marca	Modelo	Año
N/A	G01	Grupo de presión Agua Fría	Colegio	GRUNDFOS	CM10-6 A-R-G-E-AVBE F-A A N	2014
N/A	G02	Grupo de presión Agua Fría	Colegio	BOMBAS SACI	K 55 T	2008
N/A	G03	Grupo de presión Agua Fría	Colegio	N/A	TIPO 100/120 IEC-34 SEM. 40/05	1990



Bombas de la sala de calderas detalladas

A continuación, se muestra una tabla con las bombas de la instalación y distintos datos que refieren a su funcionamiento tomados en la instalación, sin realizar la búsqueda de sus curvas.

Tabla 10. Sistema de bombeo colegio SEK-Ciudadcampo.

Ref. Cliente	Ref.	Circuito	Área de aplicación	BOMBA			MOTOR			Cantidad	Tipo de Operación	VFD S/N	Año Inst.	Punto nominal		Punto trabajo según manómetro diferencial m	Altura @ Q=0 m
				Marca	Modelo	Código	Marca	P2 (kW)	Eff. IE					m ³ /h	m		
20-23	B01	Calef.	Pabellones EGB-BUP	SEDICAL	SIM 100/260	G584208-4	SIEMENS	5,9	IE1	1		N	2014	10	78,3	9	-
20-21	B02	Calef.	Pabellones EGB-BUP	SEDICAL	SIM 100/260	G584208-2	SIEMENS	5,9	IE1	1		N	2008	7	70	24	-
19-30	B03	Calef.	Comedor	SEDICAL	SP 65/7T	950014	SEDICAL	0,940	IE1	1	2850 / 2800 / 2360 rpm	S	1985	7	70	6 / 45	-
27-28	B04	Calef.	Comedor	SEDICAL	SP 65/7T	950013	SEDICAL	0,940	IE1	1	2850 / 2800 / 2360 rpm	S	1995	85	15	11	-
36-37	B05	Calef.	Administración	SEDICAL	SP 40/12T	951323	SEDICAL	0,585	IE1	1	2770 / 2690 / 2020 rpm	S	1995	85	15	22	-
34-35	B06	Calef.	Administración	SEDICAL	SP 40/12T	N/A	SEDICAL	0,585	IE1	1	2770 / 2690 / 2020 rpm	S	1998	30	3,5	28	-
53-54	B07	ACS	Bombas de Retorno	SEDICAL	SP 40/10B	0501	SEDICAL	0,460*	IE1	1	2550 / 2000 rpm	S	1998	30	3,5	-	-
51-52	B08	ACS	Bombas de Retorno	SEDICAL	SAP 40/8T	105115214	SEDICAL	0,370	IE1	1	-	N	1998	10	8,5	-	8,2
58-59	B09	ACS	Bombas de Carga	SEDICAL	SAP 40/8T	007163327	SEDICAL	0,370	IE1	1	-	N	1998	10	8,5	-	8,2
56-57	B10	ACS	Bombas de Carga	SEDICAL	SAP 40/8T	007163328	SEDICAL	0,370	IE1	1	-	N	1998	10,5	6,3	-	8,2
43-44	B11	ACS	Bombas de Primario	SEDICAL	SP 40/8-B	N/A	SEDICAL	0,330*	IE1	1	2680 / 2200 rpm	S	1990	8,7	6	18	-
41-42	B12	ACS	Bombas de Primario	SEDICAL	SP 50/10B	N/A	SEDICAL	0,820*	IE1	1	2780 / 2350 rpm	S	1990	8,7	6	-	-
N/A	B13	Calderas	Bombas Recirculación Caldera 1	SEDICAL	SM 40/3-B	N/A	SEDICAL	0,105	IE1	1	1250 / 1000 rpm	S	1990	8,7	6	-	-
N/A	B14	Calderas	Bombas Recirculación Caldera 1	x	ROTA - EN VACÍO	x	x	x	x	x	x	x	1995	8	5	x	x
06-07	B15	Calderas	Bombas Anticond. Caldera 2	SEDICAL	SM 80/12B	0303	SEDICAL	0,845*	IE1	1	1350 / 1250 rpm	S	1995	14	7	-	-
08-09	B16	Calderas	Bombas Anticond. Caldera 2	SEDICAL	SM 80/12B	0202	SEDICAL	0,845*	IE1	1	1350 / 1250 rpm	S	1995	-	-	-	-
13-14	B17	Calderas	Bombas Anticond. Caldera 1	SEDICAL	SAP 80/12T	60145927	SEDICAL	1860 (2,5HP)	IE1	1	-	N	x	x	x	-	11,8
17-18	B18	Calderas	Bombas Anticond. Caldera 1	SEDICAL	SP 80/12B	1210	SEDICAL	2000	IE1	1	2740 / 2290 rpm	S	1990	32	3,5	-	-

3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO

Como se ha podido ver, la instalación se subdivide en cuatro grandes grupos: grupo de presión, calefacción, ACS y Calderas. Todas estas bombas deben de ser sustituidas por unas nuevas con mayor eficiencia y por supuesto un variador de frecuencia, ya que este le dará a la instalación la posibilidad de ahorrar mucho más.

Primeramente, se debe encontrar las curvas de las bombas instaladas, ya que de esta manera se podrá ver su punto de funcionamiento nominal y con esto se podrá seleccionar las bombas nuevas. Debido a que muchos manómetros de la instalación se encontraban estropeados, se debe asumir la postura más conservadora en cuanto a eficiencia energética se refiere. De esta manera, se asumirá que las bombas están trabajando en su punto de máxima eficiencia (BEP¹⁵).

3.1. APROXIMACIÓN AL SISTEMA INSTALADO

Tras la visita a la instalación, se sacaron unas conclusiones viendo las fotos tomadas y recopilando los datos de cada bomba.

▪ Sala de bombeo

En primer lugar, se visitó la sala de bombeo ubicada debajo del edificio de secretaría. En ella, se encuentra ubicado el grupo de presión que saca agua del pozo. A continuación, se puede ver una fotografía de la instalación:



Fotografía 3. Grupo de presión de la sala de bombeo.
Fuente: propia.

¹⁵ Best Efficiency Point.

Cada una de las bombas de este grupo tiene una potencia P2 (potencia entregada por el motor) de 4 kW. Funcionan de manera alternativa según demanda, lo cual hace que arranquen y paren súbitamente un número elevadísimo de veces por hora. En la visita, durante 10 minutos, las bombas arrancaron 4 veces.

→ **Bomba G01**

La primera bomba es una Grundfos CM10-6 A-R-G-E-AVBE F-A A N. Esta nomenclatura viene explicada en la Tarifa Grundfos (Bombas Grundfos S. A., 2017):

- Gama: CM (modular centrífuga).
- Caudal nominal: 10 (a 50Hz).
- Número de impulsores: 6.
- Versión de la bomba: A (versión básica).
- Conexión a tubería: R. Rosca Whitworth Rp (ISO 7/1).
- Materiales en contacto con el fluido de bombeo: G (camisa EN 1.4401/AISI 316 y Eje de bomba EN 1.4401/AISI 316).
- Piezas de goma de la bomba (excluyendo el anillo de collar y cierre mecánico): E. EPDM (etileno propileno).
- Denominación de tipo de cierre mecánico: A (cierre junta tórica con pista fija).
- Material de la pista móvil del cierre: V (Óxido de aluminio Al_2O_3).
- Material de la pista fija del cierre: B (Carbono, impregnado de resina sintética).
- Material del cierre secundario: E. EPDM (etileno propileno).
- Tensión de alimentación: F (3 x 220-240/380-415 V, 50 Hz).
- Información del motor: A (Motor estándar con IP55).
- Enchufe de alimentación: A (prensacables).
- Designación del sensor: A.
- N: Acero Inoxidable. Esta bomba en concreto tiene su cuerpo hidráulico fabricado en AISI 316¹⁶.

La obtención de sus datos técnicos es muy simple ya que se dispone de su código numérico Grundfos, y a su vez, Grundfos proporciona por su página

¹⁶ Este dato será importante en la selección, ya que esta bomba también se fabrica en AISI 304.

web un “Product Center” que con teclear el código nos dice todos los datos de esa bomba. La bomba en cuestión, fue instalada en el año 2014, y según comenta el jefe de mantenimiento del colegio, debido a la mala instalación ya ha tenido que ser reparada. Esto puede tener relación con la cantidad de arranques por hora.

Las curvas de esta bomba y los datos de funcionamiento nominal se muestran a continuación:

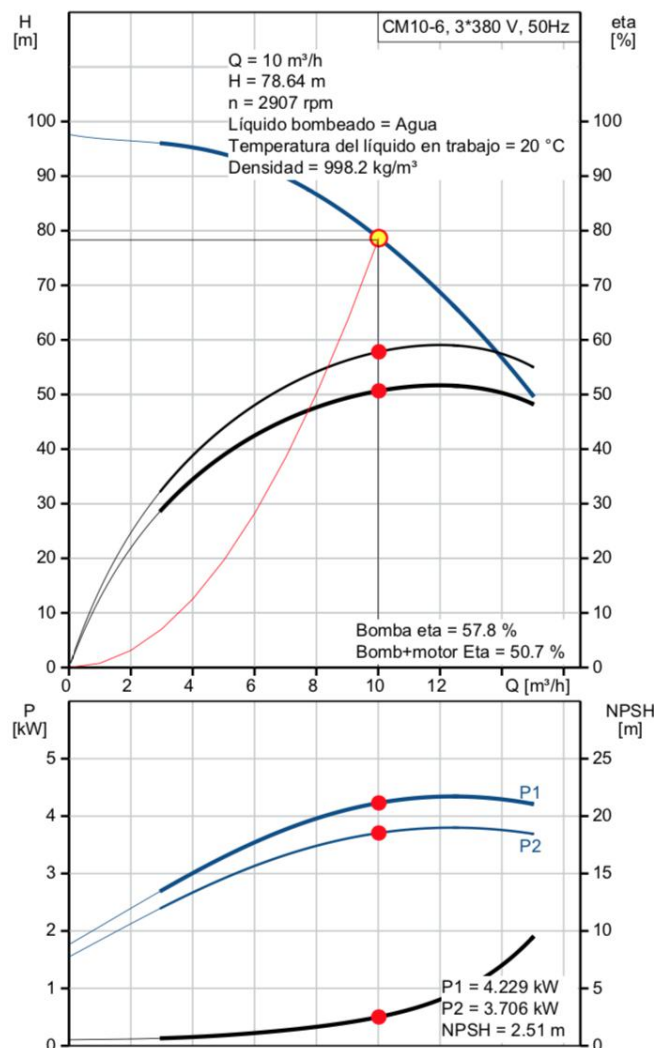


Figura 26. Curvas de la bomba Grundfos CM 10-6.
Fuente: Grundfos Product Center.

→ Bomba G02

La segunda bomba que compone el grupo de presión ubicado en la sala de bombeo se trata de una Bomba Saci K 55 T, también de P2=4kW y un caudal nominal muy similar a G01. Esta bomba es más antigua que la anterior, fue instalada en 2008.

Como la anterior bomba, se trata de una bomba multicelular (o multietapa) horizontal. La clasificación “International Efficiency” de su motor es IE1, es decir, se trata de un motor antiguo y poco eficiente. Su punto de funcionamiento nominal es de 10 m³/h a 70 metros.

A continuación puede verse su curva resaltada:

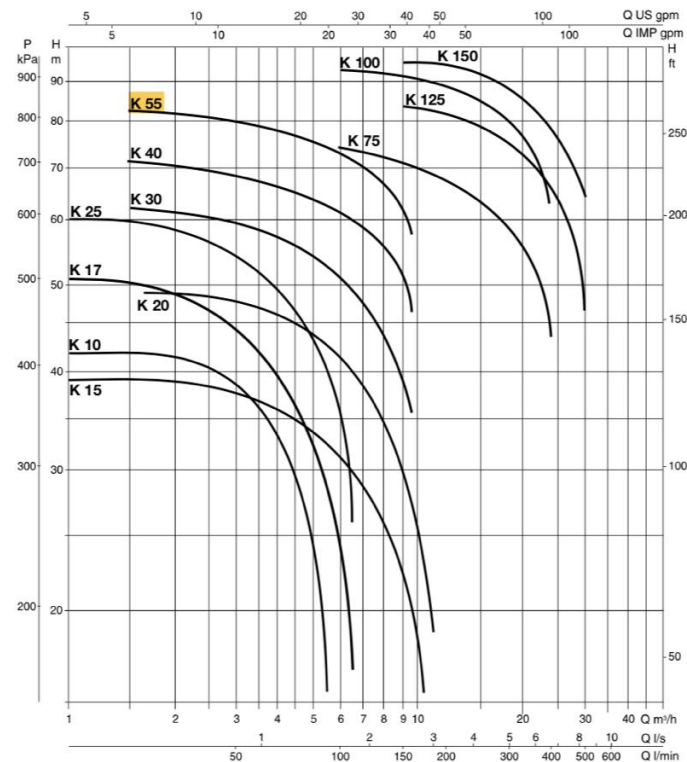


Figura 27. Curva bomba Saki K 55 T.
Fuente: (Saci Pumps)

→ Bomba G03

La última de las bombas del Grupo de Presión se trata de una bomba muy antigua de la que se tienen muy pocos datos. Tan solo se sabe que su instalación fue anterior a los años 80, pero por tomar una posición más conservadora, se calculará como si hubiera sido instalada en el año 1985.

En lo que queda de su placa, puede distinguirse algo que parece ser un modelo: TIPO 100/120 IEC-34 SEM. 40/05. Las siglas IEC-34 describen la manera en la que se acoplan el motor y la bomba. El resto de la denominación parece atender al modelo de la bomba, pero sin ser posible conocer su marca, no se puede saber ni su curva, ni su punto nominal... Por ello, y tras consultarlo a un experto en Eficiencia Energética de Grundfos (Bruno Pinto Carmo), se recomienda utilizar la curva de la bomba G02, teniendo en cuenta la antigüedad de esta bomba.

▪ **Sala de calderas: circuito de Calefacción**

Dejando atrás la sala de bombeo, se recopilarán ahora las curvas de las bombas en el circuito de la calefacción. La instalación trabaja en todos los puntos con dos bombas gemelas, y también en todos con bombas Sedical. Conviene aclarar que, en cuanto a su denominación: si la última letra es “B”, quiere decirse que el eje está fabricado en acero inoxidable; y si la última letra es T, quiere decirse que el eje está fabricado en cerámica. A continuación, puede verse una fotografía tomada desde las bombas B01 y B02, en paralelo al resto de circuito de calefacción.



*Fotografía 4. Bombas del circuito de calefacción.
Fuente: propia.*

→ **Bombas B01 y B02**

Se trata de dos bombas Sedical modelo SIM 100/260, del año 1995. Son las más grandes de la sala de calderas, por lo que debido a su antigüedad y tamaño serán seguramente las que cuyo cambio producirá más ahorro. Son de 5,9 kW, bombas “in-line” verticales (motor en voladizo, bombas radiales), que alimentan a los pabellones de Primaria, ESO, Bachillerato....

El punto de trabajo nominal es de 85 m³/h a 15 metros, girando a 1450 rpm. De esta manera, se puede saber que tiene 4 polos. A continuación, puede verse su curva.

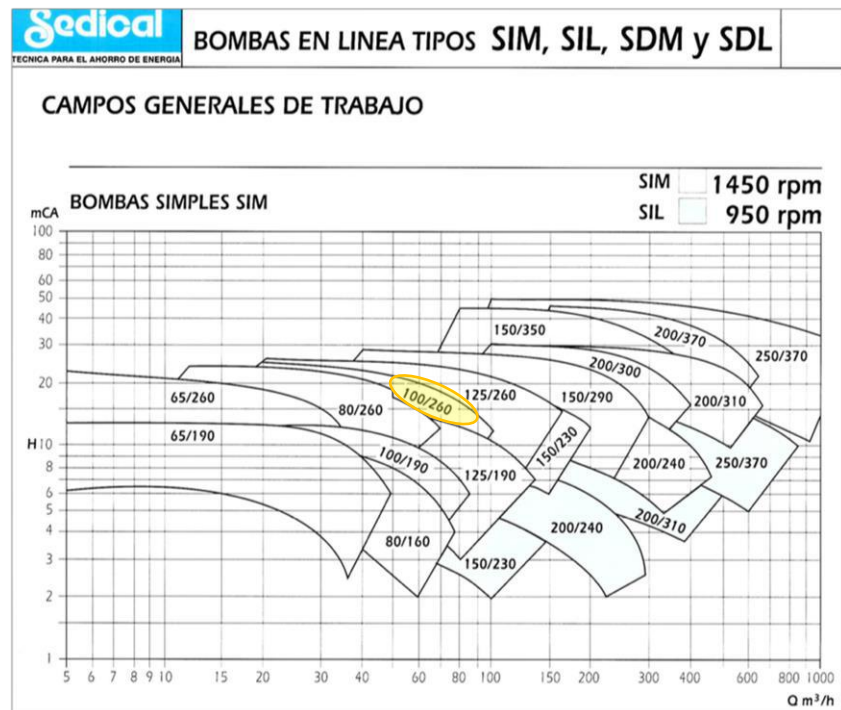


Figura 28. Curva de las bombas Sedical SIM 100/260.
Fuente: (Sedical, 1995-1996)

→ Bombas B03 y B04

Se trata de dos bombas Sedical modelo SP 65/7T, radiales de rotor húmedo. Sus puntos de funcionamiento nominales son 27,5 m³/h a 4 metros para cada bomba. El año de instalación fue 1998. La velocidad de giro es de 2900 rpm, por ello, puede saberse que tiene 2 polos. Su motor entrega de casi 1 kW.

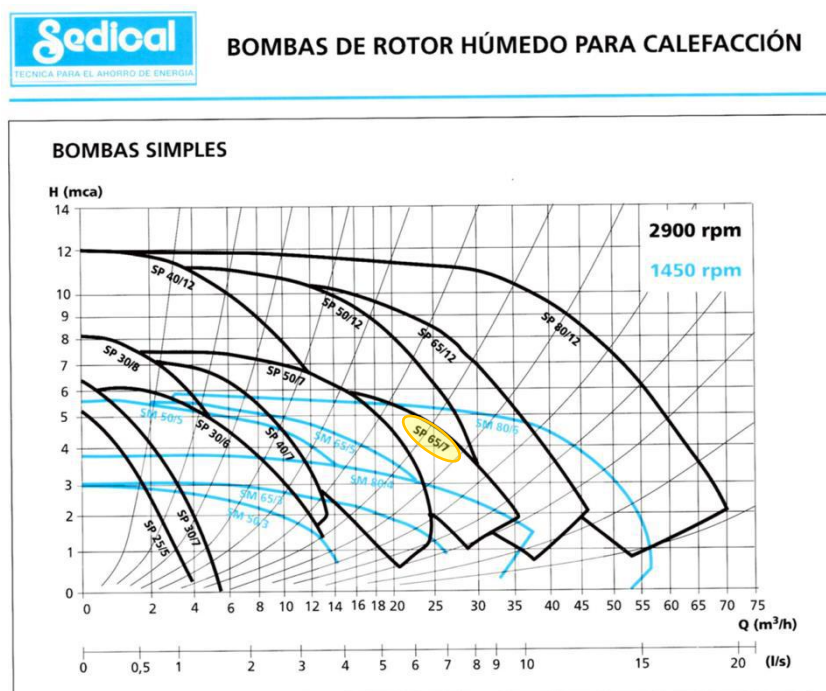


Figura 29. Curva bombas Sedical SP 65/7.
Fuente: (Sedical, 1995-1996)

→ **Bombas B05 y B06**

Se trata de dos bombas Sedical modelo SP 40/12T, también radiales de rotor húmedo. Cada una tiene un punto nominal de 10 m³/h a 8,5 metros. Fueron instaladas en el 98. Por la velocidad de giro de 2900 rpm podemos deducir que el motor dispone de 2 polos. Su motor entrega una potencia de 0,585 kW.

Estas bombas dan presión al circuito que va a la zona de Administración (edificio de Secretaría).



BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO PARA CALEFACCIÓN

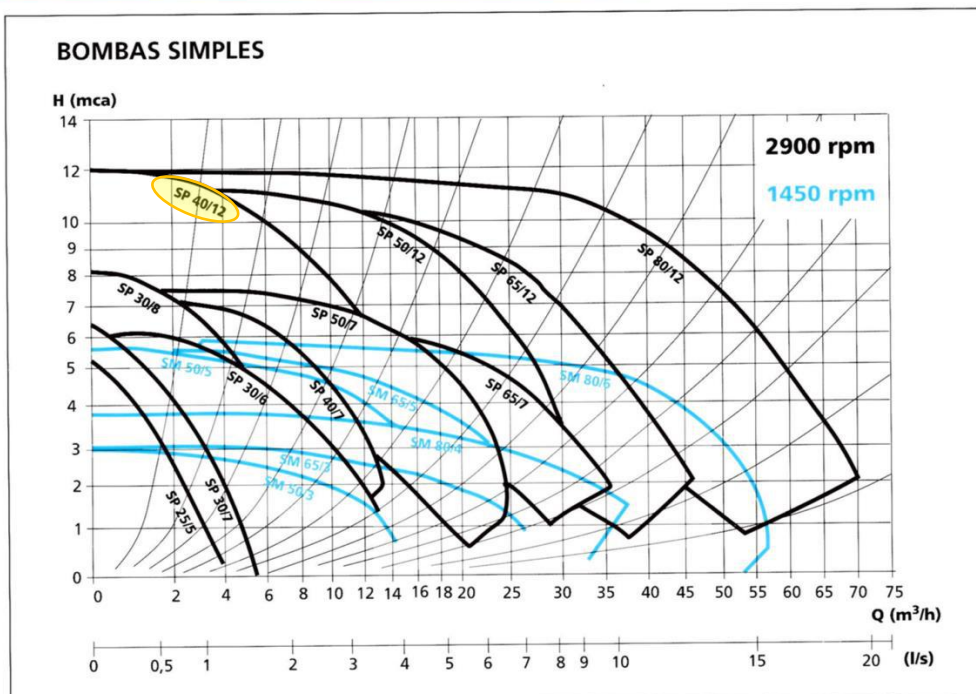


Figura 30. Curva bombas Sedical SP 40/12.
Fuente: (Sedical, 1995-1996)

▪ Sala de calderas: circuito de ACS

A continuación, se expondrán las bombas del circuito de ACS, que lleva el agua que sale de la caldera a los distintos lugares del colegio. Al igual que las de calefacción, todas operan como dos bombas en paralelo, como puede verse en la siguiente fotografía.



Fotografía 5. Bombas del circuito de ACS.
Fuente: propia.

→ Bombas B07 y B08

Se trata de dos bombas Sedical, sin embargo, estas bombas son diferentes modelos entre sí. Según puede verse en las fotos, una de las bombas fue sustituida por otra y se eligió un modelo diferente pero de una potencia similar (~0,400 kW). Ambas dos, son las Bombas de Retorno del circuito de ACS.

La primera, instalada en 1998, es una Sedical SP 40/10B de potencia nominal 0,460 kW, bomba in-line de rotor húmedo como las demás. Su punto de funcionamiento nominal es de 10,5 m³/h a 6,3 metros, no obstante, al no ser la misma bomba que su gemela, habrá que ver la otra curva para tantear un punto de funcionamiento intermedio cercano al nominal de ambas. Gira a 2900 rpm, por lo que se deduce su número de polos: 2.

Su curva se muestra en la siguiente página:

BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO



Bombas **SP** y **SP(D)** de rotor húmedo simples y dobles para calefacción y climatización a 2.900 rpm

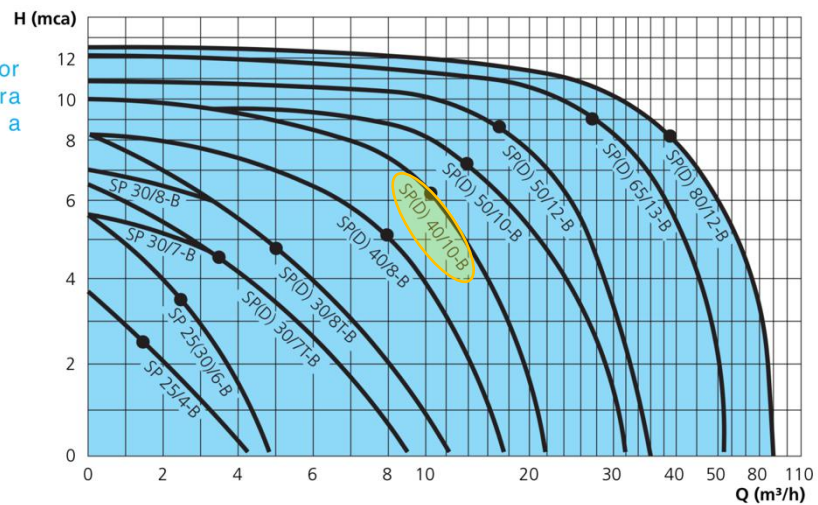


Figura 31. Curva de la bomba SP 40/10.
Fuente: (Sedical, 2003-2004)

Por otra parte, tenemos que su gemela es una bomba Sedical SAP 40/8T, instalada en 1990. Esta bomba desarrolla una potencia nominal de 0,5 CV (0,39 kW), teniendo por punto nominal 8,7 m³/h a 6 metros. Es el mismo tipo de bomba (recirculadora in-line de rotor húmedo, IE1) y así se puede ver en su curva:

Bombas **SAM**, **SAP** y **SA(D)P** de rotor seco simples y dobles para calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (ACS)

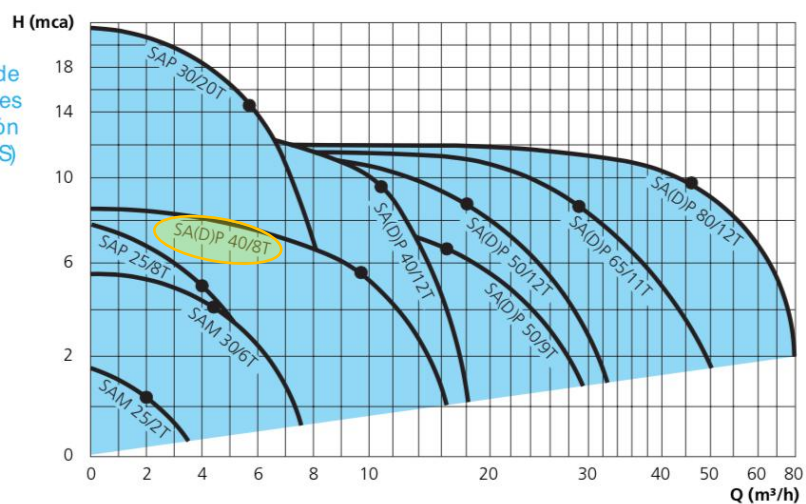


Figura 32. Curva de la bomba SAP 40/8.
Fuente: (Sedical, 2003-2004).

El punto nominal de la SAP según esa curva es de 9,7 m³/h a 5,6 metros, sin embargo, al no coincidir con el que aparece en la propia bomba (8,7 m³/h a 6 metros) se tomará este último como su punto de diseño.

En el apartado de cálculos, se hallará un punto intermedio aplicando las leyes de semejanza. De esta manera, se tomará como punto de funcionamiento para la selección de las nuevas bombas uno común a ambas.

→ Bombas B09 y B10

Estas dos bombas ejercen la función de Bombas de Carga del circuito de ACS. Son ambas SAP 40/8T la misma bomba que la B08, por lo que solo se repetirá que su punto de funcionamiento nominal es de 8,7 m³/h a 6 metros (también aparece en la placa de la bomba como punto de diseño). También fueron instaladas en 1990.

→ Bombas B11 y B12

Para terminar con el circuito de ACS, se encuentran las Bombas del Primario. En este punto, ocurre algo extraño, y es que una de las bombas es considerablemente más grande que su gemela.

La bomba B11 se trata de una Sedical SP 40/8-B, instalada en 1995, la cual desarrolla una potencia de 0,330 kW a máxima velocidad (se recuerda que el jefe de mantenimiento comentó que, dentro de las opciones manuales del variador de velocidad que tenían, es a la que siempre trabajaban). Por lo general, Su punto de funcionamiento nominal es de 8 m³/h a 5 metros y tiene la siguiente curva:

BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO

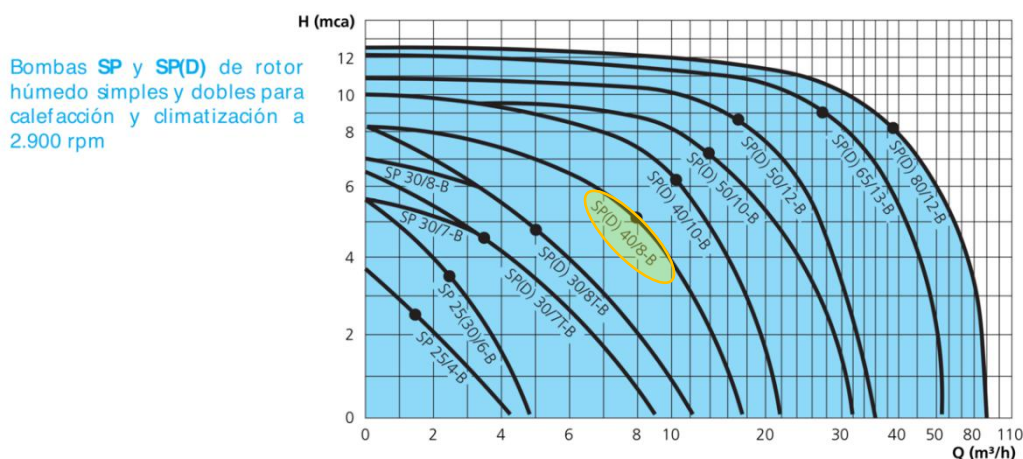


Figura 33. Curva de la bomba SP 40/8.
Fuente: (Sedical, 2003-2004).

En cuanto a su gemela, se trata de una bomba Sedical SP 50/10B, la cual desarrolla una potencia máxima de 0,820 kW y fue instalada también en 1995. Su punto de funcionamiento nominal es de 14 m³/h a 7 metros. No obstante, es muy probable que esta bomba esté funcionando en su modo de velocidad bajo (a 2350 rpm), en el que desarrolla una potencia de entre 0,280 kW y 0,465 kW, valores que cuadran más con su bomba gemela. Su curva puede verse a continuación:

BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO



Bombas **SP** y **SP(D)** de rotor húmedo simples y dobles para calefacción y climatización a 2.900 rpm

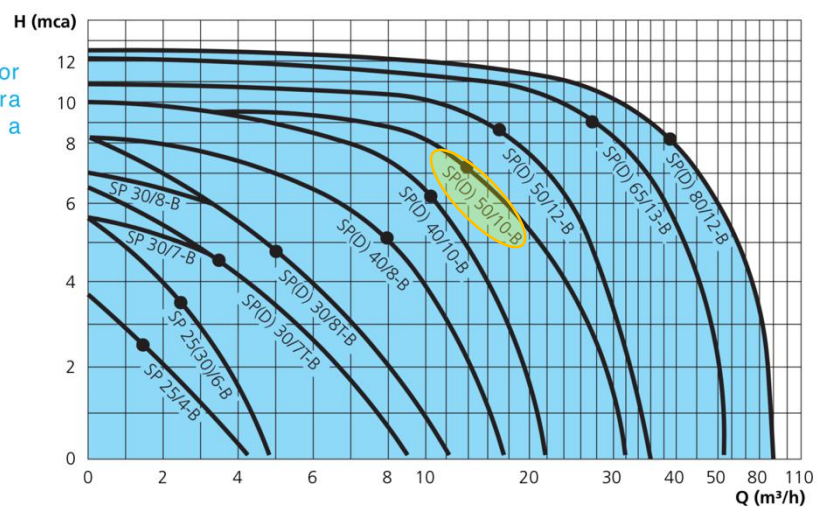


Figura 34. Curva de la bomba SP 50/10.
Fuente: (Sedical, 2003-2004).

▪ Sala de calderas: circuito Calderas

Para terminar con la sala de calderas, ahora se recopilarán las curvas de las bombas encargadas de la recirculación de agua en las propias calderas. La instalación dispone de 2 calderas en funcionamiento, y de una tercera fuera de servicio (que no retiraron de la instalación). A continuación, puede verse una foto de un par de las bombas del circuito de las calderas, detrás de las mismas.



*Fotografía 6. Bombas del circuito de calderas.
Fuente: propia.*

→ Bombas B15 y B16

Según las etiquetas de la instalación, estas bombas son las encargadas de la recirculación (anticondensación) de la caldera 2. Son dos bombas gemelas, del mismo tipo que las demás: in-line de rotor húmedo. Son de la marca Sedical modelo SM 80/5B, instaladas en el año 1995. Desarrollan ambas una potencia nominal de 0,845 kW y fueron instaladas en 1990.

Cabe destacar, el gran caudal que tiene esta bomba siendo una simple recirculadora de la caldera. Esto se debe a que la caldera del colegio tiene un tamaño importante. El punto de funcionamiento nominal de esta bomba es de 32 m³/h a 3,5 metros. A continuación, puede verse su curva recalcada:

Bombas **SM** y **SM(D)** de rotor húmedo simples y dobles para calefacción y climatización a 1.400 rpm

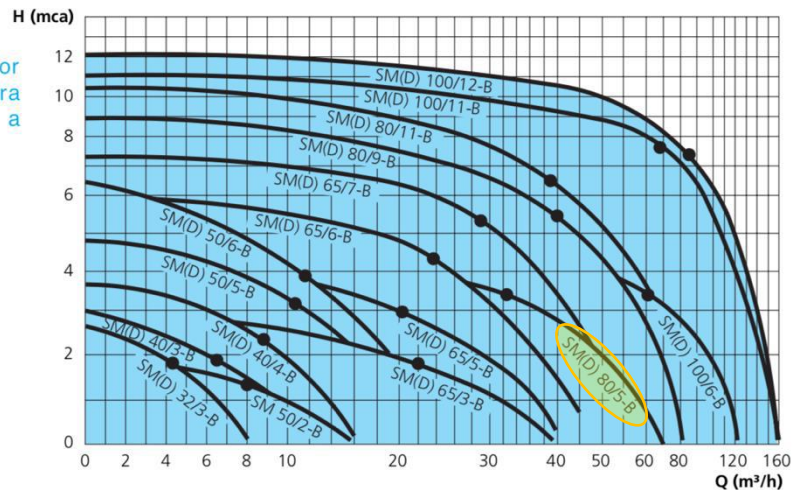


Figura 35. Curva de la bomba SM 80/5..
Fuente: (Sedical, 2003-2004) y propia.

→ Bombas B17 y B18

Al igual que las anteriores, estas bombas son las encargadas de la anticondensación de la caldera 1, en este caso. Nuevamente, las dos bombas que se encuentran instaladas en paralelo no son iguales.

La bomba B17 se trata de una Sedical SAP 80/12T, también in-line de rotor húmedo, pero más grande que las de la caldera 2, esta desarrolla una potencia nominal de 2,1 kW dando un caudal de 45 m³/h a 10 metros. Fue instalada en el año 2000. Su curva puede verse a continuación:

Bombas **SAM**, **SAP** y **SA(D)P** de rotor seco simples y dobles para calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (ACS)

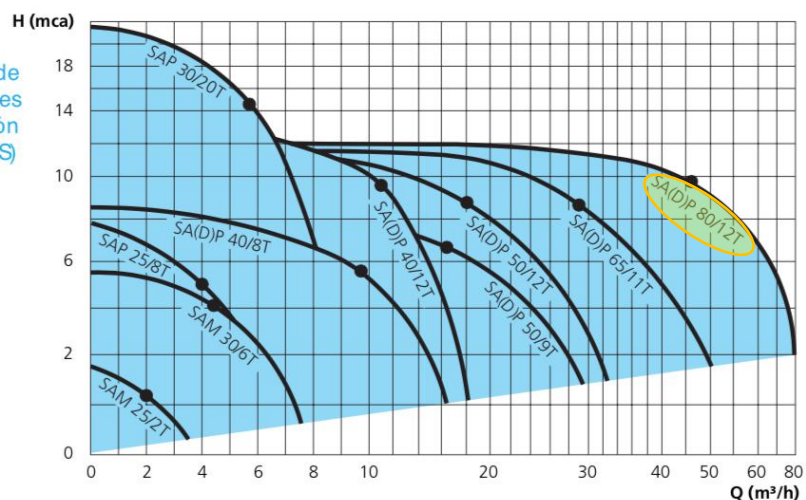


Figura 36. Curva de la bomba SAP 80/12.
Fuente: (Sedical, 2003-2004).

Por último, la bomba B18 es una SP 80/12T, cuyo motor a potencia máxima entrega 2 kW. Fue instalada en el año 1998. Su punto de funcionamiento nominal, según la curva, es de 39 m³/h a 8 metros. Dicha curva puede verse a continuación:

BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO



Bombas **SP** y **SP(D)** de rotor húmedo simples y dobles para calefacción y climatización a 2.900 rpm

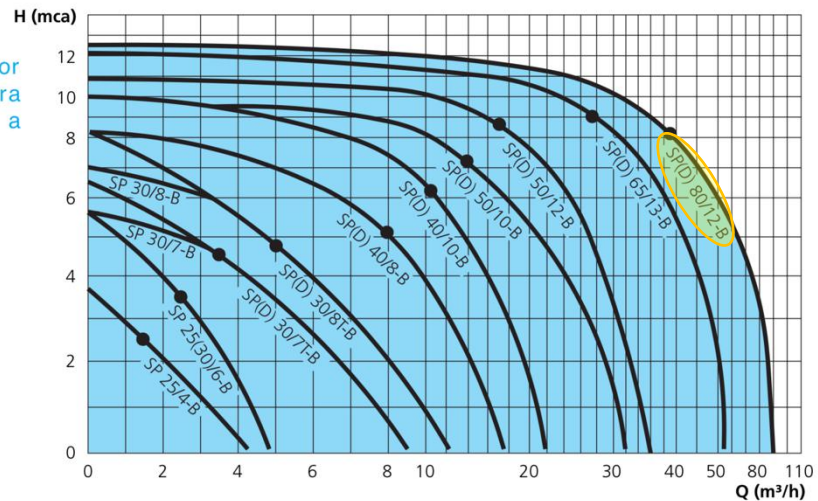


Figura 37. Curva de la bomba SP 80/12.
Fuente: (Sedical, 2003-2004).

3.2. SELECCIÓN DE LAS NUEVAS BOMBAS

Para llevar a cabo la selección de las bombas nuevas, se utilizará el software de Grundfos llamado “Grundfos Product Center”¹⁷.

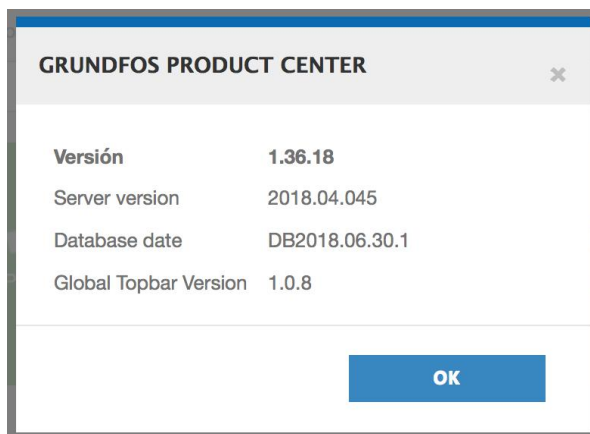


Figura 38. Software para la elección de bombas.
Fuente: (Grundfos, 2018).

▪ Procedimiento a seguir para la selección de 19 bombas

Dado que ya se conocen los puntos de diseño y se conocen los modelos de las bombas, los pasos a seguir empezarán eligiendo en primer lugar el modelo Grundfos que se asemeja a la bomba ya instalada. Como se puede ver en el siguiente pantallazo, podemos elegir “Catálogo” ya que se conoce el modelo de Grundfos que se asemeja al instalado.

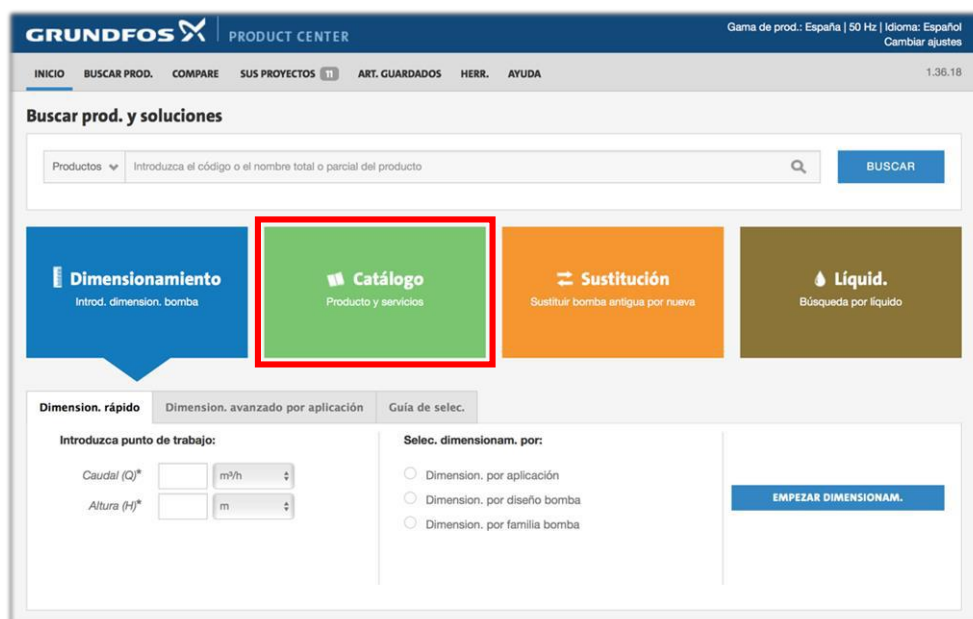


Figura 39. Pantalla de inicio Grundfos Product Center.
Fuente: (Grundfos, 2018).

¹⁷ Se puede encontrar a través del siguiente link:

<https://product-selection.grundfos.com/front-page.html?pumpsystemid=403728078&qcid=375487814>

A pesar de que a priori pueda parecer que la opción “Sustitución” es la correcta para el caso, se puede ver en la siguiente imagen que la marca de las bombas instaladas actualmente (Sedical) no se encuentra entre las opciones:

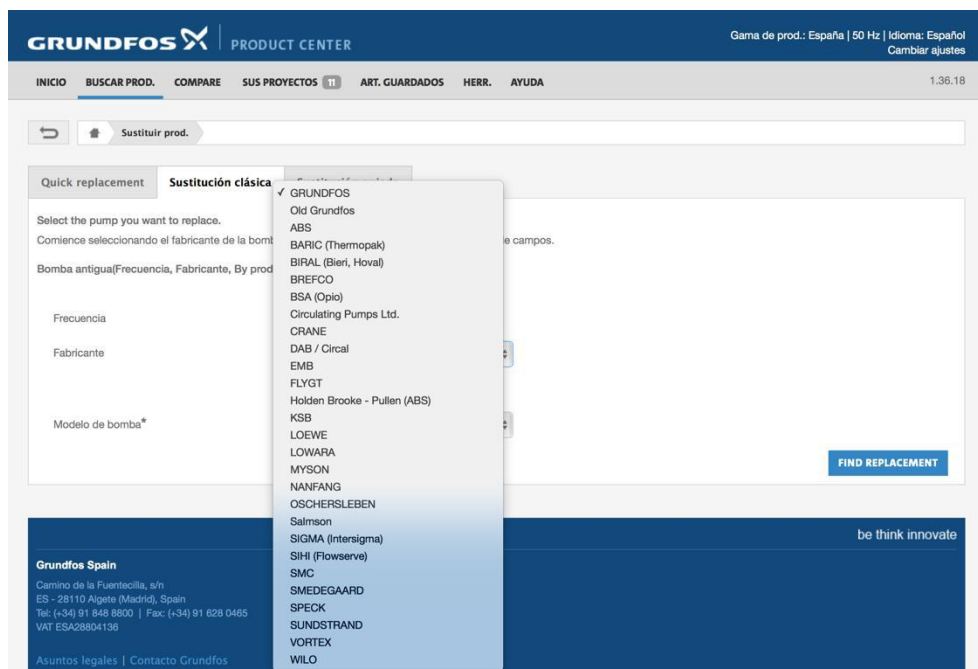


Figura 40. Marcas disponibles en el software de sustitución interno del Product Center.
Fuente: (Grundfos, 2018).

Tras entrar en la opción de “Catálogo”, se presionará la opción “Familia de producto”, ya que, como se ha explicado anteriormente, se conoce el modelo de la bomba y podremos ayudar al software a encontrar la más idónea para el punto en cuestión.

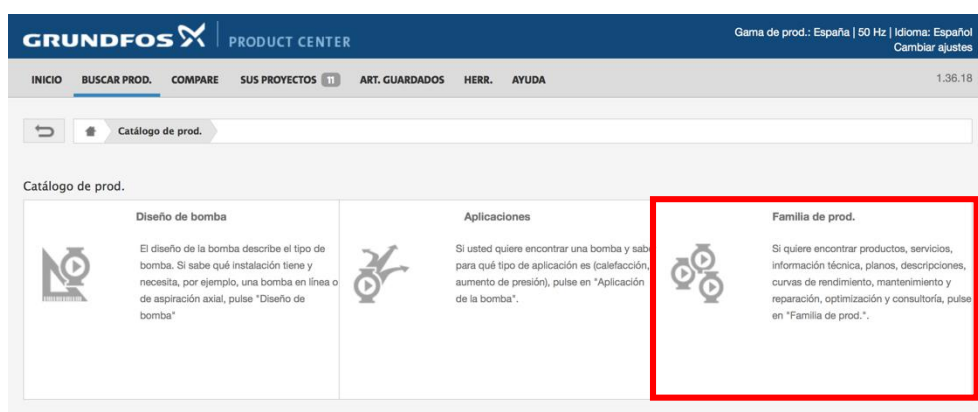


Figura 41. Opciones dentro de “Catálogo” en el Product Center.
Fuente: (Grundfos, 2018).

Al entrar en “Familia de producto”, veremos todos los modelos de bomba, accesorios y otros artículos que Grundfos vende. Así pues, si sabemos que la bomba que necesitamos es una TPE (porque sabemos que es de rotor seco para

climatización y exige un caudal superior a unos 30 m³/h), procederemos a bajar hasta esta familia de producto:

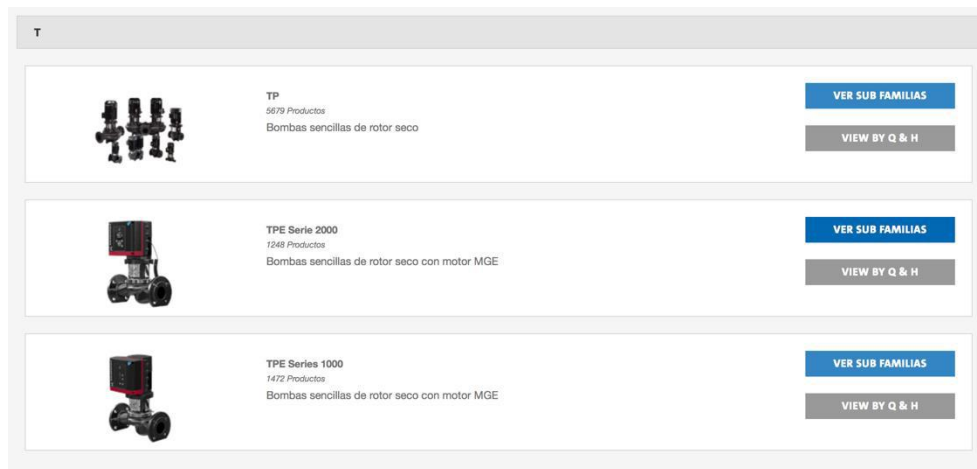


Figura 42. Modelos de bomba Grundfos TP(E) en Product Center.
Fuente: (Grundfos, 2018).

Dentro de cada una de estas familias¹⁸, si seleccionamos “Ver subfamilias” podremos seleccionar el tipo de bomba deseada: de acero inoxidable porque es para ACS, con más electrónica, doble...

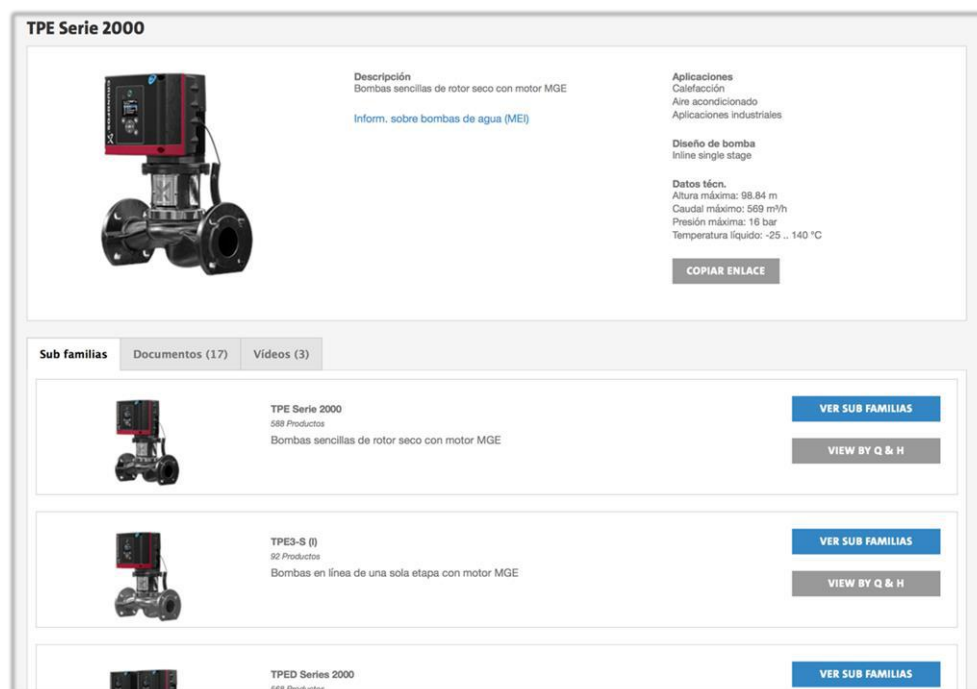


Figura 43. Subfamilias de la bomba TPE Serie 2000.
Fuente: (Grundfos, 2018).

¹⁸ Aunque sólo sea a modo de ejemplo, para curiosidad del lector, la bomba TPE 1000 y la TPE 2000 tienen por única diferencia que la segunda incluye un sensor de presión. Se comentará en la selección de las bombas B01 y B02.

Llegados a este punto, se seleccionará la opción “View by Q&H”, de manera que podremos insertar el punto de trabajo en la herramienta. Se procederá eligiendo la bomba más pequeña de entre las opciones (siempre que el punto no se quede muy en el extremo de la curva) y después las configuraciones más estándares de cierre mecánico¹⁹, material del impulsor, presión máxima... Puede verse a continuación el proceso:

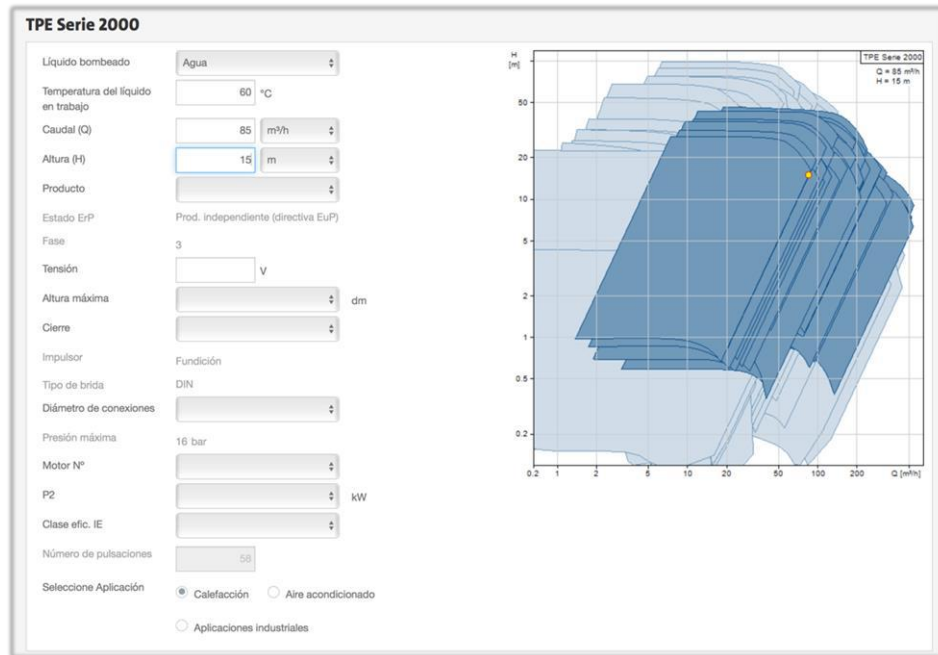


Figura 44. Posibles modelos según el punto insertado.
Fuente: (Grundfos, 2018).

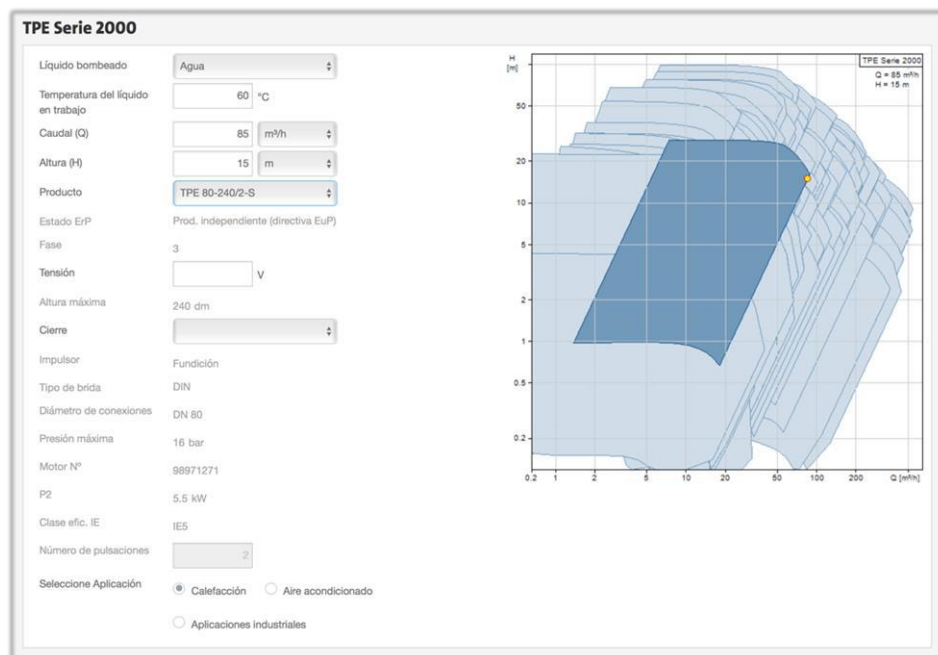


Figura 45. Bomba más pequeña de entre las opciones posibles.
Fuente: (Grundfos, 2018).

¹⁹ Este cierre, según indicaciones de la empresa, será el BQQE.

Seleccionando la bomba más pequeña de entre las opciones disponibles, el punto queda muy en el extremo y una demanda superior podría hacer que la bomba se saliera de su curva acarreando una situación perjudicial para la misma.

De esta manera, se busca aquélla que deje el punto menos en el extremo, partiendo del punto y de la potencia de la bomba ya instalada (en el caso analizado se encuentra una bomba de 5,9 kW). El software permite enviar el resultado aunque no haya quedado una sola bomba final, ya que, como puede verse en este ejemplo, no termina de quedar claro cuál será la mejor bomba relación idoneidad-precio. Así pues, elegiremos la menor potencia posible, al suponer esto una bomba más pequeña y, por tanto, más barata. Se puede ver a continuación:

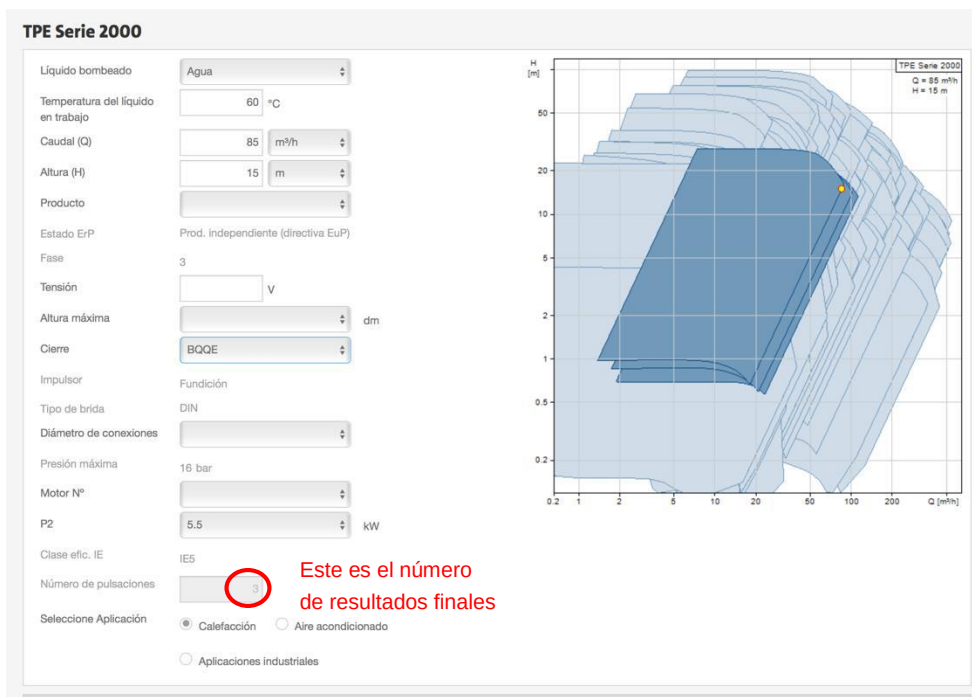


Figura 46. Opciones finales seleccionando la menor potencia posible.
Fuente: (Grundfos, 2018).

En la siguiente pantalla, se pueden ver las curvas de cada una y el PVP de las bombas, así como la disponibilidad de stock. De esta forma, se podrán ver las opciones como se muestra:

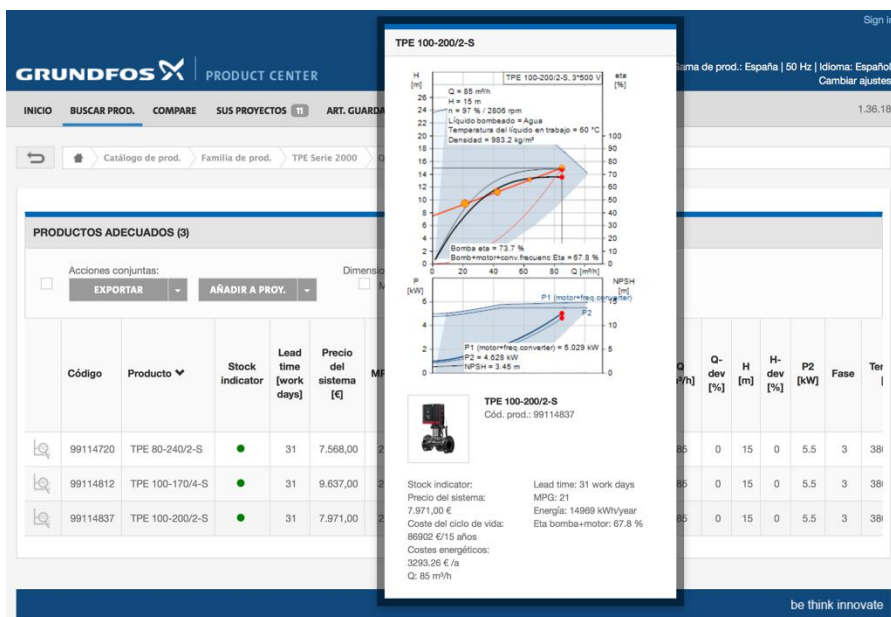


Figura 47. Opciones finales de la selección ejemplo.
Fuente: (Grundfos, 2018).

Finalmente, puede verse que de las tres opciones restantes: la primera, es la que se descartó al principio porque el punto queda en el extremo; la segunda, puede valer; la tercera, también puede valer. Al valer las dos últimas, elegimos la más barata, por lo que para el punto elegido como ejemplo se seleccionaría la bomba TPE 100-200/2-S.

Haciendo clic en la línea de dicha bomba podemos ver todos sus datos (curvas en grande, hojas técnicas, fotografías del producto, vídeos, planos...). Se puede ver dicha pantalla a continuación:

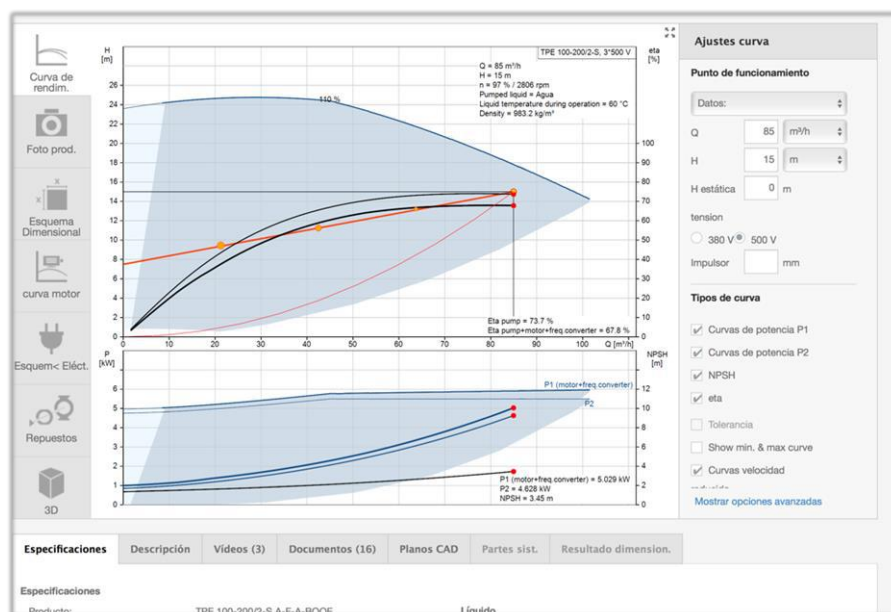


Figura 48. Datos de la bomba TPE 100-120/2-S seleccionada.
Fuente: (Grundfos, 2018).

3.3. RESUMEN DE SELECCIÓN FINAL

A continuación, se presenta una tabla en la que se resumen la selección llevada a cabo en el Grundfos Product Center. **Se han seleccionado un total de 19 bombas nuevas.**

El desarrollo de toda la selección podrá verse en la “Parte II: Cálculos” que comienza unas páginas después. Se ha realizado un proyecto en el Product Center, para después poder sacar todas las fichas técnicas juntas.

Tabla 11. Resumen de la selección de bombas realizada.

Pos	Su posición		N.	Cód. prod.
0.0	G00		Control MPC-EC	99065064
1.0	G01		CM10-6 A-R-G-E-AVBE	96935488
2.0	G02 & G03		CM10-6 A-R-G-E-AQQE	98979300
4.0	B01 & B02		TPE 100-200/2-S A-F-A-BQQE	99114837
6.0	B03 & B04		MAGNA3 80-60 F	97924317
8.0	B05 & B06		MAGNA3 40-120 F	97924270
10.0	B07 & B08		MAGNA3 32-120 F N	97924346
12.0	B09 & B10		MAGNA3 32-120 F N	97924346
14.0	B11 & B12		MAGNA3 32-120 F N	97924346
16.0	B15 & B16		MAGNA3 65-100 F	97924297
18.0	B17 & B18		MAGNA3 100-120 F	97924315

4. CÁLCULO DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS

A continuación, se va a explicar cómo se van a realizar estos cálculos de qué datos se va a partir. Los cálculos se realizarán mediante la herramienta Excel, habiendo insertado previamente información ya comentada en el apartado de Estado del Arte. IMPORTANTE: los pantallazos que se muestran en este apartado no se corresponden con los resultados finales, para ello, ir al apartado [“Parte II: Cálculos. Análisis de los ahorros energéticos”](#).

4.1. HOJAS DE DATOS

Seguidamente, seguirá comentando hoja por hoja el estudio realizado. Consta de seis hojas con información o bien sacada de normativa, o bien compartida por un experto de Grundfos en eficiencia energética.

■ Hoja 1: “Recogida de datos”

En primer lugar, partimos de la hoja recogida de datos, en la que se aúnan todos los datos tanto extraídos en la instalación, como deducidos tras la misma. Se insertan todos los datos calculados en el apartado [“3.1. Aproximación al sistema instalado”](#) acerca de los caudales y alturas nominales de cada bomba, así como la velocidad de funcionamiento, potencia P₂... Abajo puede verse un pantallazo tomado de dicha hoja, en la que se encuentran datos como los puntos de funcionamiento nominal, el tipo de bomba, el número de polos, modelo...

Hoja 1: RECOGIDA DE DATOS		Hoja 2: PERFILES DE CARGA		Hoja 3: IEC STANDARD		Hoja 4: COEFICIENTES		Hoja 5: DATA INDEX		Hoja 6: CÁLCULOS	
Forma de la instalación		Instalación		Cálculo SER-C (datos campo)		Coste de energía (€/kWh)		Medidas		Medidas	
Instalación	Ventilador	Instalación	Cálculo SER-C (datos campo)	Coste de energía (€/kWh)	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas
Circuito	Área de aplicación	Fluido y Temp.	Bomba	Motor	P ₂	Polos	Circ. 11	Altura de aspiración	Altura de impulsión	Caudal	P ₂
Marca	Modelo	Tipo	Marca / Modelo / Código	AV							
G01	Grupo de presión Agua Fría	Caldera	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
G02	Grupo de presión Agua Fría	Caldera	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
G03	Grupo de presión Agua Fría	Caldera	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B01	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B02	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B03	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B04	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B05	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B06	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B07	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B08	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B09	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B10	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B11	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B12	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B13	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B14	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B15	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B16	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B17	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835
B18	Calderas	Presión 1000-1020	GRUNDFOS	CHINA 4 A-B-G-E-AVRE F.A.A.N	GRUNDFOS	4	2	102	1	N	835

Figura 49. Hoja "Recogida de datos" del Estudio de Eficiencia.
Fuente: propia.

■ Hoja 2: “Perfiles de carga”

En segundo lugar, se encuentra la hoja en la que se definen distintos perfiles de carga utilizados en la modelización de sistemas de bombeo. El más utilizado es el perfil EuroVent, el cual describe que:

- A un **100% de la carga**, la bomba trabaja tan solo un **3% del tiempo**.
- A un **75% de la carga**, la bomba trabaja un **33% del tiempo**.
- A un **50% de la carga**, la bomba trabaja un **41% del tiempo**.
- A un **25% de la carga**, la bomba trabaja un **23% del tiempo**.
- Como estos perfiles hablan del **funcionamiento**, y se utilizan para multiplicarse con las horas de funcionamiento, da para un **0% de la carga**, un **0% del tiempo**. Se sabe que la bomba va a estar apagada, pero este tiempo no computa dentro de “horas de funcionamiento, por lo que tiene lógica decir que dentro de las horas de funcionamiento la bomba no está en ningún momento apagada.

En esta hoja, además, se calcula el tiempo de funcionamiento de las bombas de cada circuito, dividido por estaciones.

A continuación, puede verse un pantallazo de dicha hoja y subrayado en amarillo, el perfil de carga que se utilizará:

PERFILES DE CARGA											
	CARGA					TIEMPO					
	100%	75%	50%	25%	0%	3%	33%	41%	23%	0%	
Eurovent	100,0%	75,0%	50,0%	25,0%	0,0%	3%	33%	41%	23%	0%	
BlueAngel	100,0%	75,0%	50,0%	25,0%	0,0%	6,0%	15,0%	35,0%	44,0%	0,0%	
HEAT - Main Pumps	100,0%	75,0%	50,0%	25,0%	0,0%	5,0%	10,0%	35,0%	50,0%	0,0%	
HEAT - Boiler Shunt	100,0%	75,0%	50,0%	0,0%	0,0%	33,3%	33,3%	33,3%	0,0%	0,0%	
HEAT - Mixture Loop	100,0%	75,0%	50,0%	25,0%	0,0%	5,0%	10,0%	35,0%	50,0%	0,0%	
HEAT - Heating Surfaces	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
HEAT - Recirculation Pumps	100,0%	80,0%	60,0%	0,0%	0,0%	33,3%	33,3%	33,3%	0,0%	0,0%	
HEAT - Hot Water Vessel Loop	100,0%	80,0%	60,0%	0,0%	0,0%	11,1%	44,4%	44,4%	0,0%	0,0%	
Boosting - Standard	100,0%	53,8%	23,1%	15,4%	7,7%	4,2%	20,8%	12,5%	37,5%	25,0%	
Booster Load Profile - Acc. to DIN1988	100,0%	75,0%	50,0%	35,0%	12,0%	4,5%	9,1%	13,6%	27,3%	45,5%	
Plena carga	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Customer Profile 1	100,0%	75,0%	50,0%	25,0%	0,0%	14,3%	7,1%	28,6%	17,9%	32,1%	
Customer Profile 2	100,0%	80,0%	0,0%	0,0%	0,0%	66,7%	33,3%	0,0%	0,0%	0,0%	
Customer Profile 3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Customer Profile 4	100,0%	80,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	

Aproximación a las horas de funcionamiento					
Bombas del circuito:	Otoño-Invierno		Primavera-Verano		Total
	Diario	Anual	Diario	Anual	
Grupo de presión	2,3	321,8	1,8	234,0	555,8
Calefacción	12,0	2184,0	0,0	0,0	2184,0
ACS	5,0	650,0	5,0	912,0	1562,0
Calderas	10,0	1300,0	2,0	364,8	1664,8

Figura 50. Hoja “Perfiles de Carga” del Estudio de Eficiencia.

Fuente: propia.

■ Hoja 3: "IEC Standard"

Después, se tiene la hoja en la que se introduce la tabla comentada en "2.5. Niveles de eficiencia: IE (International Efficiency)", en la que según la potencia y el número de polos de un motor, conocida su etiqueta IE, se puede conocer una aproximación de su rendimiento.

Cabe destacar que en dicha tabla, no se incluye el índice de eficiencia IE5, pero se prevé que dentro de poco tiempo salga una actualización de la norma y se incluya. A continuación, se muestra la hoja comentada:

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

IEC STANDARD

Eficiencia de motores estándar 50 Hz según IEC/EN 60034-30-1:2014 en base a la metodología según IEC 60034-30-2:2014

P2	SEM	IE1				IE2				IE3				IE4			
kW	CLASE	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
0,12	35	45	50	38,3	31	53,6	59,1	50,6	39,8	60,8	64,8	57,7	50,7	66,5	69,8	64,9	62,3
0,18	42,8	52,8	57	45,5	38	60,4	64,7	56,6	45,9	65,9	69,9	63,9	58,7	70,8	74,7	70,1	67,2
0,2	44,6	54,6	58,5	47,6	39,7	61,9	65,9	58,2	47,4	67,2	71,1	65,4	60,6	71,9	75,8	71,4	68,4
0,25	48,2	58,2	61,5	52,1	43,4	64,8	68,5	61,6	50,6	69,7	73,5	68,6	64,1	74,3	77,9	74,1	70,8
0,37	53,9	63,9	66	59,7	49,7	69,5	72,2	67,6	56,1	73,8	77,3	73,5	69,3	78,1	81,1	78	74,3
0,4	54,9	64,9	66,8	61,1	50,9	70,4	73,5	68,8	57,2	74,6	78	74,4	70,1	78,9	81,7	78,7	74,9
0,55	59	69	70	65,8	56,1	74,1	77,1	73,1	61,7	77,8	80,8	77,2	73	81,5	83,9	80,9	77
0,75	62,1	72,1	72,1	70	61,2	77,4	79,6	75,9	66,2	80,7	82,5	78,9	75	83,5	85,7	82,7	78,4
1,1	65	75	75	72,9	66,5	79,6	81,4	78,1	70,8	82,7	84,1	81	77,7	85,2	87,2	84,5	80,8
1,5	67,2	77,2	77,2	75,2	70,2	81,3	82,8	79,8	74,1	84,2	85,3	82,5	79,7	86,5	88,2	85,9	82,8
2,2	69,7	79,7	79,7	77,7	74,2	83,2	84,3	81,8	77,6	85,9	86,7	84,3	81,9	88	89,5	87,4	84,5
3	71,5	81,5	81,5	79,7	77	84,6	85,5	83,3	80	87,1	87,7	85,6	83,5	89,1	90,4	88,6	85,9
4	73,1	83,1	83,1	81,4	79,2	85,8	86,6	84,6	81,9	88,1	88,6	86,8	84,8	90	91,1	89,5	87,1
5,5	74,7	84,7	84,7	83,1	81,4	87	87,7	86	83,8	89,2	89,6	88	86,2	90,9	91,9	90,5	88,3
7,5	76	86	86	84,7	83,1	88,1	88,7	87,2	85,3	90,1	90,4	89,1	87,3	91,7	92,6	91,3	89,3
11	77,6	87,6	87,6	86,4	85	89,4	89,8	88,7	86,9	91,2	91,4	90,3	88,6	92,6	93,3	92,3	90,4
15	78,7	88,7	88,7	87,7	86,2	90,3	90,6	89,7	88	91,9	92,1	91,2	89,6	93,3	93,9	92,9	91,2
18,5	79,3	89,3	89,3	88,6	86,9	90,9	91,2	90,4	88,6	92,4	92,6	91,7	90,1	93,7	94,2	93,4	91,7
22	79,9	89,9	89,9	89,2	87,4	91,3	91,6	90,9	89,1	92,7	93	92,2	90,6	94	94,5	93,7	92,1
30	80,7	90,7	90,7	90,2	88,3	92	92,3	91,7	89,8	93,3	93,6	92,9	91,3	94,5	94,9	94,2	92,7
37	81,2	91,2	91,2	90,8	88,8	92,5	92,7	92,2	90,3	3,7	93,9	93,3	91,8	94,8	95,2	94,5	93,1
45	81,7	91,7	91,7	91,4	89,2	92,9	93,1	92,7	90,7	94	94,2	93,7	92,2	95	95,4	94,8	93,4
55	82,1	92,1	92,1	91,9	89,7	93,2	93,5	93,1	91	94,3	94,6	94,1	92,5	95,3	95,7	95,1	93,7
75	82,7	92,7	92,7	92,6	90,3	93,8	94	93,7	91,6	94,7	95	94,6	93,1	95,6	96	95,4	94,2
90	83	93	93	92,9	90,7	94,1	94,2	94	91,9	95	95,2	94,9	93,4	95,8	96,1	95,6	94,4
110	83,3	93,3	93,3	93,3	91,1	94,3	94,5	94,3	92,3	95,2	95,4	95,1	93,7	96	96,3	95,8	94,7
132	83,5	93,5	93,5	93,5	91,5	94,6	94,7	94,6	92,6	95,4	95,6	95,4	94	96,2	96,4	96	94,9
160	83,8	93,8	93,8	93,8	91,9	94,8	94,9	94,8	93	95,6	95,8	95,6	94,3	96,3	96,6	96,2	95,1
200	84	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,3	95,4
250	84	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,5	95,4
315	84	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
355	84	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
400	84	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
450	84	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
500-1000	84	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4

»

RECOGIDA DE DATOS

Perfiles de carga

IEC Standard

Coefficientes

Data_Index

Calculos

+

Lista

Figura 51. Hoja "IEC Standard" del Estudio de Eficiencia.
Fuente: (ABB, 2014)

■ Hoja 4: “Coeficientes”

En cuarto lugar, se tiene una hoja de información proporcionada por Grundfos. Estos coeficientes, acompañan a términos de unas ecuaciones cuadráticas, que describen las curvas típicas de eficiencia hidráulica de las bombas en los intervalos de potencia dados. Se define el eje de abscisas como el caudal unitario (caudal actual dividido por el caudal nominal). La ecuación sigue el siguiente formato:

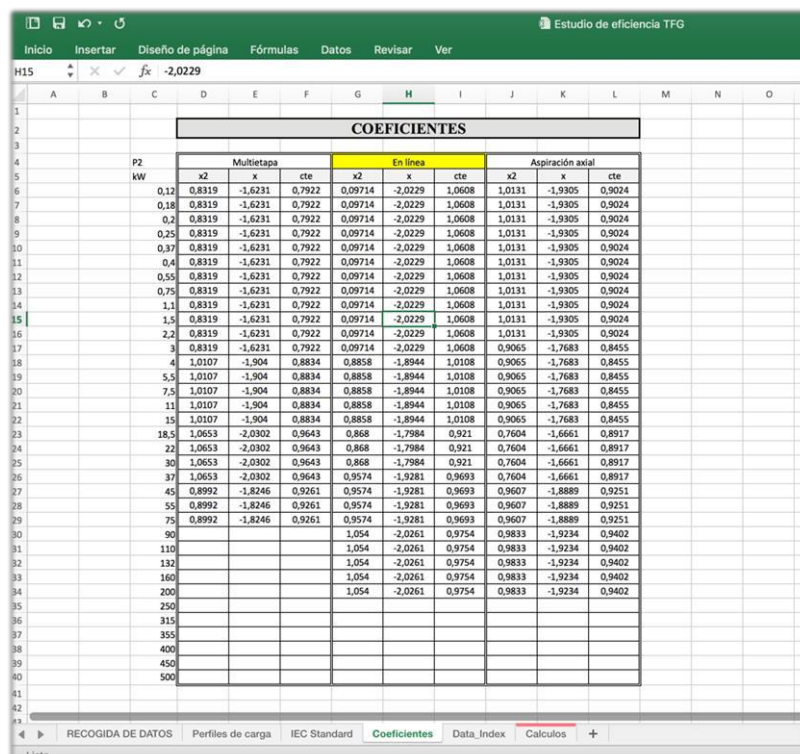
$$\eta(x) = [x^2] * x^2 + [x] * x + cte$$

Ecuación 17. Desviación de la eficiencia hidráulica según caudal unitario.

Básicamente, esta tabla es una estimación de una bomba típica hecho por intervalos de potencia por Bombas Grundfos. Puede observarse en la tabla, que se asumen coeficientes iguales para cada rango de potencias según el tipo de bomba que sea (multietapa, en línea o de aspiración axial), siendo estos rangos los que se exponen a continuación:

- Multietapa: (0, 3 kW], (3, 15 kW], (15 a 37 kW], (37, 75 kW].
- En línea: (0, 3 kW], (3, 15 kW], (15 a 30 kW], (30, 75 kW], (75, 200 kW].
- Aspiración axial: (0, 2'2 kW], (2'2, 15 kW], (15 a 37 kW], (37, 75 kW] y (75, 200 kW].

Se muestra la hoja de Excel a continuación:



COEFICIENTES									
P2 kW	Multietapa			En línea			Aspiración axial		
	x2	x	cte	x2	x	cte	x2	x	cte
0,12	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
0,18	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
0,2	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
0,25	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
0,37	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
0,4	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
0,55	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
0,75	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
1,1	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
1,5	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
2,2	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	1,0131	-1,9305	0,9024
3	0,8319	-1,6231	0,7922	0,09714	-2,0229	1,0608	0,9065	-1,7683	0,8455
4	1,0107	-1,904	0,8834	0,8858	-1,8944	1,0108	0,9065	-1,7683	0,8455
5,5	1,0107	-1,904	0,8834	0,8858	-1,8944	1,0108	0,9065	-1,7683	0,8455
7,5	1,0107	-1,904	0,8834	0,8858	-1,8944	1,0108	0,9065	-1,7683	0,8455
11	1,0107	-1,904	0,8834	0,8858	-1,8944	1,0108	0,9065	-1,7683	0,8455
15	1,0107	-1,904	0,8834	0,8858	-1,8944	1,0108	0,9065	-1,7683	0,8455
18,5	1,0653	-2,0302	0,9643	0,868	-1,7984	0,921	0,7604	-1,6661	0,8917
22	1,0653	-2,0302	0,9643	0,868	-1,7984	0,921	0,7604	-1,6661	0,8917
30	1,0653	-2,0302	0,9643	0,868	-1,7984	0,921	0,7604	-1,6661	0,8917
37	1,0653	-2,0302	0,9643	0,9574	-1,9281	0,9693	0,7604	-1,6661	0,8917
45	0,8992	-1,8246	0,9261	0,9574	-1,9281	0,9693	0,9607	-1,8889	0,9251
55	0,8992	-1,8246	0,9261	0,9574	-1,9281	0,9693	0,9607	-1,8889	0,9251
75	0,8992	-1,8246	0,9261	0,9574	-1,9281	0,9693	0,9607	-1,8889	0,9251
90				1,054	-2,0261	0,9754	0,9833	-1,9234	0,9402
110				1,054	-2,0261	0,9754	0,9833	-1,9234	0,9402
132				1,054	-2,0261	0,9754	0,9833	-1,9234	0,9402
160				1,054	-2,0261	0,9754	0,9833	-1,9234	0,9402
200				1,054	-2,0261	0,9754	0,9833	-1,9234	0,9402
250									
315									
355									
400									
450									
500									

Figura 52. Hoja “Coeficientes” del Estudio de Eficiencia.

Fuente: Grundfos.

■ Hoja 5: “Data_Index”

Tras la hoja de coeficientes, se tiene la hoja en la que se recopila todo lo relacionado con los rendimientos de la bomba, desde la eficiencia del motor hasta la eficiencia de la bomba.

En esta hoja, primeramente se normaliza la potencia, esto es, se aproxima la potencia al valor normalizado más cercano. Así pues, puede buscarse según dicha potencia, los polos y el índice IE, el rendimiento del motor. Además, se incluyen los coeficientes comentados en la página anterior, utilizando esta potencia normalizada para buscarlos.

Los cálculos realizados se comentarán en detalle en la [Parte II: Cálculos](#). Puede verse a continuación un pantallazo de la hoja comentada en este apartado.

Figura 53. Hoja “Data_Index” del Estudio de Eficiencia.
Fuente: Grundfos y propia.

■ Hoja 6: “Cálculos”

Finalmente, se puede encontrar la hoja en la que se realizan todos los cálculos de ahorros energéticos (y periodo de amortización) que se basan en todos los datos anteriores. Los pantallazos que se muestran no son los resultados finales, para los resultados finales del estudio de eficiencia se debe avanzar a [Parte II: Cálculos](#).

Esta hoja se divide claramente en dos partes diferenciadas por el sistema que se analiza:

1. **Sistema existente.** En esta primera mitad, se recopilan los datos de la bomba, y después se utilizan dichos datos para calcular el consumo anual total del circuito. Como puede verse, hay cuatro columnas que describen la potencia consumida al 100%, 75%, 50% y 25%; y es destacable que este sistema siempre está operando al 100%, por lo que el resto de columnas son nulas.

Inicio

Insertar

Diseño de página

Fórmulas

Datos

Revisar

Ver

Figura 54. Primera mitad de la hoja “Cálculos” del Estudio de Eficiencia.

Fuente: Grundfos y propia.

Cabe mencionar que además de todo lo anterior, también se añade al consumo total el gasto realizado en el arranque de cada bomba, ya que este fue uno de los mayores problemas percibidos en la visita a la instalación.

2. **Sistema nuevo.** En la segunda mitad de la hoja, se analiza el comportamiento del equipamiento nuevo cuya instalación se propone, teniendo en cuenta el perfil de carga y las diferentes potencias a las que trabajarán las bombas (que en este caso tienen variador de frecuencia). Por ello, las columnas de la potencia darán diferentes valores según la bomba y según el punto.

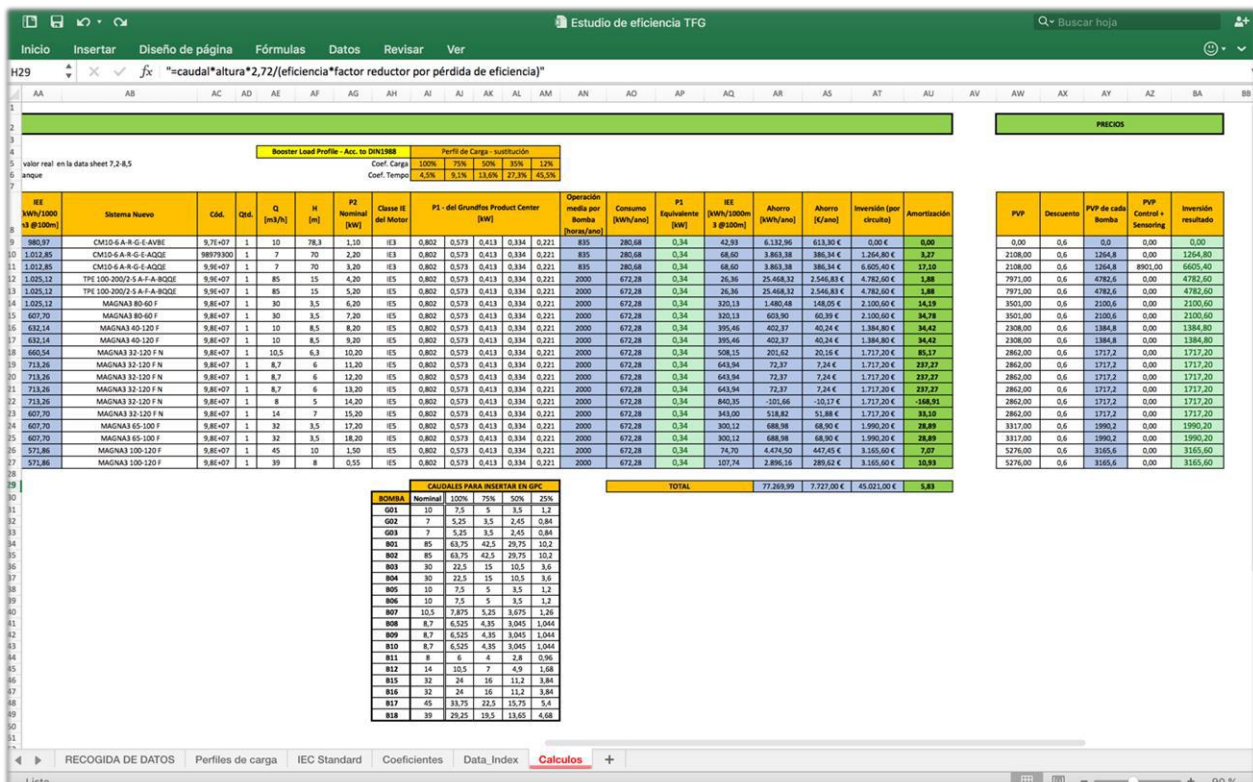


Figura 55. Primera mitad de la hoja “Cálculos” del Estudio de Eficiencia.
Fuente: Grundfos y propia.

Como se mencionaba anteriormente, las potencias ahora serán diferentes según la bomba que sea y el porcentaje de caudal nominal que se esté consumiendo. Por ello, puede verse en la parte inferior de la figura anterior, una tabla en la que se calcula el caudal que se tendrá que introducir en el Product Center (GPC) para hallar la potencia consumida de la red por el sistema nuevo.

4.2. RESULTADO DEL ESTUDIO DE AHORROS

En el apartado “[Análisis de los ahorros energéticos](#)”, se explica con todo detalle el proceso seguido para llegar hasta los resultados. Se muestran a continuación los ahorros energéticos calculados para cada bomba.

Tabla 12. Ahorros energéticos generados en cada punto del circuito.
Fuente: propia.

Ref.	Sistema Instalado	Sistema Propuesto	Ahorro [€/año]	Ahorro [kWh/año]
G01	CM10-6 A-R-G-E-AVBE F-A A N	CM10-6 A-R-G-E-AVBE	141,24 €	1.412,36
G02	K 55 T	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	137,20 €	1.371,97
G03	TIPO 100/120 IEC-34 SEM. 40/05	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	222,84 €	2.228,36
B01	SIM 100/260	TPE 100-200/2-S	2.553,97 €	25.539,65
B02	SIM 100/260	TPE 100-200/2-S	2.553,97 €	25.539,65
B03	SP 65/7T	MAGNA3 80-60 F	188,82 €	1.888,21
B04	SP 65/7T	MAGNA3 80-60 F	93,10 €	930,98
B05	SP 40/12T	MAGNA3 40-120 F	65,02 €	650,22
B06	SP 40/12T	MAGNA3 40-120 F	65,02 €	650,22
B07	SP 40/10B	MAGNA3 32-120 F N	12,95 €	129,45
B08	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	14,28 €	142,84
B09	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	14,80 €	147,98
B10	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	14,80 €	147,98
B11	SP 40/8-B	MAGNA3 32-120 F N	6,59 €	65,87
B12	SP 50/10B	MAGNA3 32-120 F N	21,61 €	216,12
B15	SM 80/5B	MAGNA3 65-100 F	115,39 €	1.153,90
B16	SM 80/5B	MAGNA3 65-100 F	115,39 €	1.153,90
B17	SAP 80/12T	MAGNA3 100-120 F	266,39 €	2.663,94
B18	SP 80/12B	MAGNA3 100-120 F	152,24 €	1.522,43
AHORROS ANUALES TOTALES			67.556,04 kWh/año	6.755,60 €/año

Si utilizamos el precio del kWh para calcular el ahorro económico, queda la siguiente tabla:

Tabla 13. Ahorros económicos generados en cada punto del circuito.

Fuente: propia.

Ref.	Sistema Existente	Sistema Nuevo	Ahorro [€/año]
G01	CM10-6 A-R-G-E-AVBE F-A A N	CM10-6 A-R-G-E-AVBE	141,24 €
G02	K 55 T	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	137,20 €
G03	TIPO 100/120 IEC-34 SEM. 40/05	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	222,84 €
B01	SIM 100/260	TPE 100-200/2-S	2.553,97 €
B02	SIM 100/260	TPE 100-200/2-S	2.553,97 €
B03	SP 65/7T	MAGNA3 80-60 F	188,82 €
B04	SP 65/7T	MAGNA3 80-60 F	93,10 €
B05	SP 40/12T	MAGNA3 40-120 F	65,02 €
B06	SP 40/12T	MAGNA3 40-120 F	65,02 €
B07	SP 40/10B	MAGNA3 32-120 F N	12,95 €
B08	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	14,28 €
B09	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	14,80 €
B10	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	14,80 €
B11	SP 40/8-B	MAGNA3 32-120 F N	6,59 €
B12	SP 50/10B	MAGNA3 32-120 F N	21,61 €
B15	SM 80/5B	MAGNA3 65-100 F	115,39 €
B16	SM 80/5B	MAGNA3 65-100 F	115,39 €
B17	SAP 80/12T	MAGNA3 100-120 F	266,39 €
B18	SP 80/12B	MAGNA3 100-120 F	152,24 €
AHORROS ECONÓMICOS ANUALES TOTALES			6.755,60 €/año

Conocida la inversión inicial, este ahorro anual supone que la instalación del sistema propuesto queda amortizada en **11,11 años (once años, un mes y diez días)**.



5. PRESUPUESTO

Los cálculos detallados se encuentran en el apartado “[Parte IV: Presupuesto](#)”. Dichos cálculos se basan en el análisis del “Coste de Ciclo de Vida” (CCV), comúnmente denominado “Life Cycle Cost” (LCC).

Sin contar con las horas de diseño, propuesta y elaboración de este informe, el presupuesto total del proyecto “RENOVACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DEL COLEGIO SEK-CIUDALCAMPO Y ANÁLISIS DE AHORROS ENERGÉTICOS” asciende a:

Veinticuatro mil trescientos ochenta y ocho con ochenta y cinco euros
#24.388,61€#

En San Agustín del Guadalix, a 14 de julio de 2018.

Fdo.: Eduardo Salvador Marín Acosta

6. CONCLUSIONES

6.1. SOBRE LOS OBJETIVOS

En un principio, se plantearon los objetivos en dos clases: los más **generales** y los más **específicos**.

Los más generales, se plantearon de alguna manera: utópicos, ya que son a los que se pretende tender pero cuyo cumplimiento no es estrictamente necesario para la consecución del proyecto.

Dentro de estos, el **primero** consistía en *“concienciar del potencial ahorro que supone una renovación de un sistema de bombeo cualquiera”*. No soy quien para valorar el cumplimiento del mismo, sin embargo, los resultados reflejan el tremendo ahorro al que se puede llegar por el simple hecho de instalar bombas semejantes con variador de frecuencia y motores nuevos.

El segundo de estos objetivos generales y utópicos, consistía en *“lograr la instalación de las bombas”*. A lo largo de todo el proyecto, se ha intentado pensar como lo haría un ingeniero de la empresa interesado en vender las bombas y también como el jefe de mantenimiento interesado en mejorar su instalación y abaratar sus costes fijos. De esta manera, se puede afirmar el cumplimiento de dicha tendencia, y además, se presentará a Grundfos por si vieran en él oportunidad de negocio.

En cuanto a los más específicos, se plantearon tres: *“Estudio detallado de la instalación y selección de bombas equivalentes”*, *“Obtención de un presupuesto detallado”*, *“Estudio de otras opciones de ahorro”*. En cuanto al **primero**, tal y como se puede ver en páginas anteriores, el análisis de cada bomba ha sido exhaustivo con objeto de seleccionar las bombas semejantes más adecuadas. Viendo el ahorro anual que supone el nuevo equipamiento seleccionado con los puntos antiguos, puede afirmarse que este objetivo se ha cumplido con creces. En cuanto al **segundo**, cabe mencionar (de nuevo) el apoyo que se ha tenido por parte de Grundfos, en cuyos profesionales se ha encontrado mucho apoyo llevando a cabo tanto el presupuesto como el resto del proyecto. Sin lugar a dudas, gracias a todas las dudas sobre el presupuesto que fueron resolviendo, se ha obtenido un presupuesto claro y conciso. Y por último, el **tercer** objetivo fue contemplado en diversas ocasiones, desde instalar válvulas termostáticas a los radiadores hasta modificar todo el sistema de tuberías (que también es muy antiguo). No obstante, se prefirió optar por la consecución de un

proyecto real y específico con un estudio de ahorros energéticos muy claro, en vez de uno con muchos estudios de ahorros sin una consecución clara. Por ello, este objetivo se considera cumplido aunque **se propone para futuros proyectos**.

6.2. SOBRE LOS CÁLCULOS Y EL PRESUPUESTO

En cuanto a la **selección de las nuevas bombas**, se realizó siempre poniendo por delante la inteligencia ingenieril que aporta la carrera, es decir, la capacidad de no saber algo exactamente pero ser capaz de estimarlo muy bien. Esta capacidad ha sido uno de los pilares más necesarios para realizar un proyecto plagado de incógnitas y datos desconocidos. Además, la selección se realizó en base a todas las enseñanzas recibidas en el período de prácticas en la empresa, por lo que se cree que un ingeniero de la empresa realizaría una selección igual o muy similar a la selección propuesta.

Esta capacidad comentada en el párrafo anterior, fue también muy importante en la ejecución de los **cálculos de ahorros energéticos**. En este punto, las lagunas de datos fueron inmensas y, además de la ayuda recibida por parte de profesionales, se tuvieron que hacer diversas estimaciones guiadas simplemente por la capacidad analítica del alumno. Debido a que faltaban muchos datos y a que es un circuito con muy pocas horas de operación, *SE ESPERABAN UNOS RESULTADOS DE AMORTIZACIÓN QUE NO VALDRÍAN COMO ARGUMENTO COMERCIAL*. De ahí que, tras haber sido conservador en las estimaciones tanto de rendimientos como de horas, sea tan sorprendente que a pesar de eso se obtenga un *PERÍODO DE AMORTIZACIÓN DE TAN SOLO 11 AÑOS*.

En cuanto al **presupuesto**, es beneficioso para este proyecto que la práctica habitual en trabajos de este estilo sea calcularlo mediante LCC. Esto se debe a que en un presupuesto habitual, sólo se tienen en cuenta los costes iniciales (que son precisamente lo que engorda el precio de este proyecto), y este método que el resultado final sea mucho más barato y, por tanto, más interesante para un posible instalador.

Por todo lo anterior, se cree en la posibilidad real de ejecutar el proyecto, para lo cual hay que identificar al **cliente**. A priori, puede parecer el colegio, pero debido a que ellos pagan mensualmente una cuota fija sea cual sea el gasto que realicen, *EL CLIENTE SERÁ PUES LA EMPRESA EXTERNA GESTORA DE LA ENERGÍA*. Es a

este cliente a quien se le debe presentar el proyecto, y quien más interesado puede estar en su ejecución aunque, está claro, que *AL COLEGIO TAMBIÉN LE INTERESA MEJORAR LA CALIDAD DE SU INSTALACIÓN.*

6.3. SOBRE EL PROYECTO EN GENERAL

Todo trabajo tiene su recompensa. Y así ha resultado ser. Tras meses buscando información, trabajando con la empresa, estudiando el nuevo sistema de bombeo, calculando los ahorros... Finalmente, puede decirse que se ha conseguido realizar un proyecto mucho mejor de lo esperado. Esto se achaca a que en un principio, parecía que por las características de la instalación, la tremenda inversión en comprar unas bombas inteligentes nuevas no iba a ser rentable ni en el corto ni en el largo plazo. Sin embargo, una labor de ingeniería ha demostrado que no siempre debe quedarse uno en la suposición que se realiza, siempre hay que ir más allá, y esto es exactamente lo que se ha pretendido con este proyecto.

6.4. ACCIONES FUTURAS

Además de su ejecución y, lejos de pretender ser un mero trámite, este proyecto se ha planteado como un caso real en el que el alumno pone a prueba sus facultades y trata de llevar una instalación mejorable a la más óptima de sus posibilidades viables. Por ello, se tiene la confianza de que este proyecto acerque a los alumnos de la universidad tanto la *GRAN TENDENCIA DE LAS EMPRESAS DE APOSTAR POR EL AHORRO ENERGÉTICO* y la etiqueta verde, como el *TRABAJAR MANO A MANO CON UNA EMPRESA ESPECIALISTA* en el sector que sea.

De esta manera, se pretende que los alumnos de la universidad intenten enfocar su proyecto no sólo como un trabajo final de carrera, sino además como una posibilidad real de mejorar la calidad de vida de algún grupo de personas, contribuyendo a la creación de una sociedad poco a poco más verde y sostenible.

PARTE II:

CÁLCULOS

TABLA DE CONTENIDOS PARTE II: CÁLCULOS

1. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS NUEVAS.....	91
1.1. Sala de bombeo.....	91
→ Bomba G01	91
→ Bomba G02	91
→ Bomba G03	93
→ Cuadro de control.....	93
1.2. Sala de calderas: circuito de Calefacción.....	94
→ Bombas B01 y B02	94
→ Bombas B03 y B04	94
→ Bombas B05 y B06	95
1.3. Sala de calderas: circuito de ACS	96
→ Bombas B07 y B08	96
→ Bombas B09 y B10	98
→ Bombas B11 y B12	98
1.4. Sala de calderas: circuito de Calderas	101
→ Bombas B15 y B16	101
→ Bombas B17 y B18	101
 2. ANÁLISIS DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS	 104
2.1. Horas de funcionamiento.....	104
▪ Horas de funcionamiento del Grupo de presión	105
▪ Horas de funcionamiento del circuito de Calefacción	106
▪ Horas de funcionamiento del circuito de ACS	106
▪ Horas de funcionamiento del circuito de Calderas	107
2.2. Data_Index.....	108
▪ Normalización de las potencias.....	108
▪ Cálculos previos del rendimientos de los motores.....	110
▪ Cálculos previos del rendimiento de las bombas	111
2.3. Cálculos finales.....	113
▪ Potencias consumidas por las bombas antiguas	113
→ Rendimiento de las bombas antiguas.....	113
→ Potencia P_1 calculada por bomba	114
→ Gasto de energía en arranque	115
→ Consumo anual	116
▪ Potencias consumidas por las bombas nuevas	117
→ Consumo anual	119
▪ Ahorros anuales.....	120
→ Ahorros energéticos	120
→ Ahorros económicos y períodos de amortización	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 14. Cálculo de las horas de funcionamiento.	104
Tabla 15. Cálculo de las potencias normalizadas de cada bomba.	108
Tabla 16. Factores a utilizar para la búsqueda del rendimiento del motor.	110
Tabla 17. Resultados de la búsqueda del rendimiento de los motores.	111
Tabla 18. Factores a utilizar para la búsqueda de coeficientes.	111
Tabla 19. Coeficientes de desvío de rendimiento de cada bomba.	112
Tabla 20. Rendimientos de cada bomba instalada.	114
Tabla 21. Rendimientos de cada bomba instalada.	115
Tabla 22. Consumo anual por arranques de cada bomba.	116
Tabla 23. Caudales calculados según perfil Eurovent para cada bomba.	117
Tabla 24. Caudales calculados según perfil Eurovent para cada bomba.	118
Tabla 25. Potencia de la red de cada bomba a los diferentes caudales.	118
Tabla 26. Consumos del sistema de bombeo propuesto.	119
Tabla 27. Ahorros energéticos generados en cada punto del circuito.	120
Tabla 28. Ahorros económicos generados en cada punto del circuito.	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 56. Dos últimas iteraciones para la bomba G02 y G03.	92
Figura 57. Posibles elecciones de las bombas B03 y B04.	95
Figura 58. Superposición de las curvas SAP 40/8 y SP 40/10.	97
Figura 59. Comprobación de la satisfacción de los dos puntos nominales diferentes.	98
Figura 60. Superposición de las curvas SP 50/10 y SP 40/8.	99
Figura 61. Comprobación de la satisfacción de los dos puntos nominales diferentes en B11 y B12.	100
Figura 62. Obtención de la curva intermedia de la SP 80/12 y la SAP 80/12.	102
Figura 63. Comprobación de la satisfacción de los dos puntos nominales diferentes en B17 y B18.	103
Figura 64. Visualización de fórmula de Excel para buscar pot. normalizadas.	109

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 18. Tiempo de funcionamiento diario del Grupo de Presión.	105
Ecuación 19. Tiempo de funcionamiento anual del Grupo en otoño-invierno.	105
Ecuación 20. Tiempo de funcionamiento anual del Grupo en prim-ver.	106
Ecuación 21. Tiempo de funcionamiento anual del circuito de calefacción....	106
Ecuación 22. Tiempo de funcionamiento anual circuito ACS otoño-invierno.	106
Ecuación 23. Tiempo de funcionamiento anual Grupo en primavera-verano.	107
Ecuación 24. Tiempo de funcionamiento anual del circuito de ACS.	107
Ecuación 25. Tiempo de funcionamiento anual circuito Calderas en oto-inv	107
Ecuación 26. Tiempo de funcionamiento anual del Grupo en prim-ver.	107
Ecuación 27. Tiempo de funcionamiento anual caldera pequeña.	107
Ecuación 28. Tiempo de funcionamiento anual caldera grande (Calderas 1).	107
Ecuación 29. Fórmula de Excel para la búsqueda de pot. normalizadas.	109
Ecuación 30. Fórmula de Excel para la extracción de pot. normalizadas.	109
Ecuación 31. Búsqueda de rendimientos del motor en "IEC Standard".	110
Ecuación 32. Cálculo del rendimiento real de las bombas.	114
Ecuación 33. Cálculo de la potencia consumida pot antiguas.....	114
Ecuación 34. Pérdida de rendimiento anual.....	114
Ecuación 35. Cálculo del gasto de energía en arranques.	115
Ecuación 36. Cálculo de los consumos totales de las bombas antiguas.....	116
Ecuación 37. Cálculo de los consumos totales de las bombas nuevas.....	119
Ecuación 38. Cálculo del período de amortización del circuito.....	122
Ecuación 39. Cálculo del período de amortización del circuito.....	122

1. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS NUEVAS

1.1. SALA DE BOMBEO

En primer lugar, se seleccionarán las bombas del grupo de presión ubicado en la sala de bombeo, debajo de la secretaría.

A priori, parece que se trata de tres bombas completamente diferentes, (instaladas en tres años diferentes), y que tendremos que discernir entre una bomba y otra. Sin embargo, estas tres bombas deben ser iguales para que el control responsable de su funcionamiento pueda ser más simple. Por ello, se instalarán otras dos bombas Grundfos CM 10-6 y, además, se instalará un cuadro de control que tiene por labor la regulación del funcionamiento de las tres bombas.

Este control puede, entre otras cosas, variar la frecuencia de alimentación de las bombas. De esta manera, se evitará que las bombas se encuentren constantemente apagándose y encendiéndose, y también se ahorrará mucha energía hasta ahora malgastada. Cabe recordar que en unos diez minutos en la actual sala de bombeo, son suficientes como para escuchar cuatro o cinco arranques del grupo actual, con golpes de ariete montantes y sonantes.

→ Bomba G01

Como se ha comentado previamente, esta bomba fue instalada en 2014, hace sólo cuatro años, por lo que no tendría sentido cambiarla. No obstante, se trata de una bomba sin variador de frecuencia, así que será el control externo el encargado de regular su funcionamiento y de variar su frecuencia de alimentación según demanda.

En definitiva, **se mantendrá la bomba instalada, modelo Grundfos CM10-6 A-R-G-E-AVBE**, con código 96935488.

→ Bomba G02

A pesar de que conozcamos el punto nominal de la bomba instalada en este punto (10 m³/h a 70 metros), para mayor simplicidad del control se recomienda que las tres bombas instaladas sean iguales, por lo que se diseñará con el punto de funcionamiento nominal de la bomba anterior. Además, la instalación de la bomba en 2014 fue llevada a cabo por un profesional del sector,

por lo que además de ser recomendable la ecuanimidad de las bombas, también lo es respetar un punto de diseño mayor llevado a cabo por dicho profesional, que decidió diseñar para 10 m³/h a 78,3 metros en vez de para el punto nominal de las otras bombas.

De esta manera, se lleva a cabo la selección de la bomba nueva. En primer lugar, hay que ver si el código de la bomba CM 10-6 (96935488) aparece en la tarifa de este año. Al no aparecer, implica que esta bomba está “descatalogada”, por lo que se tendrá que seleccionar a partir de su punto nominal una bomba que sí aparezca en tarifa.

Procediendo de igual manera que en la selección ejemplo, se llega a las siguientes dos opciones:

PRODUCTOS ADECUADOS (2)

Acciones conjuntas:

☐

EXPORTAR

AÑADIR A PROJ.

Dimension, tabla:

☒ Mostrar ancho total

Clasificación:

Producto

		Código	Producto	Stock indicator	Lead time [work days]	Precio del sistema [€]	MPG	Coste del ciclo de vida [€/15 años]	Energía [kWh/year]	Costes energéticos [€/a]	Eta bomba+motor [%]	Q [m³/h]	Q-dev [%]	H [m]	H-dev [%]	Fase	Frecuencia [Hz]	Frecuencia doble	Tensión [V]	Clase efec. IE
☐		98979300	CM10-6		18	2.108,00	13	115089	21427	4713.94	51.3	10.1	1	80.34	3	3	50	NO	220-240D/380-415Y	IE3
☐		99057080	CM10-6		5	1.661,00	13	114642	21427	4713.94	51.3	10.1	1	80.34	3	3	50	NO	220-240D/380-415Y	IE3

Figura 56. Dos últimas iteraciones para la bomba G02 y G03.
Fuente: (Grundfos, 2018).

Aunque parecen la misma bomba, podemos ver que el precio de una supera en 447€ el de la otra. Esto se debe a que una bomba está fabricada en acero AISI 316 (la de 2.108,00€) y la otra en acero AISI 304 (la de 1.661,00€). La diferencia entre estos aceros radica esencialmente en la presencia de un 2% de molibdeno (Acerinox, s.f.), que mejora la resistencia a la corrosión de la bomba. Como se vio en la aproximación al sistema instalado, la bomba G01 está fabricada en AISI 316 por lo que, aunque sea algo más caro, se elegirá la misma bomba recordando además el artículo de Inmaculada G. Mardones (Mardones, 2000).

En definitiva, **la bomba seleccionada para el punto G02 es la bomba Grundfos CM10-6 A-R-G-E-AQQE, con código 98979300.**

→ Bomba G03

Para el punto G03, se seleccionará la misma bomba que el punto G02, así que procediendo de igual manera tendremos que **la bomba seleccionada para el punto G03 es la bomba Grundfos CM10-6 A-R-G-E-AQQE**, con código 98979300.

→ Cuadro de control

Como se ha comentado, se añadirá un cuadro de control para que modifique las frecuencias y el modo de funcionamiento de las bombas según demanda. Este control también lo seleccionamos a través de la herramienta de Grundfos, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Número de bombas principales
- Corriente nominal mínima de la bomba principal
- Corriente nominal máxima de la bomba principal
- P1 de la bomba principal

Dado que la instalación no es muy grande (estos controles son más habituales para aplicaciones casi industriales), nos valdrá con el más pequeño de todos. Ya que, los datos del grupo necesarios son:

- Número de bombas principales: 2+1. Aunque en realidad cuando funciona rara vez arrancan dos de ellas, dos es el mínimo de bombas principales que el software nos deja introducir.
- Corriente nominal mínima de la bomba principal: 7,65 A.
- Corriente nominal máxima de la bomba principal: 14 A.
- P1 de la bomba principal: 4 kW.

Así pues, se concluye el grupo **seleccionando para el punto G00 un Control MPC.EC**, con código 99065064.

1.2. SALA DE CALDERAS: CIRCUITO DE CALEFACCIÓN

Para el circuito de calefacción, se respetarán las tuberías de la instalación, por lo que se mantendrán dos bombas gemelas (y no se pondrá una bomba doble, como suele ser habitual en estos casos). Según comentó el jefe de mantenimiento, un cambio en las tuberías (que parecen en buen estado) supondría una obra demasiado costosa.

→ Bombas B01 y B02

Estas dos bombas, como se ha comentado, son de rotor seco y más grandes que el resto de las que están en la sala de calderas (dan un caudal mucho mayor que los otros puntos) puesto que alimentan a los edificios en los que se encuentran todos los alumnos.

De esta manera, se entra en la herramienta y comienza el proceso de selección insertando el punto de funcionamiento: 85 m³/h a 15 metros.

Este caso es el que se ha realizado en el ejemplo del apartado "Selección de nuevas bombas". De esta manera, **las bombas seleccionadas para los puntos B01 y B02 son TPE 100-200/2-S**, con código 99114837.

→ Bombas B03 y B04

Estas bombas son las primeras que aparecen de rotor húmedo o rotor sumergido. Al ser las que alimentan al comedor, no necesitan dar tanto caudal como las anteriores, que alimentaban a dos edificios enteros. Partiendo del punto de funcionamiento sacado de la ficha técnica de Sedical, podemos seleccionar una bomba que se adecúe a las necesidades de la instalación.

Las bombas de rotor húmedo para calefacción de Grundfos son las llamadas Magna. Dentro de estas, se encuentran las Magna1 y las Magna3, cuya principal diferencia es que las Magna3 tienen la función "Autoadapt" y una sonda de presión incorporada. Estos añadidos permiten a la bomba ajustarse automáticamente a la demanda de la instalación, reduciendo o aumentando su velocidad según la presión detectada por el sensor. Por todo esto, son más caras, la diferencia en este caso es de 730€.

PRODUCTOS ADECUADOS (4)

☐

Acciones conjuntas:

EXPORTAR

▼

AÑADIR A PROJ.

▼

Dimension. tabla:

☒ Mostrar ancho total

Clasificación:

Stock indicator

		Código	Producto	Stock indicator ▼	Lead time [work days]	Precio del sistema [€]	MPG	Coste del ciclo de vida [€/15 años]	Energía [kWh/year]	Costes energéticos [€/a]	Eta bomba+motor [%]	Q [m³/h]	Q-dev [%]	H [m]	H-dev [%]	Fase	Tensión [V]
☐		99221406	MAGNA1 80-60 F		1	2.604,00	12	9287	1267	278.83	59.4	30.4	2	3.606	3	1	230
☒		97924307	MAGNA3 80-60 F		1	3.334,00	12	9742	1215	267.38	59.3	30	0	3.501	0	1	230
☐		97924502	MAGNA3 D 80-60 F		7	6.170,00	12	12629	1225	269.49	57.4	30	0	3.501	0	1	230
☐		99221414	MAGNA1 D 80-60 F		7	4.819,00	12	11783	1321	290.55	56.8	30.5	2	3.625	4	1	230

Figura 57. Posibles elecciones de las bombas B03 y B04.
Fuente: (Grundfos, 2018).

Puede verse, además, que instalar una bomba doble no sale mucho más barato que instalar dos bombas simples, ya que si además se cuenta con el precio de la obra que habría que hacer para modificar las tuberías y válvulas... Sin lugar a dudas, saldría más caro que mantener dos bombas simples iguales.

Durante la selección de esta bomba, ha podido observarse que las bombas instaladas actualmente necesitaban mucha más potencia para llegar a su punto nominal. Con este mismo punto, insertado en el Product Center, se ha podido observar que la bomba elegida consume menos de la mitad de lo que consume la bomba instalada actualmente.

En conclusión, **las bombas elegidas para los puntos B03 y B04 son MAGNA3 80-60 F**, con código 97924307.

→ Bombas B05 y B06

Terminando con las bombas de calefacción, tenemos dos SP 40/12, que serán sustituidas también por dos bombas de rotor húmedo Magna3.

Estas bombas trabajan (idealmente) en su punto nominal: 10 m³/h a 8,5 metros, por lo que con este dato y partiendo de la familia de Magnas como el punto anterior, se selecciona la bomba.

Así pues, **las bombas elegidas para los puntos B05 y B06 son MAGNA3 40-120 F**, con código 97924270.

1.3. SALA DE CALDERAS: CIRCUITO DE ACS

Al igual que para el circuito de Calefacción, se instalarán dos bombas simples iguales en vez de una bomba doble para cuya instalación sería necesario cambiar también las tuberías (opción más cara e igual de eficiente ya que las bombas simples se programan para funcionar como 1+1).

Varios de estos pares de bombas, son diferentes. Esto puede deberse a diversos factores, se comentan dos de ellos:

- La bomba que estaba en ese punto se estropeó y al no estar la antigua disponible (por estar descatalogada o similar) se instaló la siguiente bomba de potencia mayor.
- Al ver que las dos bombas instaladas no satisfacen la demanda de la instalación, se optó por sustituir una de ellas por otra de mayor potencia, satisfaciendo así dicha demanda.

En estos puntos, tendremos por tanto dos datos nominales de funcionamiento diferentes, por lo que en un principio no podríamos elegir dos bombas iguales. Sin embargo, una práctica habitual en las empresas cuando esto ocurre, es estimar un punto intermedio como si de una bomba intermedia se tratara. Dicha curva, satisface la demanda de la instalación sin quedarse corta (es más grande que la bomba más pequeña) ni tampoco malgastando dinero en una bomba más grande (es más pequeña que la bomba más grande).

Cabe destacar que este circuito será para agua de consumo, por lo que el cuerpo hidráulico de las bombas habrá de estar fabricado en acero inoxidable para evitar su corrosión y la contaminación del agua bombeada.

→ Bombas B07 y B08

En el primer punto del circuito de ACS pasa exactamente lo mencionado anteriormente. La bomba SP 40/10-B fue instalada en 1998, dando un supuesto caudal nominal de 10,5 m³/h a 6,3 metros y absorbiendo así una potencia del motor de 460W. Por otra parte, tenemos la bomba SAP 40/8-T que fue instalada en 1990 con un supuesto caudal nominal de 8,7 m³/h a 6 metros, con una potencia P2 de 370W, un 20% menor que la bomba instalada después.

Consiguientemente, se procede a pintar las dos curvas juntas para estimar un punto de funcionamiento intermedio. La manera en la que se hará será, utilizando las curvas dadas por el fabricante, se superpondrá la curva de la bomba antigua sobre la curva de la bomba nueva, de forma que se mantenga la escala. Quedaría la siguiente figura:

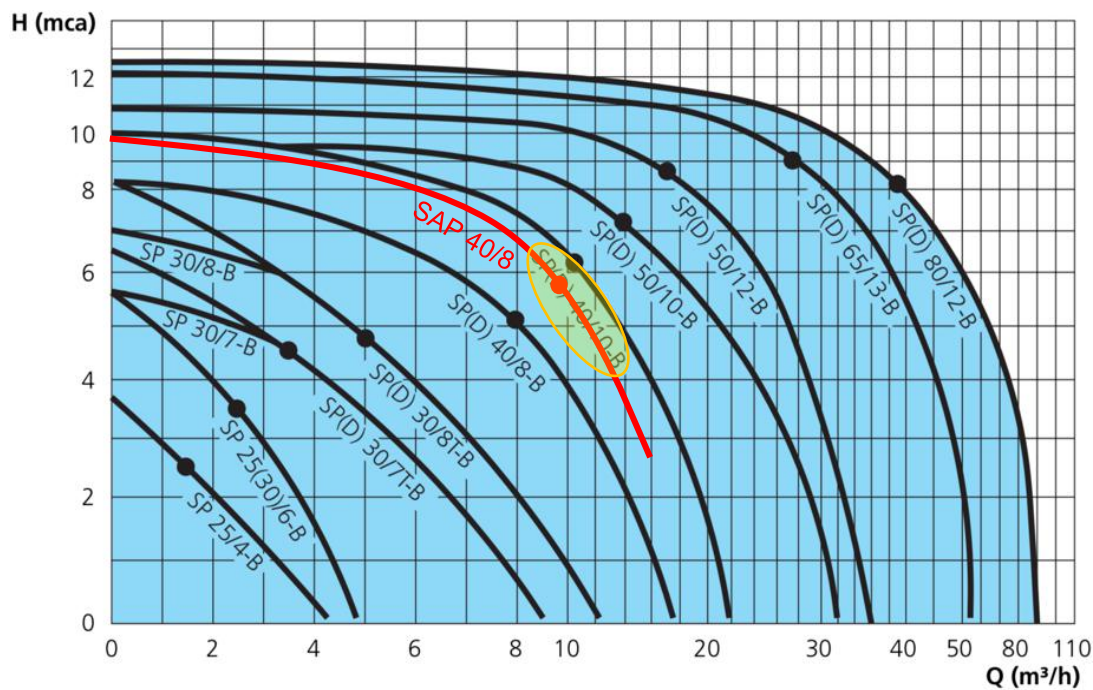


Figura 58. Superposición de las curvas SAP 40/8 y SP 40/10.
Fuente: (Sedical, 2003-2004) y propia.

Como era de esperar, las curvas son **muy similares**, ya que trabajan en puntos parecidos en la realidad (a mismo caudal y a altura similar) por lo que la bomba más “nueva” se diseñó teniendo en cuenta esto. Consecuentemente, podemos estimar que el punto de diseño para este punto de la instalación será de **10 m³/h a 6 metros**.

Continuando de igual manera que los puntos anteriores, se selecciona una bomba Magna3, de rotor húmedo con variador de frecuencia, para conseguir la mayor eficiencia energética.

En conclusión, **las bombas elegidas para los puntos B07 y B08 son MAGNA3 32-120 F N**²⁰, con código 97924346.

A modo de comprobación, puede verse en las dos figuras siguientes cómo la bomba elegida, al tener el variador de frecuencia incorporado, satisface los

²⁰ Nótese que esta N quiere decir que la bomba es de acero inoxidable.

puntos nominales de ambas bombas sin ningún problema y en su rango cercano al BEP.

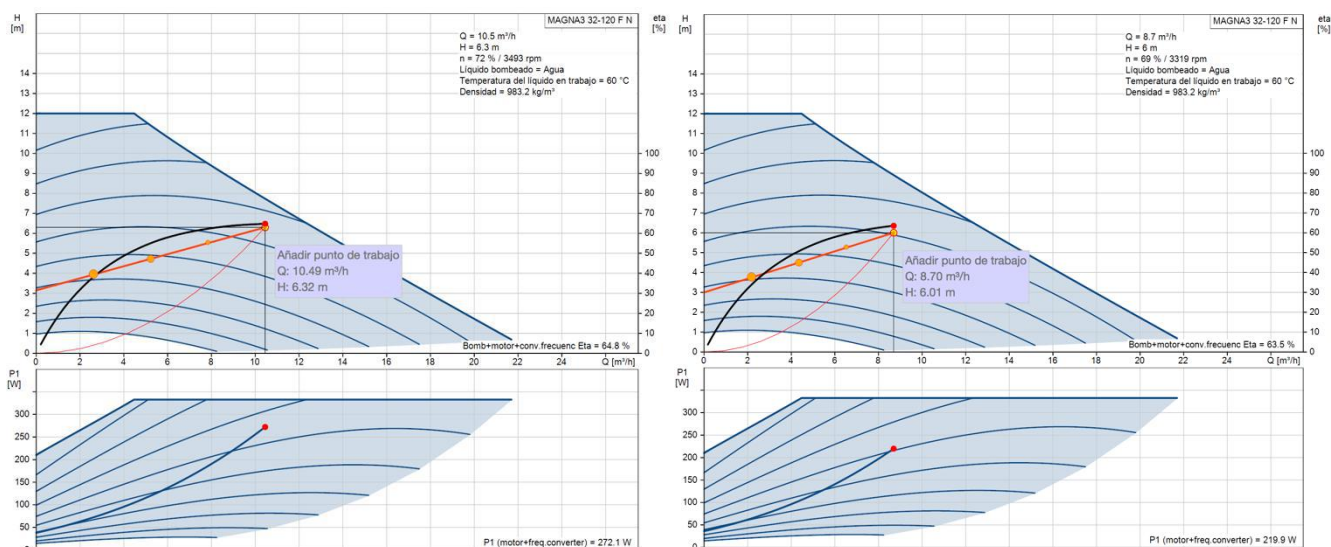


Figura 59. Comprobación de la satisfacción de los dos puntos nominales diferentes.
Fuente: (Grundfos, 2018).

→ Bombas B09 y B10

Al contrario que la situación anterior, el segundo punto del circuito de ACS tiene instaladas dos bombas iguales. Por ello, se llevará a cabo la selección con su punto nominal: 8,7 m³/h a 6 metros.

Por consiguiente, la bomba que aparece será una muy similar anterior, de iguales características y, por supuesto, de acero inoxidable.

En conclusión, **las bombas elegidas para los puntos B09 y B10 son MAGNA3 32-120 F N**, con código 97924346. Las mismas que el punto anterior, lo cual se recomienda para facilitar después el mantenimiento (exactamente los mismos recambios al ser las mismas).

→ Bombas B11 y B12

En este caso, las bombas no son las mismas, por lo que tendremos que proceder de igual forma que en el caso de las bombas B07 y B08. Lo que tenemos en este punto es la bomba SP 40/8-B, que fue instalada en 1995, dando un supuesto²¹ caudal nominal de 8 m³/h a 6,3 metros y absorbiendo así una potencia del motor de 330W. Por otra parte, tenemos la bomba SP 50/10-B que fue instalada también en 1995 con un supuesto caudal nominal de 14 m³/h a 7

²¹ Se recuerda que se sigue el principio de conservadurismo energético, suponiendo que la instalación funcionaba lo más eficientemente posible según sus posibilidades.

metros, con una potencia P2 de 820W, casi un 250% mayor que la bomba B11. Al haber sido instaladas al mismo tiempo, esto puede deberse, como se ha comentado, a que con dos bombas de 330W no era suficiente, por lo que se optó por sustituir una de 330W por otra de 820W, satisfaciendo así la demanda de la instalación.

Dado que la curva de la bomba objeto del estudio está en fase de homologación en el banco de pruebas, el punto de funcionamiento se obtiene aplicando leyes de semejanza. Consiguientemente, se procede a pintar las dos curvas juntas para estimar por leyes de semejanza un punto de funcionamiento intermedio. La manera en la que se hará será, utilizando las curvas dadas por el fabricante, se pintará la curva de la bomba antigua sobre la curva de la bomba nueva, de forma que se mantenga la escala. Esta vez, por suerte, las dos bombas son del mismo modelo, por lo que es el fabricante quien las da con las dos curvas ya pintadas en la misma gráfica. Quedaría la curva definitiva que puede verse a continuación:

BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO

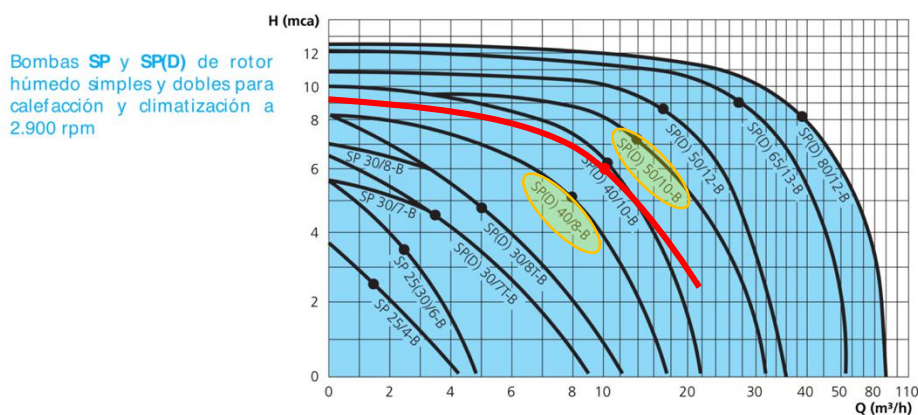


Figura 60. Superposición de las curvas SP 50/10 y SP 40/8.

Fuente: (Sedical, 2003-2004) y propia.

Por tanto, puede estimarse un punto de funcionamiento de **10 m³/h a 6 metros**. No obstante, al igual que se procedió con las bombas B07 y B08, al final de la selección se comprobará que la nueva bomba es capaz de trabajar en los dos puntos.

Procediendo a la selección, se obtiene que **las bombas elegidas para los puntos B11 y B12 son MAGNA3 32-120 F N**, con código 97924346. De nuevo, son las mismas bombas que los puntos B07, B08, B09 y B10. Como se

comentaba en un apartado anterior, este hecho se recomienda por los fabricantes (y por la lógica) para facilitar después el mantenimiento (exactamente los mismos recambios al ser los mismos modelos).

Además, se comprueba si la bomba satisface los dos puntos:

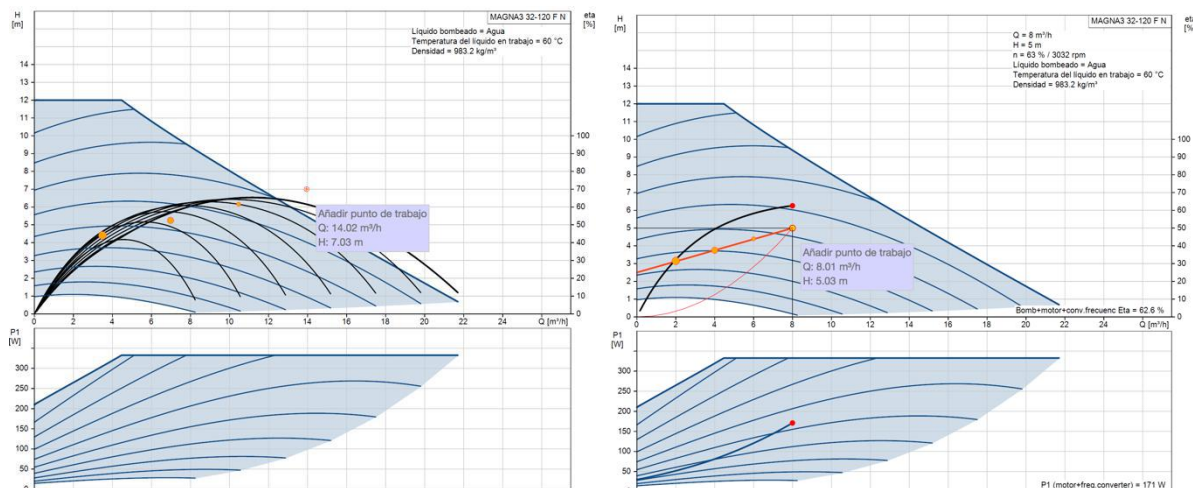


Figura 61. Comprobación de la satisfacción de los dos puntos nominales diferentes en B11 y B12.
Fuente: (Grundfos, 2018).

En este caso, puede verse cómo el punto nominal de la bomba grande se sale por no mucho de la curva de la bomba elegida. Para que ese punto entrara, tendríamos que seleccionar la bomba MAGNA3 40-120 F N, más grande que la anterior y por tanto más cara: en concreto, 583€ más. Es decir, sumaría al proyecto 1166€ (son dos bombas gemelas) porque el punto nominal de la bomba grande instalada actualmente no se satisface.

Sin embargo, se ha dejado claro anteriormente que la situación actual se debe a que dos bombas del modelo pequeño no eran suficientes para satisfacer la demanda. La bomba seleccionada, satisface el punto nominal de la bomba pequeña sobradamente. De esta manera, se puede concluir que la bomba MAGNA3 32-120, satisfará los puntos reales de funcionamiento ya que en vez de una bomba grande y una pequeña, se estarán utilizando dos bombas medianas-grandes para la misma demanda.

Por todo lo anterior, se mantendrá la selección realizada para los puntos B11 y B12.

1.4. SALA DE CALDERAS: CIRCUITO DE CALDERAS

Para terminar, se procederá a realizar la selección de las bombas de las dos calderas que calientan el agua para toda la instalación. Se seguirá manteniendo la política de dos bombas simples iguales en paralelo.

→ Bombas B15 y B16

En este punto, como se ha visto en la aproximación al sistema instalado, tenemos dos bombas SM 80/5B de 845W que dan 32 m³/h a 3,5 metros. Son bombas Sedical de rotor húmedo, como las que se han estado sustituyendo hasta el momento.

Procediendo en el Product Center con ese punto y eligiendo la más barata de las opciones viables que se presentan, tendremos la bomba sustituta de los puntos en cuestión.

Finalmente, **las bombas elegidas para los puntos B15 y B16 son MAGNA3 65-100 F**, con código 97924297.

→ Bombas B17 y B18

Para terminar con la selección de bombas nuevas, aparece la misma situación que las bombas B11 y B12, en las que hubo que estimar por leyes de semejanza la bomba que, instalada de la misma manera que las actuales, se asemejaría a dicho par.

Las dos bombas que se encuentran instaladas actualmente son una SAP 80/12 y una SP 80/12, las cuales tienen una potencia muy similar (2kW y 2,1kW), por lo que se prevé que sus curvas van a salir muy similares. Sus puntos de funcionamiento nominal son 45 m³/h a 10 metros y 39 m³/h a 8 metros, respectivamente.

Consecuentemente, se procede a pintar las dos curvas juntas para estimar por leyes de semejanza un punto de funcionamiento intermedio. La manera en la que se hará será, utilizando las curvas dadas por el fabricante, se pintará la curva de la bomba antigua sobre la curva de la bomba nueva, de forma que se mantenga la escala. Quedaría la curva definitiva que puede verse a continuación:

Bombas SAM, SAP y SA(D)P de rotor seco simples y dobles para calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (ACS)

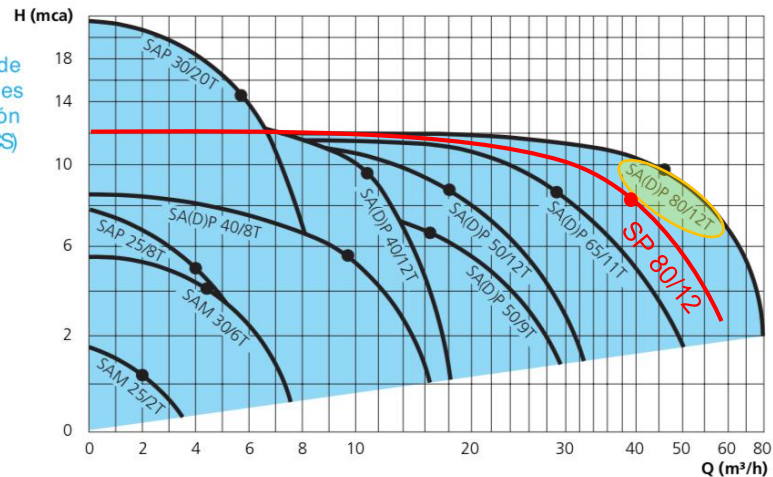


Figura 62. Obtención de la curva intermedia de la SP 80/12 y la SAP 80/12.
Fuente: (Sedical, 2003-2004) y propia.

La bomba SAP tenía 100W más de potencia nominal que la SP, hecho que se puede observar en las curvas, ya que la curva de la SAP es un poco superior a la de la SP. De todas formas, como se comentaba anteriormente, las curvas son muy similares, por lo que una de las dos bombas que se instaló en 1998 fue sustituida por la SAP, aportando además un poco más de potencia a la instalación.

En definitiva, se asume como punto de funcionamiento nominal de la bomba intermedia el de **42 m³/h a 9 metros** de altura. Como en los otros casos en los que se debió realizar este proceso, se comprobará si la bomba final seleccionada satisface los puntos nominales de ambas bombas.

Procediendo de igual manera que en los anteriores puntos, se obtiene que **las bombas elegidas para los puntos B17 y B18 son MAGNA3 100-120 F**, con código 97924315.

En la página siguiente, se comprueba si la bomba satisface los puntos nominales de ambas bombas:

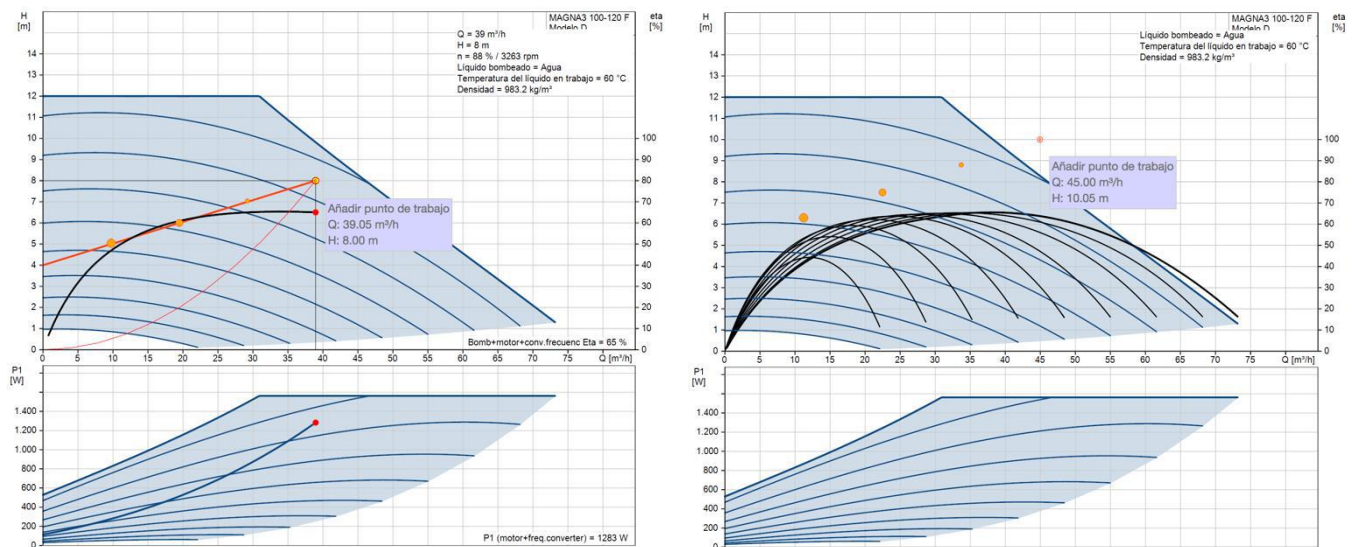


Figura 63. Comprobación de la satisfacción de los dos puntos nominales diferentes en B17 y B18.
Fuente: (Grundfos, 2018).

Al igual que ocurriría en el caso anterior similar a este, el punto grande no es satisfecho por la bomba seleccionada. Para que este punto se satisfaga, se tendría que cambiar totalmente de modelo (ya que las de rotor húmedo de Grundfos tiene por caudal máximo a 10 metros unos 40 m³/h). Se tendría que seleccionar una bomba de rotor seco, modelo TPE3 50-240-S, con un valor por unidad 2.290€ superior a la Magna3; es decir, este cambio supondría un aumento de 4.580€ al coste inicial de la instalación.

Aplicando el mismo razonamiento que para los puntos B11 y B12, puede entenderse que trabajarán dos bombas de tamaño medio-grande (respecto a las actualmente instaladas) y que, trabajando juntas, satisfarán sobradamente el punto de mayor demanda de la instalación.

Por tanto, se mantendrá la selección para los puntos B16 y B17, ya que son capaces de satisfacer toda la demanda.

2. ANÁLISIS DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS

Tras seleccionar haber extraído toda la información posible de las bombas antiguas, y haber seleccionado las bombas nuevas, puede procederse al estudio de los ahorros energéticos que esta instalación conllevará.

En este apartado, se irán comentando las decisiones más relevantes que deben de tomarse para la consecución del resultado, así como los métodos que se utilizan para realizar los cálculos.

2.1. HORAS DE FUNCIONAMIENTO

En primer lugar, se deben calcular las horas de funcionamiento que va a tener cada una de las bombas, ya que será este el dato que se usará para saber cuánta energía se ahorra con el cambio.

En la hoja “Perfiles de carga”, se realizó una pequeña tabla para el cálculo de las horas anuales de funcionamiento cuyos datos iniciales se explicarán por cada circuito. Este dato es sumamente importante, ya que de él dependen los cálculos totales que se relacionan con la potencia consumida y el coste del kWh.

Cabe destacar que en agosto el colegio permanece cerrado, por lo que tendremos 6 meses de otoño-invierno y 5 meses de primavera-verano. A continuación, se presenta la tabla final con las horas calculadas. Después de la tabla, podrán verse las justificaciones para cada circuito.

Tabla 14. Cálculo de las horas de funcionamiento.
Fuente: propia.

Aproximación a las horas de funcionamiento					
Bombas del circuito:	Otoño-Invierno		Primavera-Verano		Total [horas/año]
	Diario [h]	Anual [h]	Diario [h]	Anual [h]	
Grupo de presión	2,3	321,8	2,3	243,8	565,5
Calefacción	12	2184	0	0,0	2184,0
ACS	1,5	214,5	2	216,7	431,2
Caldera pequeña	10	1560	2	216,7	1776,7
Caldera grande	10	1560	0	0	1560

▪ Horas de funcionamiento del Grupo de presión

Tras la visita al colegio, se mantuvo el contacto con el responsable del mantenimiento de la instalación, y comentó que este grupo estaba en constante funcionamiento, aunque arrancaba según la demanda.

El grueso de la demanda se concentra entre las 8:30 de la mañana y las 17:30, por lo que se parte de 9 horas de funcionamiento al día. Sin embargo, es obvio que las bombas no se encuentran en constante funcionamiento, por lo que según se comentó, este grupo funcionaba la mitad del horario lectivo.

Además, como siempre se habla del funcionamiento total del grupo, después habrá que establecer un tiempo por bomba. Es por ello que se dividirá entre 3 el tiempo total y se multiplicará por 1,5 debido a que buena parte del tiempo funciona 1 bomba, pero en cuanto empieza la hora de comer para todos los cursos entra otra bomba más, de ahí el 1,5.

En definitiva, queda la siguiente ecuación para las horas diarias de cada bomba del grupo de presión ubicado en la sala de bombeo:

$$\text{Tiempo functo. Grupo de presión} = \frac{17,5 - 8,5}{2} * \frac{1,5}{3} = 2,3 \text{ h/día}$$

Ecuación 18. Tiempo de funcionamiento diario del Grupo de Presión.

Para llegar a los totales, se debe discernir entre la época del año en la que nos encontremos, pues en verano hay menos demanda. De la siguiente manera, se llega a los totales del grupo de presión:

- Otoño-Invierno. Además del paso obvio de diario a anual, se tomará que el grupo funciona 5,5 días a la semana, puesto que los fines de semana aunque no suele haber demanda, sí hay gente en el colegio y eventos todos los meses.

$$\text{Tiempo functo. Grupo de presión (ot – inv)} = 2,3 * 5,5 * \frac{52 * 6}{12} = 321,8 \text{ h/año}$$

Ecuación 19. Tiempo de funcionamiento anual del Grupo de Presión en otoño-invierno.

- Primavera-Verano. Llevando a cabo el mismo razonamiento y teniendo en cuenta que esta época consta de 5 meses (el colegio cierra en agosto) se tiene lo siguiente:

$$\text{Tiempo functo. Grupo de presión (pri – ver)} = 2,3 * 5 * \frac{52 * 5}{12} = 243,8 \text{ h/año}$$

Ecuación 20. Tiempo de funcionamiento anual del Grupo de Presión en primavera-verano.

Se calcula a continuación el tiempo total de funcionamiento del grupo de presión:

$$\text{TOTAL tiempo functo. Grupo de presión} = 321,8 + 243,8 = 565,5 \text{ h/año}$$

■ Horas de funcionamiento del circuito de Calefacción

Como es lógico, este circuito solamente funciona en la época de otoño-invierno. Según indicaciones del jefe de mantenimiento del colegio, la calefacción funciona unas 12 horas diarias en esta época, por lo que aplicando las mismas fórmulas que en el apartado anterior, queda lo siguiente:

$$\text{Tiempo de funcionamiento Calefacción} = 12 * \frac{52 * 6}{12} = 2184 \text{ h/año}$$

Ecuación 21. Tiempo de funcionamiento anual del circuito de calefacción.

■ Horas de funcionamiento del circuito de ACS

Según indicó el jefe de mantenimiento, el circuito de ACS se mantiene funcionando según demanda. Se puede asumir que este circuito funciona 1,5h al día, menos que el tiempo de funcionamiento del grupo de presión (no tendría sentido que el ACS bombeara más agua que el Grupo de Presión. Se debe discernir entre verano e invierno:

- Otoño-Invierno. Se utiliza el mismo razonamiento con el 5,5 que para el grupo de presión. Puede verse a continuación la ecuación utilizada:

$$\text{Tiempo de funcionamiento ACS (ot – inv)} = 1,5 * 5,5 * \frac{52 * 6}{12} = 214,5 \text{ h/año}$$

Ecuación 22. Tiempo de funcionamiento anual del circuito de ACS en otoño-invierno.

- Primavera-Verano. Dado que en verano se aumenta el consumo de agua potable por motivos obvios, se asume un tiempo de funcionamiento de 2 horas diarias (33% mayor), quedando el siguiente tiempo de funcionamiento anual:

$$\text{Tiempo de funcionamiento ACS (pri – ver)} = 2 * 5 * \frac{52 * 5}{12} = 216,7 \text{ h/año}$$

Ecuación 23. Tiempo de funcionamiento anual del Grupo de Presión en primavera-verano.

Por último, se calcula el tiempo total de funcionamiento del circuito de ACS cada año:

$$\text{Tiempo de funcionamiento ACS} = 214,5 + 216,7 = \mathbf{431,2 \text{ h/año}}$$

Ecuación 24. Tiempo de funcionamiento anual del circuito de ACS.

▪ Horas de funcionamiento del circuito de Calderas

Para terminar, se exponen las horas de funcionamiento del circuito compuesto por cuatro bombas que calientan el agua de calefacción y ACS. Según indicó el jefe de mantenimiento, en invierno funcionan las dos calderas y en primavera-verano, funciona sólo la caldera pequeña (Caldera 1) para calentar ACS.

- Otoño-Invierno. Este circuito funciona unas 10 horas diarias. Se estima que funciona 6 días a la semana (en vez de 7 para tener en cuenta que durante la semana no está funcionando constantemente). Puede verse a continuación la ecuación utilizada:

$$\text{Tiempo de funcionamiento Calderas (ot – inv)} = 10 * 6 * \frac{52 * 6}{12} = 1560 \text{ h/año}$$

Ecuación 25. Tiempo de funcionamiento anual del circuito de Calderas en otoño-invierno.

- Primavera-Verano. Sabiendo lo que se comentaba anteriormente acerca de que en esta época sólo funciona la caldera pequeña, se asume que las bombas caldera grande no funcionan, y las de la caldera pequeña funcionan 2 horas diarias, quedando así:

$$\text{Tiempo de funcionamiento Calefacción (pri – ver)} = 2 * 5 * \frac{52 * 5}{12} = 216,7 \text{ h/año}$$

Ecuación 26. Tiempo de funcionamiento anual del Grupo de Presión en primavera-verano.

Por último, se calcula el tiempo total de funcionamiento del circuito de Calderas cada año:

$$\text{Tiempo de funcionamiento Calderas 2} = 1560 + 216,7 = \mathbf{1776,7 \text{ h/año}}$$

Ecuación 27. Tiempo de funcionamiento anual de la caldera pequeña (circuito Calderas 2).

$$\text{Tiempo de funcionamiento Calderas 1} = \mathbf{1560 \text{ h/año}}$$

Ecuación 28. Tiempo de funcionamiento anual de la caldera grande (circuito Calderas 1).

2.2. DATA_INDEX

En esta hoja, se realiza la recopilación de todos los datos acerca de potencias y rendimientos que después se extraerá a la hoja de Cálculos.

■ Normalización de las potencias

Antes de realizar cualquier búsqueda de rendimientos en las tablas de IE, deben aproximarse las potencias de las bombas actuales a las potencias normalizadas en las que se basan tanto dichas tablas como la tabla expuesta en Coeficientes (de desvío de rendimiento según potencia).

La manera de proceder es la siguiente (después se hará un ejemplo):

- Se realiza una tabla cuyo número de filas son las bombas del estudio y cuyo número de columnas son las potencias normalizadas (de 0 a 500kW)
- La matriz interna que aparece al crear esta tabla, se rellena con una fórmula lógica que devuelve un 1 si la potencia normalizada para esa bomba es menor o igual a la potencia nominal de esa bomba.
- Se añade a la fórmula el término de la celda contigua, de manera que se vayan sumando progresivamente. Tendremos, pues, una ristra de 0 hasta la potencia normalizada, en la que habrá un 1, y siguiendo por la derecha: 2, 3, 4... Hasta la columna de 500kW.
- Para extraer la potencia normalizada se realiza una búsqueda horizontal de Excel del 1 en esa fila, y así termina el proceso.

A continuación se realizará un ejemplo, teniendo la tabla con todas las potencias:

Tabla 15. Cálculo de las potencias normalizadas de cada bomba.

Fuente: Grundfos y propia.

	DATA INDEX																																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	Pot. Normalizada																																				
Ref#	0	0,12	0,18	0,2	0,25	0,37	0,4	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	250	315	355	400	450	500	
G01	0																																				
G02	0																																				
G03	0																																				
B01	0																																				
B02	0																																				
B03	0																																				
B04	0																																				
B05	0																																				
B06	0																																				
B07	0																																				
B08	0																																				
B09	0																																				
B10	0																																				
B11	0																																				
B12	0																																				
B15	0																																				
B16	0																																				
B17	0																																				
B18	0																																				
0	0	0,12	0,18	0,2	0,25	0,37	0,4	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	250	315	355	400	450	500	

Tras insertar toda la lista de nuestras bombas y potencias normalizadas, se mete la siguiente fórmula dentro de la matriz. Se tomará como ejemplo la primera fila (**bomba de 4kW**), y luego se extenderá la fórmula horizontal y verticalmente para completar la tabla:

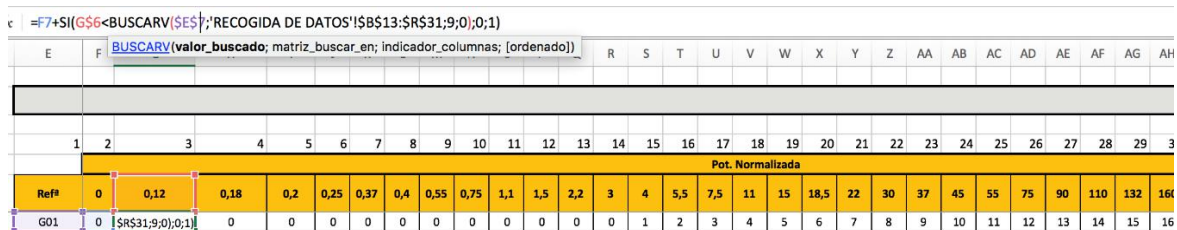
$$= F7 + SI(G\$6 < BUSCARV(\$E\$7; 'RECOGIDA DE DATOS'! \$B\$13: \$R\$31; 9; 0); 0; 1)$$

Ecuación 29. Fórmula de Excel para la búsqueda de potencias normalizadas.

En esta fórmula se utilizan dos comandos: “SI” y “BUSCARV”.

- El primero de ambos devuelve el número que elijamos si lo que contiene es cierto y otro número que se elija si es falso; en este caso, devolvería un 1 siempre que el término de la derecha sea mayor (o igual, se verá a continuación cómo devuelve un 1 cuando llega a 4kW) a la potencia normalizada de la columna en la que se encuentra. Esta celda se fija con “\$” (presionando F4 al seleccionarla).
- El segundo comando de ambos, BUSCARV, realiza la búsqueda del primer término (el nombre de la bomba); en la matriz de datos que se le indique (en este caso, hoja de Recogida de Datos, matriz aleatoria que contiene todo); **devolviendo el término de la novena columna de esa fila** (se puede poner el número de columna que se desee); y finalmente, 0 o 1 si coincidencia exacta o aproximada, respectivamente.

Puede verse a continuación, cómo esta fórmula extendida a toda la fila, da como resultado un número uno en la potencia normalizada de 4kW, y va sumando 1 según se avanza en las columnas.



	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	
45																	
46																	
47																	
48																	
49																	
50																	
51																	
52																	
53																	
54																	
55																	
56																	
57																	
58																	
59																	
60																	
61																	
62																	
63																	
64																	
65																	
66																	
67																	
68																	
69																	
70																	
71																	
72																	
73																	
74																	
75																	
76																	
77																	
78																	
79																	
80																	
81																	
82																	
83																	
84																	
85																	
86																	
87																	
88																	
89																	
90																	
91																	
92																	
93																	
94																	
95																	
96																	
97																	
98																	
99																	
100																	

Figura 64. Visualización de fórmula de Excel para la búsqueda de potencias normalizadas.
Fuente: propia.

Finalmente, utilizando el comando BUSCARH se extrae la potencia normalizada insertando la siguiente fórmula:

$$= BUSCARH(1; \$F7: \$A0\$27; \$C7; 0)$$

Ecuación 30. Fórmula de Excel para la extracción de potencias normalizadas.

Este comando es similar al BUSCARV, diferenciándose sólo en que el término que devuelve es, de la columna en la que se encuentra el valor buscado, número de fila superior que se desee. Así pues, se fija en la fila C este valor (todas las potencias normalizadas están en esta fila).

■ Cálculos previos del rendimientos de los motores

Como se ha explicado en el Estado del Arte, se trabajará tanto con rendimientos de motores como con rendimientos de bombas.

Recordado esto, se procede, en primer lugar, a extraer de la hoja “Recogida de Datos” toda la información relevante del motor y de la bomba. Esto se realiza, de nuevo, con la función BUSCARV.

Dado que la tabla con las eficiencias IE segmenta, para cada nivel de eficiencia, por el número de polos, se tendrán que utilizar una serie de factores que permitan encontrar el valor buscado.

Según la situación de la tabla IE en el Excel, estos son los factores según su a utilizar:

*Tabla 16. Factores a utilizar para la búsqueda del rendimiento del motor.
Fuente: propia.*

IE	Columna	Polos	Sub-columna
IE1	3	0	0
IE2	7	2	0
IE3	11	4	1
IE4	15	6	2
		8	3

Queda entonces la siguiente fórmula para la búsqueda del rendimiento del motor en la tabla de IE. La suma que puede verse entre los términos AT7 y AR7 se corresponde a la suma de los factores arriba mencionado. Se toma como ejemplo la primera fila:

$$= (BUSCARV(AP7; 'IEC Standard'!B4:S38; (AT7 + AR7); 0))/100$$

Ecuación 31. Búsqueda de rendimientos del motor en la hoja "IEC Standard".

Puede verse a continuación el resultado:

Tabla 17. Resultados de la búsqueda del rendimiento de los motores.

Fuente: propia.

Ref.	RENDIMIENTO DEL MOTOR					
	P Norm.	Polos	Factor Polos	IE	Factor IE	Rend. Motor
G01	4	2	0	IE2	7	85,8%
G02	4	2	0	IE1	3	83,1%
G03	4	2	0	IE1	3	83,1%
B01	4	4	1	IE1	3	83,1%
B02	4	4	1	IE1	3	83,1%
B03	4	2	0	IE1	3	83,1%
B04	1,1	2	0	IE1	3	75,0%
B05	0,75	2	0	IE1	3	72,1%
B06	0,75	2	0	IE1	3	72,1%
B07	0,55	2	0	IE1	3	69,0%
B08	0,37	2	0	IE1	3	63,9%
B09	0,37	2	0	IE1	3	63,9%
B10	0,37	2	0	IE1	3	63,9%
B11	0,37	2	0	IE1	3	63,9%
B12	1,1	2	0	IE1	3	75,0%
B15	1,1	4	1	IE1	3	75,0%
B16	1,1	4	1	IE1	3	75,0%
B17	2,2	2	0	IE1	3	79,7%
B18	2,2	2	0	IE1	3	79,7%

■ Cálculos previos del rendimiento de las bombas

Para el cálculo de rendimientos, en primer lugar se extraen los coeficientes de la ecuación cuadrática explicada en el apartado “[Hoja 4: Coeficientes](#)”. Estos coeficientes distinguen de tipo de bomba, por lo que se deberá proceder de igual manera que en el apartado anterior, insertando unos factores para la búsqueda por columnas.

Tabla 18. Factores a utilizar para la búsqueda de coeficientes.

Fuente: propia.

Construcción	Factor
Multicelular	2
In-line	5
Aspiración axial	8

Queda, pues, la siguiente tabla:

Tabla 19. Coeficientes de desvío de rendimiento de cada bomba.

Fuente: Grundfos.

Coeficientes Desvío Rendimiento				
Ref.	Tipo	x2	x	Cte.
G01	Multicelular	1,0107	-1,904	0,8834
G02	Multicelular	1,0107	-1,904	0,8834
G03	Multicelular	1,0107	-1,904	0,8834
B01	In-line	0,8858	-1,8944	1,0108
B02	In-line	0,8858	-1,8944	1,0108
B03	In-line	0,8858	-1,8944	1,0108
B04	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B05	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B06	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B07	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B08	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B09	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B10	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B11	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B12	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B15	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B16	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B17	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608
B18	In-line	0,09714	-2,0229	1,0608

Esta tabla es una estimación provista por Grundfos España S. A., del desvío de rendimiento hidráulico de una bomba típica hecha por intervalos de potencia. Sabiendo el caudal unitario, da lo que se desvía el rendimiento de su curva nominal.

2.3. CÁLCULOS FINALES

Llegados a este punto, se recopilan los cálculos del resto de hojas y se insertan las potencias de todas las bombas, tanto las antiguas como las nuevas. Se tendrán en cuenta otros factores como el consumo en arranque, el PVP de las bombas, los años de instalación...

▪ Potencias consumidas por las bombas antiguas

Rescatando la Ecuación 12 expuesta en el Estado del Arte que relaciona la potencia consumida de la red con el punto de funcionamiento y su rendimiento total²², se puede hallar la potencia que consume el motor de cada bomba.

Además, se tienen en cuenta tanto la desviación de rendimiento expresada por la curva cuadrática de la hoja “Coeficientes”, como la pérdida de rendimiento causada por el paso de los años, que se estima por indicación de expertos en la materia como un 1% anual.

En primer lugar, se calcula la potencia que la bomba le imprime al fluido (P_4), aplicando la Ecuación 9 (potencia como producto de caudal altura y el factor 2,72). Conocida esta potencia, se debe pasar por el rendimiento de la bomba y después por el del motor para llegar a la potencia consumida de la red.

→ Rendimiento de las bombas antiguas

Para este cálculo, en primer lugar, deben conocerse las curvas de los rendimientos teóricos de todas las bombas. Debido a la antigüedad de la instalación, no se dispone de estas curvas, (salvo el de la Grundfos instalada, el cual se puede consultar a través del Product Center). Sin embargo, estos rendimientos pueden estimarse en base a la experiencia de los profesionales en el sector. Siendo conservadores, y discerniendo según los años en los que estas bombas fueron diseñados, se puede llegar a una solución para proseguir con los cálculos.

Para terminar con este cálculo, se procede a utilizar la curva cuadrática dada por Grundfos para cada intervalo de potencia y tipo de bomba, que describe la desviación porcentual del rendimiento actual respecto al teórico, en función del caudal unitario (ver: [Hoja 4. “Coeficientes”](#)).

²² Ecuación 12. Potencia de accionamiento en función del punto y el rendimiento total.

Por tanto, el rendimiento real puede calcularse a través de la siguiente ecuación:

$$\eta_{real} = \eta_{teórico} * (1 - \eta_{desvío})$$

Ecuación 32. Cálculo del rendimiento real de las bombas.

Fuente: propia.

De esta manera, pueden verse los resultados del rendimiento de cada bomba a continuación:

Tabla 20. Rendimientos de cada bomba instalada.

Fuente: propia.

Ref.	Sistema Existente	Rendimto. Teórico [%]	Desvío rendimto. bomba [%]	Rendimto. Real [%]
G01	CM10-6	57,8%	-1%	58,4%
G02	K 55 T	40,0%	-1%	40,4%
G03	TIPO 100/120 IEC-34 SEM. 40/05	40,0%	-1%	40,4%
B01	SIM 100/260	37,0%	0%	36,9%
B02	SIM 100/260	37,0%	0%	36,9%
B03	SP 65/7T	40,0%	0%	39,9%
B04	SP 65/7T	40,0%	-86%	74,6%
B05	SP 40/12T	40,0%	-86%	74,6%
B06	SP 40/12T	40,0%	-86%	74,6%
B07	SP 40/10B	40,0%	-86%	74,6%
B08	SAP 40/8T	35,0%	-86%	65,3%
B09	SAP 40/8T	35,0%	-86%	65,3%
B10	SAP 40/8T	35,0%	-86%	65,3%
B11	SP 40/8-B	40,0%	-86%	74,6%
B12	SP 50/10B	40,0%	-86%	74,6%
B15	SM 80/5B	35,0%	-86%	65,3%
B16	SM 80/5B	35,0%	-86%	65,3%
B17	SAP 80/12T	40,0%	-86%	74,6%
B18	SP 80/12B	40,0%	-86%	74,6%

→ Potencia P_1 calculada por bomba

Para el cálculo final de las potencias se utilizará la siguiente ecuación:

$$P_1 = \frac{P_4}{\eta_{bomba} * (1 - \eta_{desvío}) * \eta_{motor} * (1 - \eta_{pérdida\ anual})}$$

Ecuación 33. Cálculo de la potencia consumida de la red por las bombas antiguas.

Fuente: propia.

Siendo:

$$\eta_{pérdida\ anual} = 0,01 * (2018 - \text{Año de instalación}) * 100 \text{ [%]}$$

Ecuación 34. Pérdida de rendimiento anual.

Fuente: propia.

Este término de pérdida anual de rendimiento, se aplica sólo una vez al producto de los rendimientos hidráulico y motor (al η_{total}). Llevando esta ecuación al Excel, queda la siguiente tabla de potencias consumidas:

Tabla 21. Rendimientos de cada bomba instalada.

Fuente: propia.

Ref.	Sistema Existente	Rendimto. hidráulico real [%]	Rendimto. Motor [%]	Rendimto. perdido [1% anual]	P1 Calculado por Bomba [kW]
G01	CM10-6	58,4%	85,8%	4%	4,43
G02	K 55 T	40,4%	83,1%	10%	4,41
G03	TIPO 100/120 SEM. 40/05	40,4%	83,1%	33%	5,93
B01	SIM 100/260	36,9%	83,1%	23%	14,68
B02	SIM 100/260	36,9%	83,1%	23%	14,68
B03	SP 65/7T	39,9%	83,1%	20%	1,08
B04	SP 65/7T	74,6%	75,0%	20%	0,64
B05	SP 40/12T	74,6%	72,1%	20%	0,54
B06	SP 40/12T	74,6%	72,1%	20%	0,54
B07	SP 40/10B	74,6%	69,0%	20%	0,44
B08	SAP 40/8T	65,3%	63,9%	28%	0,47
B09	SAP 40/8T	65,3%	63,9%	28%	0,47
B10	SAP 40/8T	65,3%	63,9%	28%	0,47
B11	SP 40/8-B	74,6%	63,9%	23%	0,30
B12	SP 50/10B	74,6%	75,0%	23%	0,62
B15	SM 80/5B	65,3%	75,0%	28%	0,86
B16	SM 80/5B	65,3%	75,0%	28%	0,86
B17	SAP 80/12T	74,6%	79,7%	18%	2,51
B18	SP 80/12B	74,6%	79,7%	20%	1,78

→ Gasto de energía en arranque

Dado que los motores utilizados para el bombeo suelen consumir, aproximadamente, entre 7 y 9 veces la corriente nominal, el gasto consumido por un elevado número de arranques se debe tener en cuenta. Este precisamente es el caso del colegio, en el que en tan sólo 10 minutos, el grupo de presión arrancó y paró 4 veces.

Así pues, se tiene en cuenta de la siguiente manera:

$$C_{arr} = t_{arr} * \frac{I_{cons}}{I_N} * P_N * \left(\frac{N_{10'} * 6 * t_{fcmtto.}}{3600} \right)$$

Ecuación 35. Cálculo del gasto de energía en arranques.

Fuente: propia.

Siendo:

t_{arr} : la duración del arranque. Típicamente, entre 3 y 5s. Se tomará el valor de 4s debido a la antigüedad de las bombas.

$N_{10'}$: el número de arranques medidos en 10 minutos.

$\frac{I_{cons}}{I_N}$: normalmente el fabricante da este factor, sin embargo, por la antigüedad de las bombas no se ha podido encontrar. Se asume el valor típico de 8A.

$t_{fcmto.}$: tiempo de funcionamiento calculado en el apartado "[Horas de funcionamiento](#)".

Queda la siguiente tabla:

Tabla 22. Consumo anual por arranques de cada bomba.
Fuente: propia.

Ref.	Sistema Existente	P2 Nominal [kW]	Consumo Arr. [kWh/año]
G01	CM10-6 A-R-G-E-AVBE F-A A N	4	482,56
G02	K 55 T	4	482,56
G03	TIPO 100/120 IEC-34 SEM. 40/05	4	482,56
B01	SIM 100/260	5,9	687,23
B02	SIM 100/260	5,9	687,23
B03	SP 65/7T	0,94	109,49
B04	SP 65/7T	0,94	109,49
B05	SP 40/12T	0,585	68,14
B06	SP 40/12T	0,585	68,14
B07	SP 40/10B	0,46	10,58
B08	SAP 40/8T	0,37	8,51
B09	SAP 40/8T	0,37	8,51
B10	SAP 40/8T	0,37	8,51
B11	SP 40/8-B	0,33	7,59
B12	SP 50/10B	0,82	18,86
B15	SM 80/5B	0,845	80,07
B16	SM 80/5B	0,845	80,07
B17	SAP 80/12T	2,1	174,72
B18	SP 80/12B	2	166,40

→ Consumo anual

Para hallar este consumo, se suman todos los cálculos anteriores, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo anual total (por bomba)} = P_1 \text{ calculada} * t_{funcionamto.} + C_{arr}$$

Ecuación 36. Cálculo de los consumos totales de las bombas antiguas.

Aplicando esta ecuación en el Excel, se obtiene la siguiente tabla de consumos anuales por bomba.

Tabla 23. Caudales calculados según perfil Eurovent para cada bomba.
Fuente: propia.

Ref.	Sistema Existente	Operación media por Bomba [horas/año]	Consumo Arr. [kWh/año]	Consumo [kWh/año]
G01	CM10-6	566	482,56	2.987,51
G02	K 55 T	566	482,56	2.977,24
G03	TIPO 100/120 SEM. 40/05	566	482,56	3.833,63
B01	SIM 100/260	2184	687,23	32.749,54
B02	SIM 100/260	2184	687,23	32.749,54
B03	SP 65/7T	2184	109,49	2.460,29
B04	SP 65/7T	2184	109,49	1.503,07
B05	SP 40/12T	2184	68,14	1.241,65
B06	SP 40/12T	2184	68,14	1.241,65
B07	SP 40/10B	431	10,58	198,98
B08	SAP 40/8T	431	8,51	212,36
B09	SAP 40/8T	431	8,51	212,36
B10	SAP 40/8T	431	8,51	212,36
B11	SP 40/8-B	431	7,59	135,40
B12	SP 50/10B	431	18,86	285,64
B15	SM 80/5B	1777	80,07	1.615,61
B16	SM 80/5B	1777	80,07	1.615,61
B17	SAP 80/12T	1560	174,72	4.091,28
B18	SP 80/12B	1560	166,40	2.949,77
CONSUMO TOTAL DE LAS BOMBAS NUEVAS				93.273,46 kWh/año

▪ Potencias consumidas por las bombas nuevas

Este apartado es más simple que su homólogo de las bombas antiguas ya que al ser bombas nuevas, se pueden extraer sus potencias del Grundfos Product Center (GPC) utilizando los caudales calculados según el perfil Eurovent. Estos caudales pueden verse en la tabla de la siguiente página:

Tabla 24. Caudales calculados según perfil Eurovent para cada bomba.
Fuente: propia.

BOMBA	CAUDALES PARA INSERTAR EN GPC				
	Nominal	100%	75%	50%	25%
G01	10	7,5	5	2,5	0
G02	10	7,5	5	2,5	0
G03	10	7,5	5	2,5	0
B01	85	63,75	42,5	21,25	0
B02	85	63,75	42,5	21,25	0
B03	30	22,5	15	7,5	0
B04	30	22,5	15	7,5	0
B05	10	7,5	5	2,5	0
B06	10	7,5	5	2,5	0
B07	10	7,5	5	2,5	0
B08	10	7,5	5	2,5	0
B09	8,7	6,525	4,35	2,175	0
B10	8,7	6,525	4,35	2,175	0
B11	10	7,5	5	2,5	0
B12	10	7,5	5	2,5	0
B15	32	24	16	8	0
B16	32	24	16	8	0
B17	42	31,5	21	10,5	0
B18	42	31,5	21	10,5	0

Utilizando estos caudales, y manteniendo la altura nominal (se daría más potencia, por lo que esta es la postura más conservadora) se extraen del GPC todos los datos de todas las bombas:

Tabla 25. Potencia de la red de cada bomba a los diferentes caudales.
Fuente: propia.

Sistema Nuevo	Q [m ³ /h]	H [m]	P2 Nominal [kW]	Clase IE	P1 - del Grundfos Product Center [kW]				
					100%	75%	50%	25%	0%
CM10-6 A-R-G-E-AVBE	10	78,3	4,00	IE3	4,308	3,461	2,729	1,718	0,000
CM10-6 A-R-G-E-AQQE	10	78,3	4,00	IE3	4,186	3,394	2,712	2,092	0,000
CM10-6 A-R-G-E-AQQE	10	78,3	4,00	IE3	4,186	3,394	2,712	2,092	0,000
TPE 100-200/2-S A-F-A-BQQE	85	15	5,50	IE5	5,029	3,876	3,082	2,642	0,000
TPE 100-200/2-S A-F-A-BQQE	85	15	5,50	IE5	5,029	3,876	3,082	2,642	0,000
MAGNA3 80-60 F	30	3,5	0,55	IE5	0,474	0,341	0,240	0,161	0,000
MAGNA3 80-60 F	30	3,5	0,55	IE5	0,474	0,341	0,240	0,161	0,000
MAGNA3 40-120 F	10	8,5	0,55	IE5	0,381	0,318	0,261	0,206	0,000
MAGNA3 40-120 F	10	8,5	0,55	IE5	0,381	0,318	0,261	0,206	0,000
MAGNA3 32-120 F N	10	6	0,37	IE5	0,249	0,196	0,153	0,116	0,000
MAGNA3 32-120 F N	10	6	0,37	IE5	0,249	0,196	0,153	0,116	0,000

MAGNA3 32-120 F N	8,7	6	0,37	IE5	0,220	0,178	0,142	0,111	0,000
MAGNA3 32-120 F N	8,7	6	0,37	IE5	0,220	0,178	0,142	0,111	0,000
MAGNA3 32-120 F N	10	6	0,37	IE5	0,249	0,196	0,153	0,116	0,000
MAGNA3 32-120 F N	10	6	0,37	IE5	0,249	0,196	0,153	0,116	0,000
MAGNA3 65-100 F	32	3,5	0,75	IE5	0,508	0,345	0,233	0,153	0,000
MAGNA3 65-100 F	32	3,5	0,75	IE5	0,508	0,345	0,233	0,153	0,000
MAGNA3 100-120 F	42	9	1,50	IE5	1,556	1,166	0,851	0,586	0,000
MAGNA3 100-120 F	42	9	1,50	IE5	1,556	1,166	0,851	0,586	0,000

→ Consumo anual

En este apartado, el cálculo del consumo anual se torna más complejo ya que ahora tenemos una potencia para cada modo de funcionamiento. Para realizar el cálculo, se utiliza la fórmula “SUMAPRODUCTO” de Excel, de manera que los términos de las celdas de cada potencia se multiplican por el coeficiente de tiempo (perfil Eurovent), se suman, y finalmente se multiplican por las horas de funcionamiento de las bombas.

Consumo anual total (por bomba)

$$= \text{SUMAPRODUCTO}(\text{Potencias} * \text{Coefs. tiempo}) * t_{\text{funcio.}}$$

Ecuación 37. Cálculo de los consumos totales de las bombas nuevas.

Utilizando esa ecuación aplicada en toda la matriz de P1 de todas las bombas, se obtienen los siguientes resultados, puede verse al final el consumo total:

Tabla 26. Consumos del sistema de bombeo propuesto.
Fuente: propia.

Ref.	Sistema Nuevo	Cód.	P2 Nominal [kW]	Clase IE del Motor	f _{funcionamiento} [horas/año]	Consumo [kWh/año]
G01	CM10-6 A-R-G-E-AVBE	96935488	4,00	IE3	566	1.575,14
G02	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	98979300	4,00	IE3	566	1.605,27
G03	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	98979300	4,00	IE3	566	1.605,27
B01	TPE 100-200/2-S	99114837	5,50	IE5	2184	7.209,89
B02	TPE 100-200/2-S	99114837	5,50	IE5	2184	7.209,89
B03	MAGNA3 80-60 F	97924317	0,55	IE5	2184	572,09
B04	MAGNA3 80-60 F	97924317	0,55	IE5	2184	572,09
B05	MAGNA3 40-120 F	97924270	0,55	IE5	2184	591,43
B06	MAGNA3 40-120 F	97924270	0,55	IE5	2184	591,43
B07	MAGNA3 32-120 F N	97924346	0,37	IE5	431	69,52
B08	MAGNA3 32-120 F N	97924346	0,37	IE5	431	69,52
B09	MAGNA3 32-120 F N	97924346	0,37	IE5	431	64,38

B10	MAGNA3 32-120 F N	97924346	0,37	IE5	431	64,38
B11	MAGNA3 32-120 F N	97924346	0,37	IE5	431	69,52
B12	MAGNA3 32-120 F N	97924346	0,37	IE5	431	69,52
B15	MAGNA3 65-100 F	97924297	0,75	IE5	1777	461,71
B16	MAGNA3 65-100 F	97924297	0,75	IE5	1777	461,71
B17	MAGNA3 100-120 F	97924315	1,50	IE5	1560	1.427,33
B18	MAGNA3 100-120 F	97924315	1,50	IE5	1560	1.427,33
CONSUMO TOTAL DE LAS BOMBAS NUEVAS						25.717,42 kWh/año

■ Ahorros anuales

Finalmente, llega el momento de la verdad. Ahora se verá si el proyecto tiene sentido y es viable realizar una sustitución de 19 bombas. Se mostrarán en primer lugar los ahorros energéticos y, para terminar, los ahorros económicos que llevan a un periodo de amortización de la compra.

→ Ahorros energéticos

Tras haber realizado todos los pasos anteriores, el cálculo de estos ahorros es muy simple, basta con restar las potencias consumidas de las bombas antiguas menos las de las bombas nuevas.

Dicho esto, se presenta a continuación la tabla con los ahorros anuales que produce cada bomba y en la última fila, el ahorro total.

Tabla 27. Ahorros energéticos generados en cada punto del circuito.
Fuente: propia.

Ref.	Sistema Instalado	Sistema Propuesto	Ahorro [kWh/año]
G01	CM10-6 A-R-G-E-AVBE F-A A N	CM10-6 A-R-G-E-AVBE	1.412,36
G02	K 55 T	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	1.371,97
G03	TIPO 100/120 IEC-34 SEM. 40/05	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	2.228,36
B01	SIM 100/260	TPE 100-200/2-S	25.539,65
B02	SIM 100/260	TPE 100-200/2-S	25.539,65
B03	SP 65/7T	MAGNA3 80-60 F	1.888,21
B04	SP 65/7T	MAGNA3 80-60 F	930,98
B05	SP 40/12T	MAGNA3 40-120 F	650,22
B06	SP 40/12T	MAGNA3 40-120 F	650,22
B07	SP 40/10B	MAGNA3 32-120 F N	129,45
B08	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	142,84

B09	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	147,98
B10	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	147,98
B11	SP 40/8-B	MAGNA3 32-120 F N	65,87
B12	SP 50/10B	MAGNA3 32-120 F N	216,12
B15	SM 80/5B	MAGNA3 65-100 F	1.153,90
B16	SM 80/5B	MAGNA3 65-100 F	1.153,90
B17	SAP 80/12T	MAGNA3 100-120 F	2.663,94
B18	SP 80/12B	MAGNA3 100-120 F	1.522,43
AHORROS ENERGÉTICOS ANUALES TOTALES			67.556,04 kWh/año

En la tabla anterior puede observarse que hay bombas cuyo cambio apenas supone un ahorro energético, en concreto, el circuito de ACS no tiene mucho potencial de ahorro. No obstante, unas bombas nuevas darán más beneficios aparte del mero ahorro que suponga su instalación porque, además, se mejora la calidad del servicio y se aumenta el ahorro en otros aspectos (mantenimientos, reparaciones, paradas...).

→ Ahorros económicos y períodos de amortización

Como se puede ver, el cambio supone un considerable ahorro energético. Por ello, ahora se procede a monetizar esa energía a través de un precio conservador de la misma: 0,10€/kWh.

A continuación, puede verse una tabla que muestra el ahorro de dinero anual que supone cada nueva bomba.

Tabla 28. Ahorros económicos generados en cada punto del circuito.
Fuente: propia.

Ref.	Sistema Existente	Sistema Nuevo	Ahorro [€/año]
G01	CM10-6 A-R-G-E-AVBE F-A A N	CM10-6 A-R-G-E-AVBE	141,24 €
G02	K 55 T	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	137,20 €
G03	TIPO 100/120 IEC-34 SEM. 40/05	CM10-6 A-R-G-E-AQQE	222,84 €
B01	SIM 100/260	TPE 100-200/2-S	2.553,97 €
B02	SIM 100/260	TPE 100-200/2-S	2.553,97 €
B03	SP 65/7T	MAGNA3 80-60 F	188,82 €
B04	SP 65/7T	MAGNA3 80-60 F	93,10 €
B05	SP 40/12T	MAGNA3 40-120 F	65,02 €
B06	SP 40/12T	MAGNA3 40-120 F	65,02 €
B07	SP 40/10B	MAGNA3 32-120 F N	12,95 €
B08	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	14,28 €

B09	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	14,80 €
B10	SAP 40/8T	MAGNA3 32-120 F N	14,80 €
B11	SP 40/8-B	MAGNA3 32-120 F N	6,59 €
B12	SP 50/10B	MAGNA3 32-120 F N	21,61 €
B15	SM 80/5B	MAGNA3 65-100 F	115,39 €
B16	SM 80/5B	MAGNA3 65-100 F	115,39 €
B17	SAP 80/12T	MAGNA3 100-120 F	266,39 €
B18	SP 80/12B	MAGNA3 100-120 F	152,24 €
AHORROS ECONÓMICOS ANUALES TOTALES			6.755,60 €/año

Para terminar, se muestra el **periodo de amortización** que tendrá la sustitución, esto es, el tiempo que tardará la instalación en pagar la inversión inicial por medio de los ahorros que supone.

Teniendo la inversión inicial, y el ahorro económico anual, se puede calcular:

$$\text{Plazo de amortización [años]} = \frac{\text{Inversión inicial [€]}}{\text{Ahorro anual [€/año]}}$$

Ecuación 38. Cálculo del período de amortización del circuito.
Fuente: propia.

Aplicando números a la Ecuación 28, queda el plazo de amortización que se muestra abajo. Debe mencionarse que cualquier período de amortización inferior a los años de vida de la bomba, es positivo

$$\text{Plazo de amortización [años]} = \frac{75.035 \text{ €}}{6.755,60 \text{ €/año}} = 11,11 \text{ años}$$

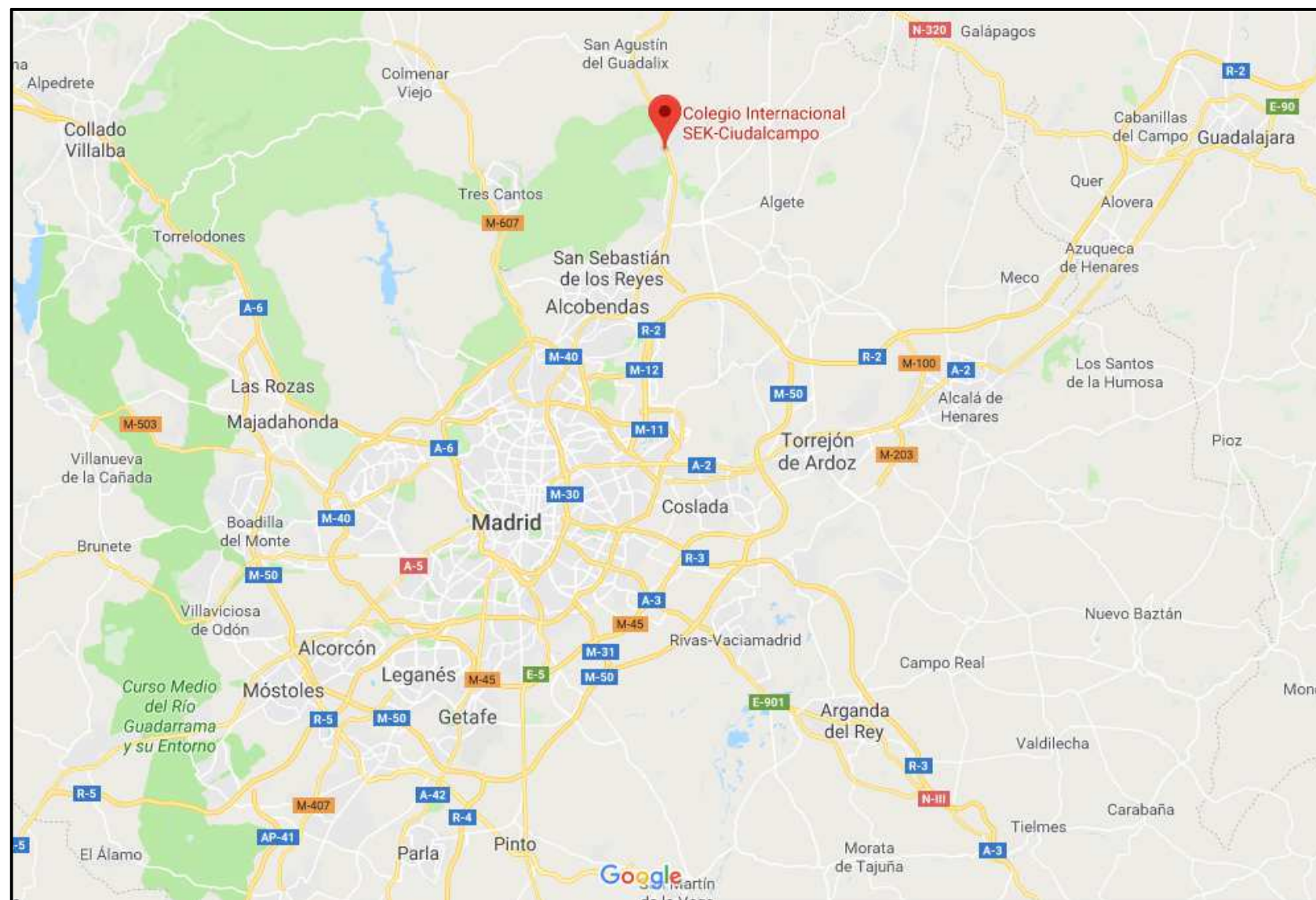
Ecuación 39. Cálculo del período de amortización del circuito.
Fuente: propia.

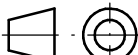
Este resultado es muy positivo, ya que significa que con unos cálculos conservadores, se puede conseguir que la instalación se amortice en **once años, un mes y diez días**.

PARTE III:

PLANOS

NOTA: Se podrán encontrar los planos geométricos de las bombas, además de planos unifilares eléctricos en el [Anexo A: Fichas técnicas de la nueva instalación](#).



MATERIAL	-		Trabajo Fin de Grado	
TOLERANCIA	-			
	NOMBRE	FECHA	Plano Ubicación	
DIBUJADO	Eduardo S. Marín Acosta	13/07/2018		
COMPROBADO				
ESCALA: -	FIRMA: 		I.C.A.I.	Nº DE LÁMINA: Plano 01

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

PARTE IV:

PRESUPUESTO



TABLA DE CONTENIDOS PARTE IV: PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN.....	128
1.1. Introducción al Estudio LCC.....	128
2. ESTUDIO LCC.....	130
2.1. Costes iniciales	130
▪ Bombas.....	130
▪ Cuadro de control.....	131
▪ Accesorios.....	131
2.2. Costes de instalación y puesta en marcha.....	132
2.3. Costes energéticos.....	132
2.4. Costes de operación	133
2.5. Costes de mantenimiento	133
▪ Mantenimiento preventivo	133
▪ Mantenimiento correctivo	134
2.6. Costes de tiempo de avería y medio-ambientales.....	134
2.7. Costes de retirada.....	135
2.8. Presupuesto total	136
▪ Representación gráfica.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 29. Estudio LCC: costes iniciales de las bombas.	130
Tabla 30. Estudio LCC: costes iniciales del cuadro de control.	131
Tabla 31. Estudio LCC: costes de instalación y puesta en marcha.	132
Tabla 32. Estudio LCC: costes energéticos.	132
Tabla 33. Estudio LCC: costes de mantenimiento preventivo.	133
Tabla 34. Estudio LCC: mantenimiento correctivo..	134
Tabla 35. Estudio LCC: costes de retirada.	135
Tabla 36. Presupuesto general.	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 65. Representación de los Costes de Ciclo de Vida.	128
Figura 66. Diagrama del gasto inicial por circuito.	131
Figura 67. Representación gráfica de los LCC (excluyendo energéticos).	137

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 40. Ecuación del coste del ciclo de vida.	129
---	-----

1. INTRODUCCIÓN

El cálculo de este presupuesto se llevará a cabo mediante el análisis del “Coste de Ciclo de Vida” (CCV) o LCC (por las siglas en inglés de “Life Cycle Cost”). Además, se consultará con una empresa del sector los diferentes costes en los que se incurren en la realización de este proyecto.

1.1. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO LCC

La diferencia entre un cálculo tradicional de presupuesto y el estudio LCC, reside en no solo se tienen en cuenta los costes de instalación como un presupuesto tradicional, sino que se añaden a esto los costes de mantenimiento, el coste energético, los costes de retirada... Es decir, es un análisis mucho más realista del coste del proyecto.

Sanz realiza un símil muy ilustrativo en su artículo “El coste de ciclo de vida en las bombas”, dice así:

“Utilicemos la figura del bloque de hielo para simbolizar que la mayor parte de los costes durante el periodo de vida de una bomba se esconden bajo la superficie (sólo aparece 1/10 a la vista), es decir, aparecen después de la instalación, pues sólo son en realidad una pequeña parte del Coste Total del Ciclo de Vida de un equipo” (Sanz Fernández, 2003).

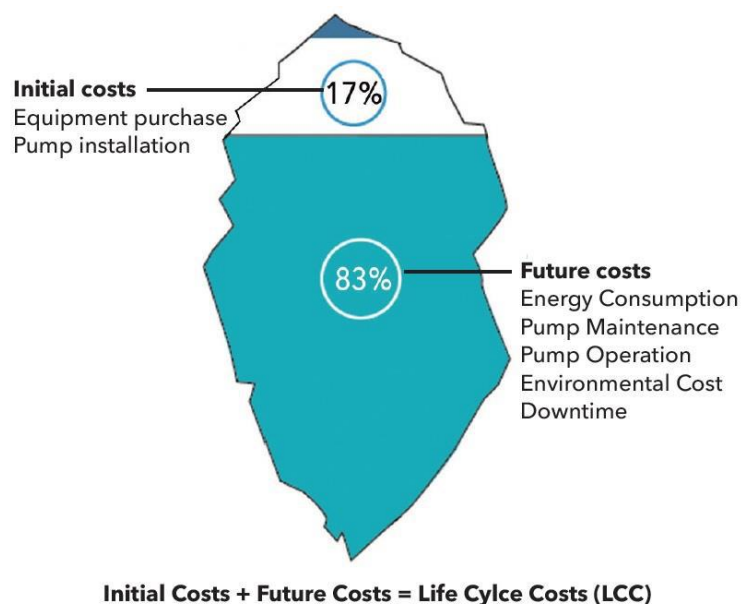


Figura 65. Representación de los Costes de Ciclo de Vida.
Fuente: (Xylem Applied Water Systems, 2017)

Del mismo documento se extrae la ecuación que define el LCC, la cual puede verse a continuación:

$$LCC = C_{IC} + C_{IN} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{amb} + C_d$$

Ecuación 40. Ecuación del coste del ciclo de vida.

Fuente: (Sanz Fernández, 2003)

C_{IC} = coste inicial, coste de compra (bomba, sistema, tubería, accesorios)

C_{IN} = instalación y puesta en marcha

C_e = costes energéticos

C_o = coste de operación (coste del trabajo de supervisión normal del sistema)

C_m = coste de mantenimiento preventivo (piezas, horas de mano de obra)

C_s = tiempo de avería, pérdida de producción (mantenimiento correctivo)

C_{amb} = costes medioambientales

C_d = retirada/cierre definitivo

Por tanto, se realizará el presupuesto en base a este estudio, detallando cada uno de los costes en los que se incurrirán. Cabe destacar que no se incurrirán en costes ambientales, ya que se trata de una sustitución sin necesidad de obra ni similares.

Es importante mencionar que los costes energéticos habrán de salir negativos, esto es, un beneficio, ya que ese es precisamente el objetivo del proyecto: generar un ahorro energético en la instalación además de una mejor calidad del servicio.

El presupuesto se estima para diez años, dado que este es el tiempo medio de vida de la instalación.

2. ESTUDIO LCC

Para el cálculo del estudio, se estimará un tiempo de vida de diez años. Utilizando la ecuación 18, se procede a realizar el análisis.

2.1. COSTES INICIALES

Para el análisis de los costes iniciales, se deben examinar los costes de compra de las bombas con los motores y el coste del cuadro de control que irá en la sala de bombeo. Según el profesional de Grundfos experto en este tipo de cambios, los cálculos de ahorros que se realizan son válidos porque después, normalmente, se le descuenta al PVP un 50% y se suma un 50% del PVP por la instalación y puesta en marcha.

▪ Bombas

Tal y como se ha ido comentando durante la selección de las mismas, el objetivo es satisfacer la demanda de la instalación de la forma más eficiente y más barata. Sin embargo, es de esperar que un equipo de bombeo con la mejor tecnología del mercado (motores IE5) no vaya a ser una compra barata. Así pues, se muestra a continuación una tabla con los PVP de las bombas.

Tabla 29. Estudio LCC: costes iniciales de las bombas.
Fuente: propia

Fila	Pos.	Nombre producto	Nº Producto	Q [m3/h]	H [m]	PVP	C.	Total
1.0	G01	CM10-6 (instalada)	96935488	10	78.68	- €	1	- €
2.0	G02 & G03	CM10-6 (nuevas)	98979300	10.1	80.34	2.108,00 €	2	4.216,00 €
4.0	B01 & B02	TPE 100-200/2-S	99114837	85	15	7.971,00 €	2	15.942,00 €
6.0	B03 & B04	MAGNA3 80-60 F	97924317	30	3.5	3.501,00 €	2	7.002,00 €
8.0	B05 & B06	MAGNA3 40-120 F	97924270	10	8.501	2.308,00 €	2	4.616,00 €
10.0	B07 & B08	MAGNA3 32-120 F N	97924346	10	6	2.862,00 €	2	5.724,00 €
12.0	B09 & B10	MAGNA3 32-120 F N	97924346	8.7	6	2.862,00 €	2	5.724,00 €
14.0	B11 & B12	MAGNA3 32-120 F N	97924346	10	6	2.862,00 €	2	5.724,00 €
16.0	B15 & B16	MAGNA3 65-100 F	97924297	32	3.5	3.317,00 €	2	6.634,00 €
18.0	B17 & B18	MAGNA3 100-120 F	97924315	42	9	5.276,00 €	2	10.552,00 €
TOTAL SIN DESCUENTO								66.134,00 €
TOTAL CON DESCUENTO								33.067,00 €

▪ Cuadro de control

Además de las bombas, el conste inicial deberá contar también con el coste del cuadro de control que se instalará en la sala de bombeo, encargado de gobernar el funcionamiento de las tres bombas que sacan agua del pozo ya instalado.

Tabla 30. Estudio LCC: costes iniciales del cuadro de control.
Fuente: propia

Fila	Pos.	Nombre producto	Nº Producto	Q [m3/h]	H [m]	PVP	C.	Total
0.0	G00	Control MPC-EC	99065064	-	-	8.901,00 €	1	8.901,00 €
TOTAL CON DESCUENTO								4.450,50 €

▪ Accesorios

Todos los elementos eléctricos necesarios para el funcionamiento de la instalación, se incluyen en los PVP anteriores, por lo que su coste añadido en este punto es nulo.

Se muestra a continuación una recopilación sobre los gastos iniciales de cada bomba según el circuito al que pertenezcan.

Inversión inicial por circuito

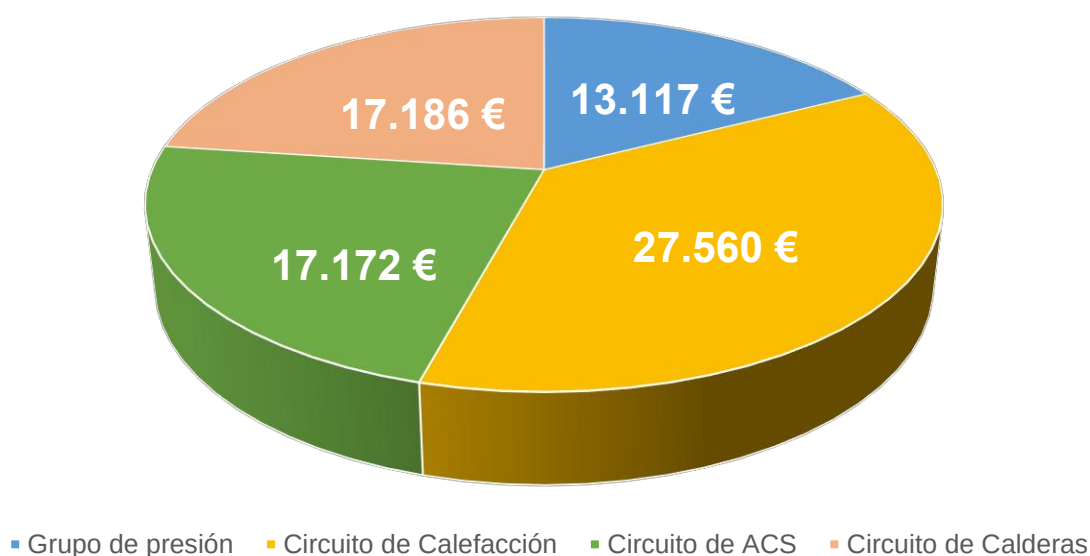


Figura 66. Diagrama del gasto inicial por circuito.
Fuente: propia.

2.2. COSTES DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

En la realidad, este coste depende mucho de la instaladora encargada del proyecto. Sin embargo, Grundfos tiene un servicio de instalación y puesta en marcha cuando el negocio que se realiza es un B2C y no un B2B como suele realizar²³.

En este caso, no solo hay que instalar las bombas nuevas, además hay que retirar las bombas antiguas. Tras consultarlo a la empresa, incurrimos en el siguiente coste:

Tabla 31. Estudio LCC: costes de instalación y puesta en marcha.
Fuente: propia

Concepto	% DEL PRESUPUESTO A PVP	C.	Total
Servicio de instalación y puesta en marcha	50 %	1	37.517,50 €

2.3. COSTES ENERGÉTICOS

Como se ha mencionado antes, este coste deberá salir negativo ya que es esto, precisamente, el motivo principal del cambio de sistema de bombeo.

No se va a repetir aquí todo lo expuesto en el apartado “[Análisis de los ahorros energéticos](#)”, sin embargo, se extraerán las conclusiones principales de ese estudio de eficiencia.

Considerando la tarifa plana que tiene el colegio, se harán los cálculos para un precio de 0,10€/kWh. De esta forma, incurrimos en un ahorro que se muestra a continuación.

Tabla 32. Estudio LCC: costes energéticos.
Fuente: propia

Concepto	Anuales	Años	Total
Costes energéticos	6.755,60 €	10	-67.556,00€

²³ B2C y B2B son las abreviaturas de: “Business To Customer” y “Business To Business”.

2.4. COSTES DE OPERACIÓN

En estos costes, suelen incurrir actividades como Prevención de Riesgos Laborales o la supervisión de los equipos por parte de un profesional cualificado.

En la instalación (Colegio SEK-Ciudalcampo), hay varios profesionales dedicados específicamente al mantenimiento de la instalación en tanto que supervisión (no realizan reparaciones complejas). Debido a ello, estos costes no computan al presupuesto general del proyecto ya que, se haga o no el proyecto, ese coste se tendrá que asumir igual.

En conclusión, y por todo lo expuesto en el párrafo anterior, se asumen los **costes de operación nulos**.

2.5. COSTES DE MANTENIMIENTO

Como se ha manifestado anteriormente, a pesar de que los costes de operación sean asumidos por el colegio igualmente y por ello no computen al total del proyecto, sí deben de incluirse los costes en los que se incurre cuando un producto instalado necesita un mantenimiento (p. ej.: cambio de aceite) y cuando se necesita una reparación.

▪ Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento es el que se realiza a la bomba periódicamente con el fin de que no aparezca una avería para la cual haya que sacar a la bomba de la instalación.

Por ello, las comercializadoras de bombas suelen ofrecer un contrato de mantenimiento con una duración concreta, y que pagada en la inversión inicial, incluye el mantenimiento de los siguientes años. Tras consultarlo a la empresa:

Tabla 33. Estudio LCC: costes de mantenimiento preventivo.
Fuente: propia

Concepto	PVP	C.	Total
Servicio de mantenimiento a 6 años	6.000,00 €	1	6.000,00 €

▪ Mantenimiento correctivo

Básicamente, este mantenimiento tiene en cuenta las reparaciones que se deba realizar a cualquier aparato de la instalación, sea bomba o sea cuadro de control.

Dado que este coste es imprevisible (si no, se estaría comentando el apartado anterior), se asumirá que el valor de las reparaciones en 10 años es de un 10% del PVP de las bombas, así pues:

Tabla 34. Estudio LCC: mantenimiento correctivo..
Fuente: propia

Concepto	% SOBRE PRESUPUESTO	PRECIO (IVA incl.)	C.	Total
Reparaciones de las bombas, motores o cuadro	10 %	7.503,50 €	1	7.503,50 €

2.6. COSTES DE TIEMPO DE AVERÍA Y MEDIO-AMBIENTALES

En primer lugar, el colegio no pierde dinero porque una bomba deje de funcionar o porque temporalmente la instalación no satisfaga toda la demanda, por lo que se asumen los **costes de tiempo de avería nulos**.

En cuanto a los costes medioambientales, hay que destacar que lo que se pretende realizar es una sustitución, por lo que no existe ningún coste ambiental debido a este proyecto. En definitiva, al igual que el coste de avería, se asumen los **costes medioambientales nulos**.

2.7. COSTES DE RETIRADA

Para terminar con el análisis de los Costes de Ciclo de Vida (LCC), se examinan los costes en los que se incurren cuando se desmantelan los equipos.

Este cálculo, se realizará consultando el peso de todas las bombas presentes en la instalación y, posteriormente, aplicando un coste €/kg que cobrará un equipo de operarios teniendo en cuenta además el transporte de los productos, que se estimará de un 10% del total.

Tabla 35. Estudio LCC: costes de retirada.
Fuente: propia

Fila	Posición	Nombre producto	Peso [kg]	Precio [€/kg]	Total
0.0	G00	Control MPC-EC	287	5,00 €	1.435,00 €
1.0	G01	CM10-6 (instalada)	0	5,00 €	- €
2.0	G02 & G03	CM10-6 (nuevas)	52	5,00 €	260,00 €
4.0	B01 & B02	TPE 100-200/2-S	120	5,00 €	600,00 €
6.0	B03 & B04	MAGNA3 80-60 F	29,1	5,00 €	145,50 €
8.0	B05 & B06	MAGNA3 40-120 F	17,6	5,00 €	88,00 €
10.0	B07 & B08	MAGNA3 32-120 F N	17,5	5,00 €	87,50 €
12.0	B09 & B10	MAGNA3 32-120 F N	17,5	5,00 €	87,50 €
14.0	B11 & B12	MAGNA3 32-120 F N	17,5	5,00 €	87,50 €
16.0	B15 & B16	MAGNA3 65-100 F	23,8	5,00 €	119,00 €
18.0	B17 & B18	MAGNA3 100-120 F	37,3	5,00 €	186,50 €
19.0	-	Transporte	619,3	0,50 €	309,65 €
TOTAL					3.406,15 €

2.8. PRESUPUESTO TOTAL

Finalmente, se deduce el presupuesto total a partir de la ecuación que describe el cálculo del LCC, expuesta al principio de esta parte. Se ha realizado el presupuesto en base a diez años, por lo que se destaca que se tendrá un ahorro significativo, de manera que se obtendrán unos costes energéticos negativos.

Tras haber analizado cada coste por separado, a continuación se muestra el total de totales:

Tabla 36. Presupuesto general.
Fuente: propia

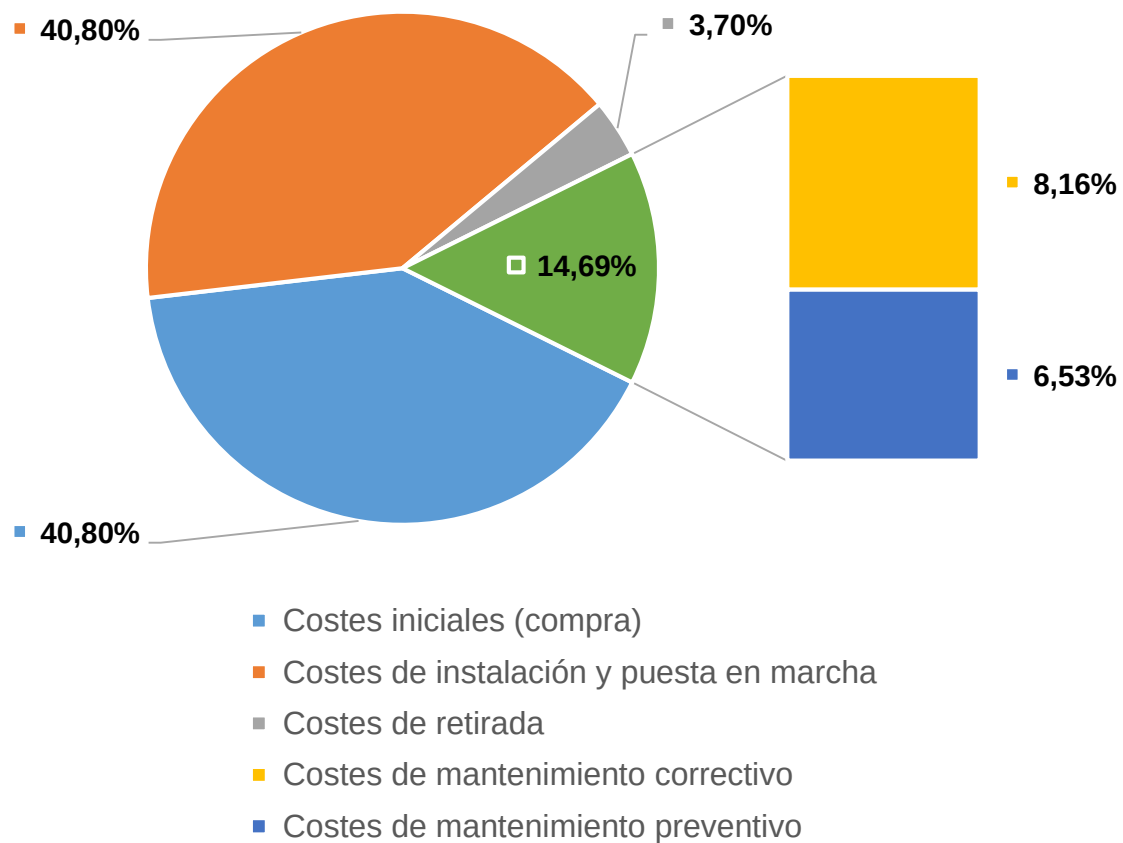
Concepto	Total
Costes iniciales (compra)	37.517,50 €
Costes de instalación y puesta en marcha	37.517,50 €
Costes energéticos a 10 años	-67.556,04 €
Costes de mantenimiento	13.503,50 €
Costes de retirada	3.406,15 €
PRESUPUESTO TOTAL	24.388,61 €

Por tanto, el presupuesto de la renovación del sistema de bombeo del colegio SEK-Ciudalcampo asciende a **veinticuatro mil trescientos ochenta y ocho euros (24.388,61€)**.

■ Representación gráfica

Sin tener en cuenta los costes energéticos (no se pueden representar por ser negativos), se lleva a cabo un diagrama con el coste según cada concepto.

En verde, se muestran los costes de mantenimiento, y dentro de éstos, el porcentaje entre predictivo y correctivo.



*Figura 67. Representación gráfica de los costes LCC (excluyendo energéticos).
Fuente: propia.*

PARTE V:

BIBLIOGRAFÍA



1. ABB. (2014). *TECHNICAL NOTE: IEC 60034-30-1 standard on efficiency classes for low voltage AC motors*. Recuperado el 8 de marzo de 2018, de la página web de ABB:
[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/20a5783a8b31d05748257c140019cc05/\\$FILE/TM025+EN+RevC+01-2012 IEC60034-30.lowres.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/20a5783a8b31d05748257c140019cc05/$FILE/TM025+EN+RevC+01-2012%20IEC60034-30.lowres.pdf)
2. Acerinox. (s.f.). *Datos técnicos del acero AISI 316*. Recuperado el 23 de marzo de 2018, de la página web de Acerinox:
<http://www.acerinox.com/es/productos/tipos-de-acero/EN-1.4401---AISI-316/>
3. Armstrong Fluid Technology Lim. (10 de marzo de 2015). *MINIMUM EFFICIENCY INDEX: DATA SHEET*. Recuperado el 3 de marzo de 2018, de la página web de Armstrong:
http://armstrongfluidtechnology.com/~media/documents/installation_maintenance_parts/datasheets/43_17uk_mei_table_for_armstrong_literature.pdf?la=en-gb
4. Bombas Grundfos España, S. A. (s.f.). *Enciclopedia: Variador de frecuencia*. Recuperado el 16 de febrero de 2018, de la página web de Grundfos:
https://es.grundfos.com/Servicio_mantenimiento_bombas/buscar_enciclopedia/frequency-converter.html
5. Bombas Grundfos España, S. A. (s.f.). *Meet the water and energy challenge NOW*. Recuperado el 29 de enero de 2018, de la página web de Grundfos:
<https://es.grundfos.com/water-energy/meet-the-water-and-energy-challenge-now.html>
6. Bombas Grundfos S. A. (enero de 2017). *Tarifa Bombas Grundfos 2017*. Madrid.
7. Chesterton Company. (2018). *Catálogo 2018: Sello de Laberinto Polimérico*. Recuperado el 10 de febrero de 2018, de la página web de Chesterton:
<http://www.chestertoncompany.com/ES/Products/Pages/Product.aspx?ProductLine=EPS&Category=Rotary+Seals&ModelID=Polymer+Labyrinth+Seal>



8. De Almeida, A. T., Ferreira, F., & Fong, J. (12 de noviembre de 2010). Standards for Efficiency of Electric Motors. *IEEE INDUSTRY APPLICATIONS MAGAZINE*(17), 12-19.
9. De Almeida, A., Ferreira, F., & Quintino, A. (10 de julio de 2013). Technical and Economical Considerations on Super High-Efficiency Three-Phase Motors. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*, 50(2), 1275.
10. European Union. (26 de junio de 2012). COMMISSION REGULATION (EU) N° 547/2012, of 25 June 2012, implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for water pumps. Official Journal of the European Union L 165/28, 26 June 2012, pp. 1-2.
11. Grundfos. (19 de enero de 2017). *IE5 motors: Meet Global Senior Program Manager Preben Poulsen and learn more about the benefits of IE5 motors (video)*. Recuperado el 9 de mayo de 2018, de la página web corporativa de Grundfos (internacional):
<https://www.grundfos.com/grundfos-for-engineers/featured-themes/ie5.html>
12. Grundfos. (2018). *Grundfos Product Center*. Obtenido de la página web de Grundfos España:
<https://product-selection.grundfos.com/front-page.html?qcid=375487814>
13. ICAI. (2017-2018). *Apuntes asignatura: Turbomáquinas Térmicas e Hidráulicas*. Madrid, España.
14. Mardones, I. G. (26 de junio de 2000). *16 pozos del acuífero de Madrid contienen arsénico por encima de los límites admisibles*. Recuperado el 23 de marzo de 2018, de la página web del periódico El País:
https://elpais.com/diario/2000/06/26/sociedad/961970408_850215.html
15. MYG Inc. Motores Eléctricos. (s.f.). *Variadores de Frecuencia. Ventajas y desventajas*. Recuperado el 20 de febrero de 2018, de web de Motores Y Generadores:
<https://motoresygeneradores.com/news-feeds/variadores-de-frecuencia/125-variadores-de-frecuencia-ventajas-y-desventajas>

16. NEMA. (2018). *NEMA: The Association of Electrical Equipment and Medical Imaging Manufacturers*. Recuperado el 10 de marzo de 2018, de la página web de NEMA:
<https://www.nema.org/Policy/Washington-Watch/pages/default.aspx>
17. Pérez, E. (2017). *Grundfos Eacademy: Pumps and applications*. Madrid, España: Bombas Grundfos, S. A.
18. Saci Pumps. (s.f.). *Catálogo "K TWIN IMPELLER PUMPS"*.
19. Sanz Fernández, Í. (sept-oct de 2003). El coste de ciclo de vida en las bombas. *Anales de mecánica y electricidad*.
20. Schonek, J. (septiembre de 2012). *Nota técnica. Eficiencia energética: ventajas del uso de los variadores de velocidad en la circulación de fluidos*. (M. Á. Toto, Ed.) Recuperado el 21 de febrero de 2018, de la Colección de Cuadernos técnicos de Schneider Electric, vista en la página web de Editores S.R.L.:
http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/269/eficiencia_energetica
21. Sedical. (1995-1996). *Catálogo 1995-1996: "SIM SDM SIP SDP SIL SDL - Booklet 50Hz"*.
22. Sedical. (1995-1996). *Catálogo 1995-1996: "SP(D) SM(D) SE(D) SA SAM SA(D)P - Booklet 50Hz"*.
23. Sedical. (2003-2004). *Catálogo 2003-2004: "SP(D) SM(D) SE(D) SA SAM SA(D)P - Booklet 50Hz"*.
24. Siemens AG. (2017). *Efficiency classes for IEC line motors*. Recuperado el 8 de marzo de 2018, de la página web de Siemens:
<https://w3.siemens.com/drives/global/en/motor/low-voltage-motor/efficiency-standards/pages/line-motors.aspx>
25. Stoffel, B. (2011). *EUROPUMP ROUNDTABLE: What it means in technical terms - the work done so far with Ecopump* -. Technische Universität Darmstadt.
26. Unión Europea. (2005). *DIRECTIVA 2005/32/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 6 de julio de 2005, por la que se instaure un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE del Consejo y las Directivas 96/57/CE y 2000/55/CE*



del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea L 191/29, 22 de julio de 2005, pp 6.

27. Unión Europea. (25 de junio de 2012). REGLAMENTO (UE) N° 547/2012 DE LA COMISIÓN, de 25 de junio de 2012, por el que se aplica la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para las bombas hidráulicas. Diario Oficial de la Unión Europea L 165/28, 26 de junio de 2012, pp 1-2.
28. WEG. (s.f.). *Políticas de eficiencia energética alrededor del mundo*. Recuperado el 10 de marzo de 2018, de la página web de Interempresas (Feria Virtual):
[https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87411/Políticas-de-Eficiencia-Energetica-alrededor-del-Mundo -
_Presentacion.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87411/Políticas-de-Eficiencia-Energetica-alrededor-del-Mundo_-_Presentacion.pdf)
29. Xylem Applied Water Systems. (febrero de 2017). *How to calculate Life Cycle Costs and payback times: An example*. Recuperado el 17 de mayo de 2018, de la página web de Xylem Inc.:
<http://lowara.com/2017/05/08/how-to-calculate-life-cycle-cost-payback-times/>

PARTE VI:

ANEXOS



TABLA DE CONTENIDOS PARTE VI: ANEXOS

1.	FICHAS TÉCNICAS DE LA NUEVA INSTALACIÓN	144
2.	FICHAS TÉCNICAS DE LAS BOMBAS ANTIGUAS	191
2.1.	Ficha técnica GRUNDFOS CM10-6 (punto G01).....	192
2.2.	Ficha técnica bomba SACI K55T (punto G02)	194
2.3.	Fichas técnicas bombas SEDICAL (sala de calderas)	195



1. FICHAS TÉCNICAS DE LA NUEVA INSTALACIÓN

Por cada modelo de bomba se podrá encontrar:

- Foto de la bomba y explicación técnica
- Ficha técnica y curvas de la bomba
- Esquema dimensional
- Esquema eléctrico

Posición	Su pos.	Contar	Descripción	Unit Price (€)	Precio tot. (€)
0.0	G00	1	99065064 Control MPC-EC 2 x 30,00 E		
1.0	G01	1	96935488 CM10-6 A-R-G-E-AVBE		
2.0	G02 & G03	2	98979300 CM10-6 A-R-G-E-AQQE	2.108,00	4.216,00
4.0	B01 & B02	2	99114837 TPE 100-200/2-S A-F-A-BQQE	7.971,00	15.942,00
6.0	B03 & B04	2	97924317 MAGNA3 80-60 F	3.501,00	7.002,00
8.0	B05 & B06	2	97924270 MAGNA3 40-120 F	2.308,00	4.616,00
10.0	B07 & B08	2	97924346 MAGNA3 32-120 F N	2.862,00	5.724,00
12.0	B09 & B10	2	97924346 MAGNA3 32-120 F N	2.862,00	5.724,00
14.0	B11 & B12	2	97924346 MAGNA3 32-120 F N	2.862,00	5.724,00
16.0	B15 & B16	2	97924297 MAGNA3 65-100 F	3.317,00	6.634,00
18.0	B17 & B18	2	97924315 MAGNA3 100-120 F	5.276,00	10.552,00
			Total		66.134,00

Posición	Contar	Descripción
0.0	1	Control MPC-EC 2 x 30,00 E  Advierta! la foto puede diferir del actual producto Código: 99065064 Grundfos Control MPC is a control cabinet with a CU 352 control unit that permits monitoring and control of up to six identical pumps connected in parallel. Our control solutions share advanced algorithms that built on 70 years' experience of controlling Grundfos pumps and decades of iterative development by Grundfos engineers. Control MPC knows exactly which – and how many – pumps to control, and will optimize performance and minimize energy consumption based on user-supplied pump curve data. With Control MPC, there are no communication barriers. You are free to choose between a wide range of operating languages, and Control MPC supports communication with monitoring equipment or other external units via a number of different communication protocols. Control MPC offers perfect solutions to building services, water utilities and industry application areas.. • Pressure Boosting • Water Supply Networks • Irrigation • HVAC All it takes for you to start enjoying the Control MPC benefits is to follow the simple installation wizard, which helps you set the desired parameters in the correct sequence. Benefits: • Reliable and easy to use • Minimized energy consumption • Pipe protection and leakage control • Pump protection • Reduced downtime Key Features: • Constant Pressure – By constantly adapting the speed of the pumps to the flow demand, we secure very high consumer comfort and system protection. • Energy Reduction – CU 352 uses the pump curve data to determine the most efficient speed and number of pumps in order to meet exactly the desired flow and pressure and thereby reduce wasted energy. • System overview – Nice system overview via pump animation and icons on color screen. • Soft pressure build-up – reduces stress on the piping system, as a predefined number of pumps and the speed controls the restart of the system. • Dry-running protection – increase your system reliability and decrease maintenance costs. • Alarm & Warnings – real time alarms and warnings on the color display reduces downtime. • Alarm & Warnings logger – storage of up to 24 alarms and warnings makes fault analyzing easier. • Monitoring – the CU 352 holds several monitoring possibilities such as pressure level, pump outside duty range, this gives you great system insights. • Logged data – valuable insights available on the big color screen or exported to a PC for further analysis. • Protective functions – Several functions ensure reliable and safe operation and the result is longer lifetime. • Clock program – setpoint automatically reduced to the required value at any given time which means money saved on energy. • Flow estimation – the controller can based on pump curve data estimate flow without using a flowmeter. • Redundancy – it is possible to assign one or more standby pumps, these will take over in case of failure. •

Pump test run – prevents pumps from seizing up and liquid from decaying in the pumps and removes trapped air.

- Emergency run – pumps keep running regardless of warnings and alarms.
- Forced pump changeover – setting of pump changeover so the pumps run for the same number of operation hours.
- Fall back sensor - If the Primary sensor fails, the system will automatically be regulating on the fallback sensor at a predefined setpoint, thereby you avoiding downtime in case of primary sensor fault.
- Low flow stop function - pump protection
- Communication – Ethernet, PLC via IO 351, Modbus-Profibus-LON-GSM-GPRS via CIU modules.
- Multi language - wide range of operating languages.

Paneles control:

Dry running protection:	Digital on/off
Emergency operation switch:	N
Redundant primary sensor:	Y
Operating light pump:	N
Fault light pump:	N
IO 351B Interface:	N
Voltmeter:	N
Amperemeter:	N
Repair switch on wiring diagram:	Y
Standard version:	A

Técnico:

Number of pumps:	2
------------------	---

Instalación:

Cabinet mounting:	Floor standing
-------------------	----------------

Datos eléctricos:

Potencia (P2) bomba principal:	30 kW
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 400 V
Intensidad nominal del sistema:	110 A
Rango intensidad bomba principal:	45.8 .. 61 A
Grado de protección (IEC 34-5):	IP54

Otros:

Peso neto:	287 kg
------------	--------

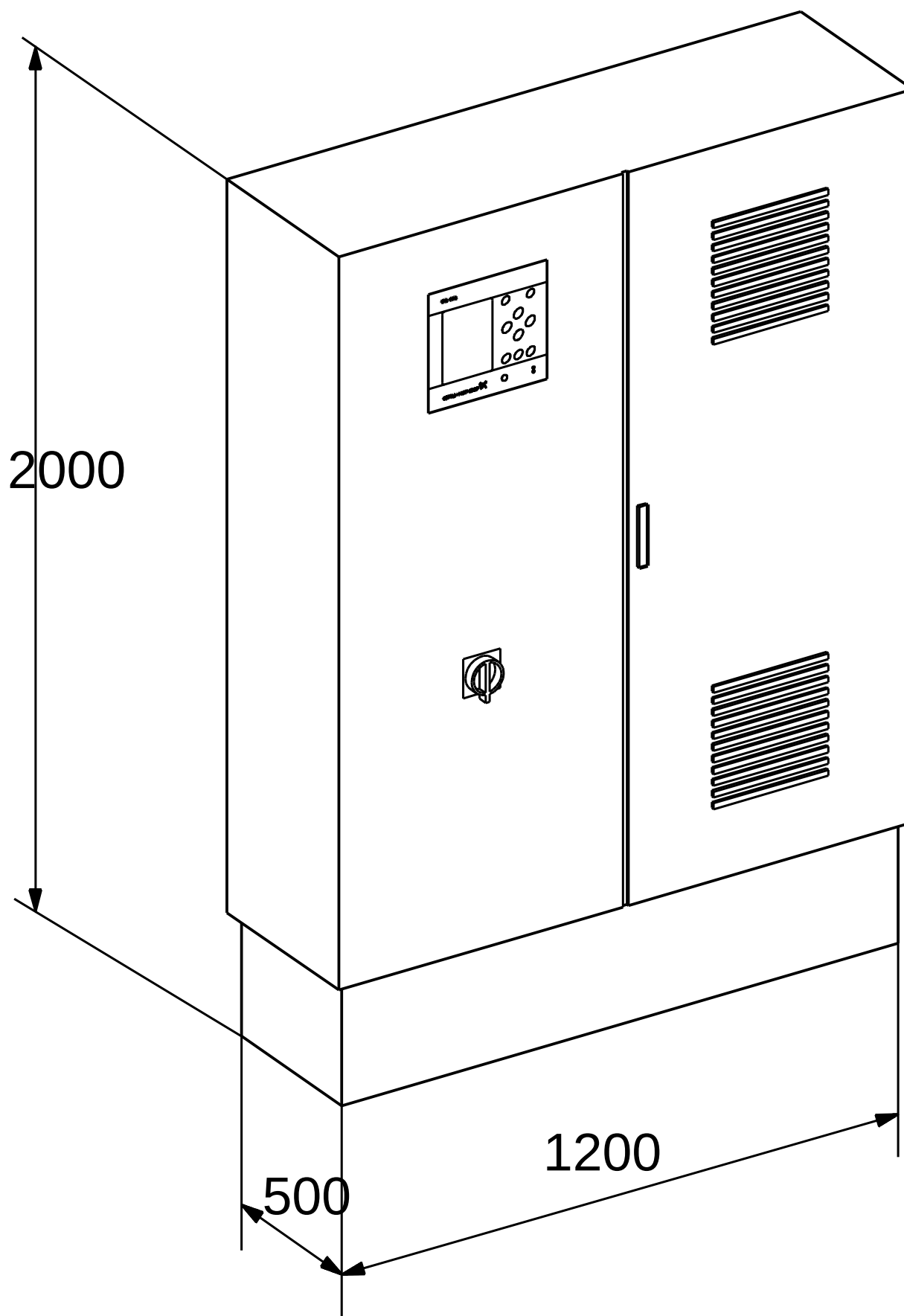


Empresa: Bombas Grundfos España
Creado Por: Eduardo Marín Acosta
Teléfono:

Datos: 16/07/2018

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	Control MPC-EC 2 x 30,00 E
Código::	99065064
Posición	0.0
Número EAN::	5712606081974
Técnico:	
Number of pumps:	2
Instalación:	
Cabinet mounting:	Floor standing
Datos eléctricos:	
Potencia (P2) bomba principal:	30 kW
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 400 V
Intensidad nominal del sistema:	110 A
Rango intensidad bomba principal:	45.8 .. 61 A
Grado de protección (IEC 34-5):	IP54
Paneles control:	
Control type:	EC
Panel de control:	CU 352
Dry running protection:	Digital on/off
Emergency operation switch:	N
Redundant primary sensor:	Y
Operating light pump:	N
Fault light pump:	N
IO 351B Interface:	N
Voltmeter:	N
Amperemeter:	N
Repair switch on wiring diagram:	Y
Standard version:	A
Otros:	
Peso neto:	287 kg

99065064 Control MPC-EC 2 x 30,00 E 50 Hz



Posición	Contar	Descripción
1.0	1	CM10-6 A-R-G-E-AVBE  Código: 96935488 CM es una bomba centrífuga horizontal multicelular compacta, de acoplamiento cerrado con: 3-fases, 220-240D/380-415Y V, 50 Hz. Motor en base. Es de aspiración axial y descarga radial con un cierre especialmente diseñado.AVBE. Eje, impulsores, cámaras y tapones de llenado fabricados en acero inoxidable. Aspiración y descarga fabricados en Acero inoxidable. CM puede también funcionar como una CME conectado un CUE al motor. Consultar Win/WebCAPS para más información sobre CUE. Líquido: Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -20 .. 40 °C Liquid temperature during operation: 20 °C Densidad: 998.2 kg/m³ Técnico: Velocidad para datos de bomba: 2900 rpm Caudal real calculado: 10 m³/h Altura resultante de la bomba: 78.3 m Código del cierre. 1:Tipo 2:Carra giratoria 3:Carra estacionaria 4:Cierre secunda.: AVBE Homologaciones en placa: CE,WRAS,ACS,TR,EAC Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B Materiales: Cuerpo hidráulico: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316 Impulsor: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316 Caucho: EPDM Instalación: Temperatura ambiental máxima: 55 °C Presión de trabajo máxima: 10 bar Presión máxima a la temp. declarada: 10 bar / 40 °C Tipo de brida: ROSCA WHITWORTH RP Aspiración: Rp 1 1/2 Descarga: Rp 1 1/2 Datos eléctricos: Tipo de motor: 100LB Clase eficiencia IE: IE2 Potencia nominal - P2: 4 kW Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 3 x 220-240D/380-415Y V Factor de trabajo: 1 Corriente nominal: 14,0-13,2/8,20-7,80 A Intensidad de arranque: 850-950 % Velocidad nominal: 2900-2920 rpm Rendimiento del motor a carga total: 85.8 % Grado de protección (IEC 34-5): IP55 Clase de aislamiento (IEC 85): F

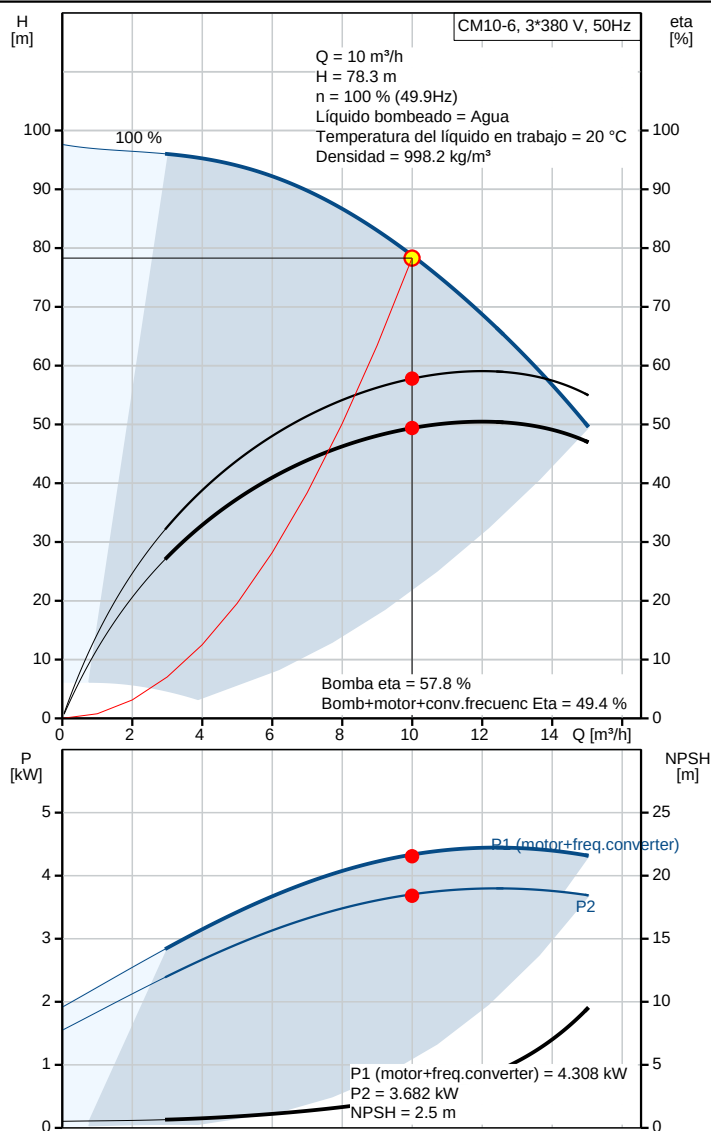


Empresa: Bombas Grundfos España
Creado Por: Eduardo Marín Acosta
Teléfono:

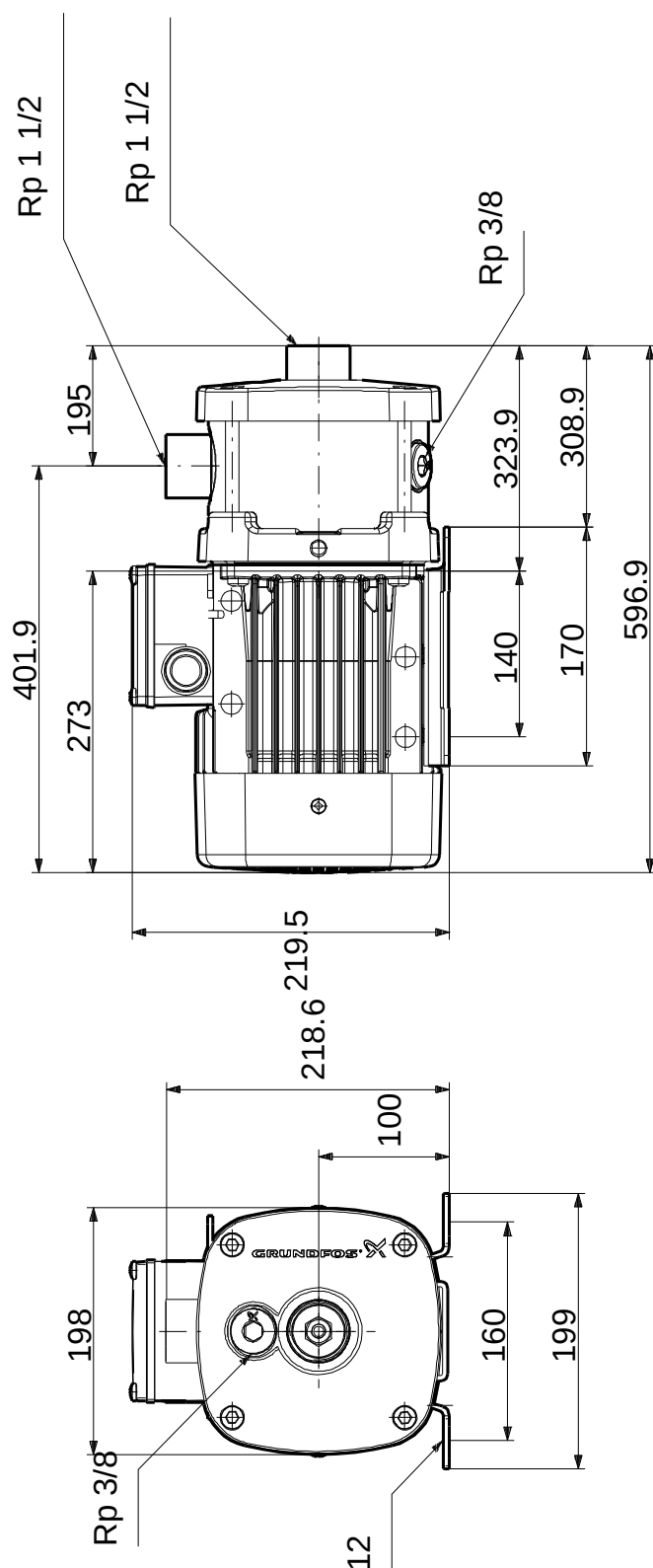
Datos: 16/07/2018

Posición	Contar	Descripción
		Otros: Índice eficiencia mínima, MEI ≥: 0.52 Peso neto: 37.7 kg Peso bruto: 40.2 kg Country of origin: HU Custom tariff no.: 84137075

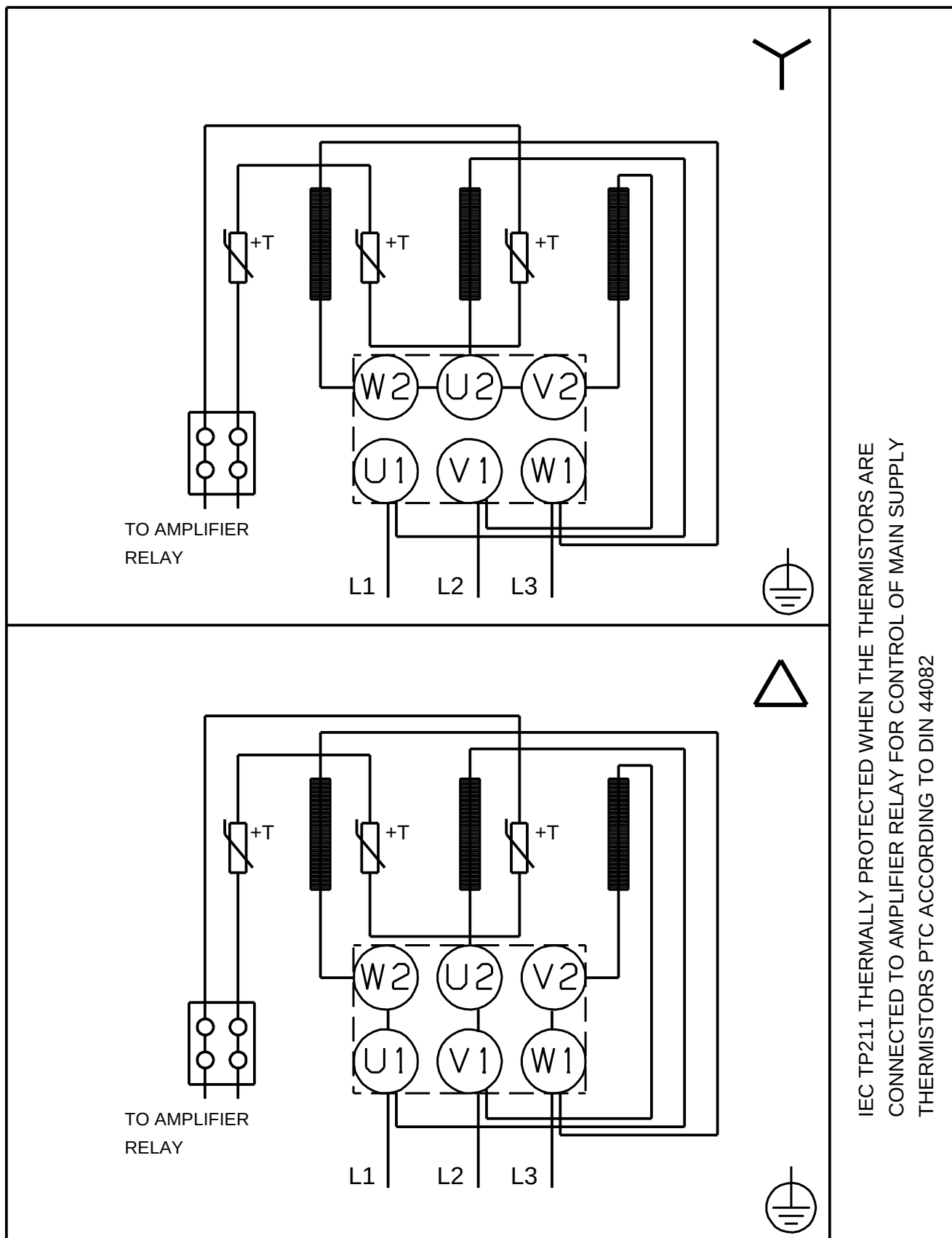
Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	CM10-6 A-R-G-E-AVBE
Código::	96935488
Posición	1.0
Número EAN::	5700314053963
Técnico:	
Velocidad para datos de bomba:	2900 rpm
Caudal real calculado:	10 m³/h
Altura resultante de la bomba:	78.3 m
Impulsores:	6
Código del cierre. 1:Tipo 2:Cara giratoria 3:Cara estacionaria 4:Cierre secunda.:	AVBE
Homologaciones en placa:	CE,WRAS,ACS,TR,EAC
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba:	A
Modelo:	A
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316
Impulsor:	Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316
Código de material:	G
Caucho:	EPDM
Código para caucho:	E
Instalación:	
Temperatura ambiental máxima:	55 °C
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Presión máxima a la temp. declarada:	10 bar / 40 °C
Tipo de brida:	ROSCA WHITWORTH RP
Código de conexión:	R
Aspiración:	Rp 1 1/2
Descarga:	Rp 1 1/2
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-20 .. 40 °C
Liquid temperature during operation:	20 °C
Densidad:	998.2 kg/m³
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	100LB
Clase eficiencia IE:	IE2
Potencia nominal - P2:	4 kW
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 220-240D/380-415Y V
Factor de trabajo:	1
Corriente nominal:	14,0-13,2/8,20-7,80 A
Intensidad de arranque:	850-950 %
Velocidad nominal:	2900-2920 rpm
Rendimiento del motor a carga total:	85.8 %
Grado de protección (IEC 34-5):	IP55
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección del motor:	TP211
Otros:	
Índice eficiencia mínima, MEI ≥:	0.52
Peso neto:	37.7 kg
Peso bruto:	40.2 kg
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137075



96935488 CM10-6 A-R-G-E-AVBE 50 Hz



96935488 CM10-6 A-R-G-E-AVBE 50 Hz



Posición	Contar	Descripción
2.0	2	CM10-6 A-R-G-E-AQQE  Código: 98979300 CM es una bomba centrífuga horizontal multicelular compacta, de acoplamiento cerrado con: 3-fases, 220-240D/380-415Y V, 50 Hz. Motor en base. Es de aspiración axial y descarga radial con un cierre especialmente diseñado.AQQE. Eje, impulsores, cámaras y tapones de llenado fabricados en acero inoxidable. Aspiración y descarga fabricados en Acero inoxidable. CM puede también funcionar como una CME conectado un CUE al motor. Consultar Win/WebCAPS para más información sobre CUE. Líquido: Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -20 .. 120 °C Liquid temperature during operation: 60 °C Densidad: 983.2 kg/m³ Viscosidad cinemática: 0.48 mm²/s Técnico: Velocidad para datos de bomba: 2900 rpm Caudal real calculado: 10.1 m³/h Altura resultante de la bomba: 80.34 m Código del cierre. 1:Tipo 2:Carra giratoria 3:Carra estacionaria 4:Cierre secunda.: AQQE Homologaciones en placa: CE,WRAS,ACS,TR,EAC Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B Materiales: Cuerpo hidráulico: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316 Impulsor: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316 Caucho: EPDM Instalación: Temperatura ambiental máxima: 55 °C Presión de trabajo máxima: 16 bar Presión máxima a la temp. declarada: 10 bar / 120 °C 16 bar / 90 °C Tipo de brida: ROSCA WHITWORTH RP Aspiración: Rp 1 1/2 Descarga: Rp 1 1/2 Datos eléctricos: Tipo de motor: 112MC Clase eficiencia IE: IE3 Potencia nominal - P2: 4 kW Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 3 x 220-240D/380-415Y V Corriente nominal: 13,8-13,2/8,00-7,65 A Intensidad de arranque: 1120-1230 % Velocidad nominal: 2920-2940 rpm Rendimiento del motor a carga total: 89.2 % Grado de protección (IEC 34-5): IP55 Clase de aislamiento (IEC 85): F

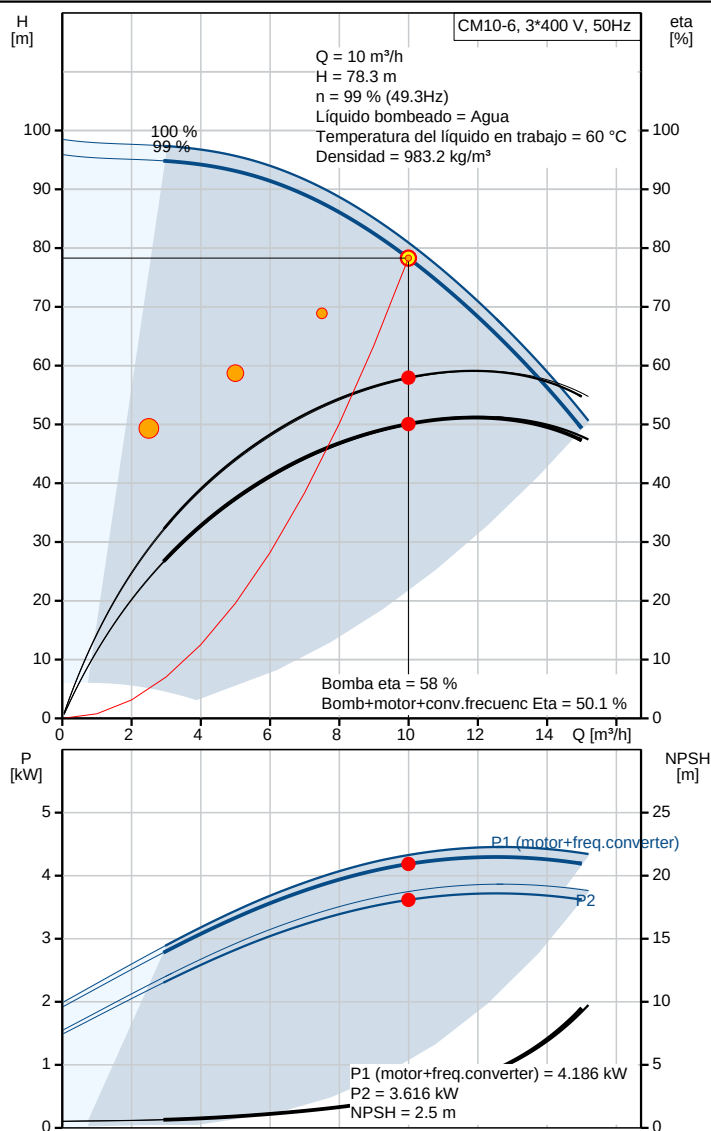


Empresa: Bombas Grundfos España
Creado Por: Eduardo Marín Acosta
Teléfono:

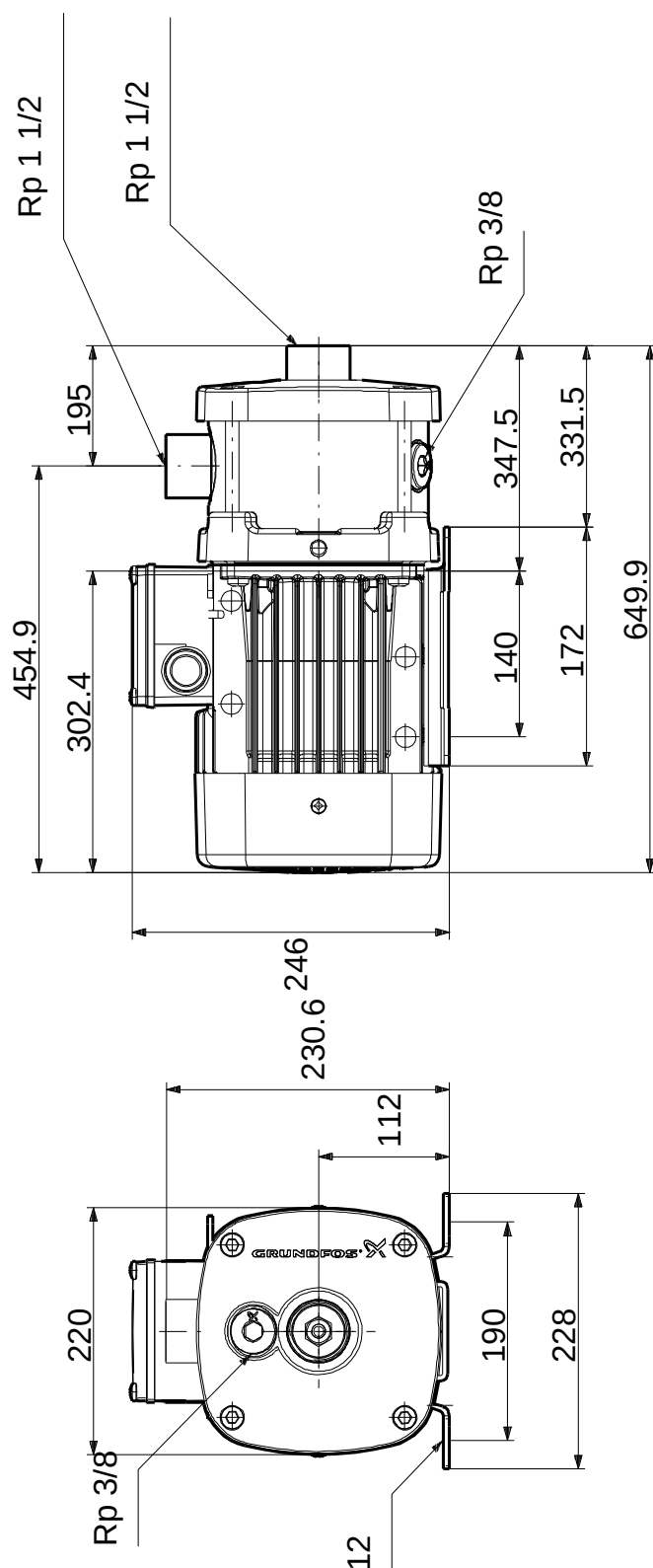
Datos: 16/07/2018

Posición	Contar	Descripción
		Otros: Índice eficiencia mínima, MEI ≥: 0.52 Peso neto: 49.5 kg Peso bruto: 52 kg Country of origin: HU Custom tariff no.: 84137075

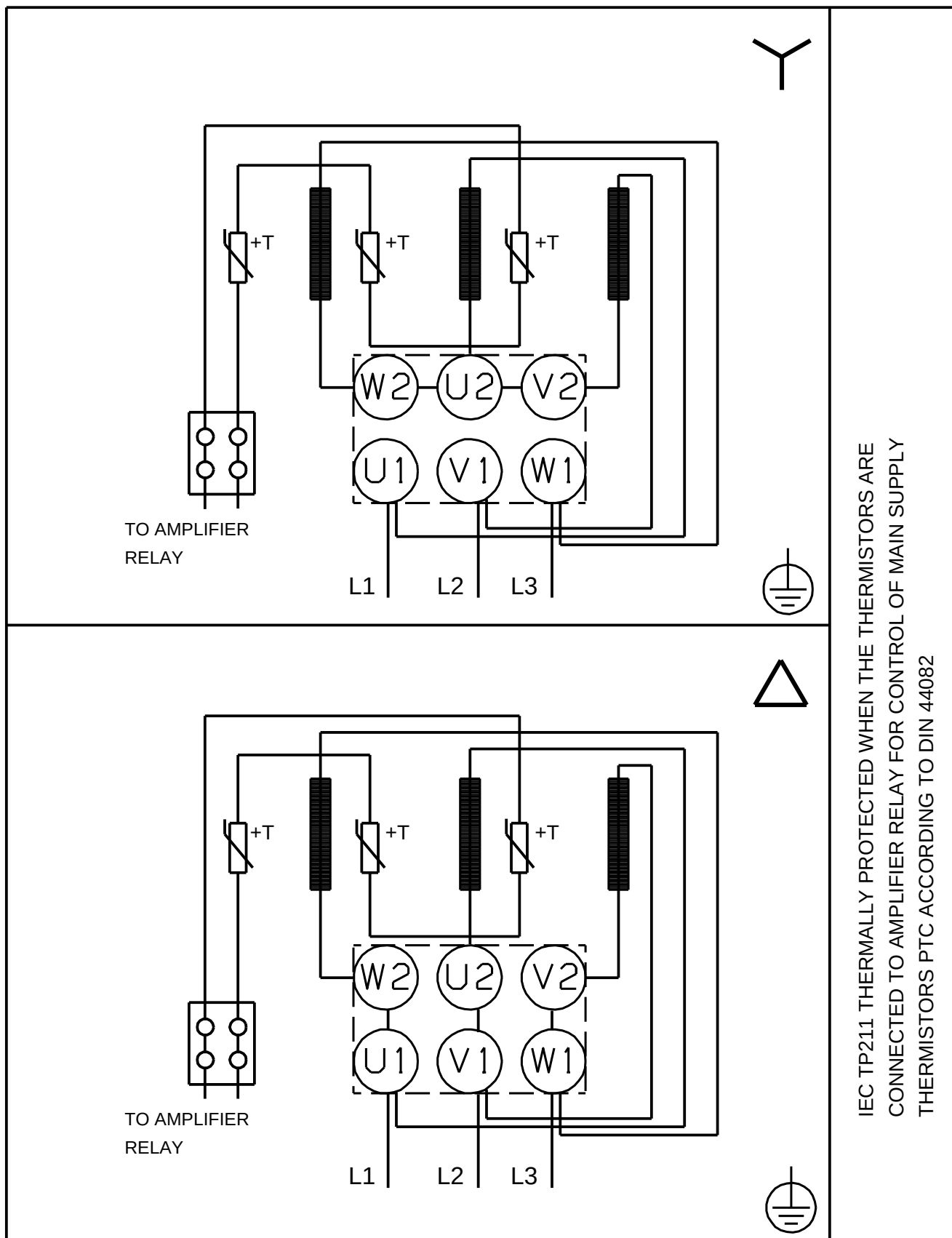
Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	CM10-6 A-R-G-E-AQQE
Código::	98979300
Posición	2.0
Número EAN::	5712604609248
Precio:	2.108,00 €
Técnico:	
Velocidad para datos de bomba:	2900 rpm
Caudal real calculado:	10 m³/h
Altura resultante de la bomba:	78.3 m
Impulsores:	6
Código del cierre. 1:Tipo 2:Cara giratoria 3:Cara estacionaria 4:Cierre secunda.:	AQQE
Homologaciones en placa:	CE,WRAS,ACS,TR,EAC
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba:	A
Modelo:	A
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316
Impulsor:	Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316
Código de material:	G
Caucho:	EPDM
Código para caucho:	E
Instalación:	
Temperatura ambiental máxima:	55 °C
Presión de trabajo máxima:	16 bar
Presión máxima a la temp. declarada:	10 bar / 120 °C 16 bar / 90 °C
Tipo de brida:	ROSCA WHITWORTH RP
Código de conexión:	R
Aspiración:	Rp 1 1/2
Descarga:	Rp 1 1/2
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-20 .. 120 °C
Liquid temperature during operation:	60 °C
Densidad:	983.2 kg/m³
Viscosidad cinemática:	0.48 mm²/s
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	112MC
Clase eficiencia IE:	IE3
Potencia nominal - P2:	4 kW
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 220-240D/380-415Y V
Corriente nominal:	13,8-13,2/8,00-7,65 A
Intensidad de arranque:	1120-1230 %
Velocidad nominal:	2920-2940 rpm
Rendimiento del motor a carga total:	89.2 %
Grado de protección (IEC 34-5):	IP55
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección del motor:	TP211
Otros:	
Índice eficiencia mínima, MEI ≥:	0.52
Peso neto:	49.5 kg
Peso bruto:	52 kg
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137075



98979300 CM10-6 A-R-G-E-AQQE 50 Hz



98979300 CM10-6 A-R-G-E-AQQE 50 Hz



Posición	Contar	Descripción
4.0	2	TPE 100-200/2-S A-F-A-BQQE  Código: 99114837 Bomba de una etapa, acoplamiento cerrado y voluta con puertos de aspiración y descarga en línea de idéntico diámetro. El diseño de la bomba incluye un sistema de extracción superior que facilita el desmontaje del cabezal motor (el motor, el cabezal de la bomba y el impulsor) con fines de mantenimiento o reparación sin necesidad de desconectar las tuberías de la carcasa de la bomba. La bomba está equipada con un cierre de fuelle de caucho no equilibrado. El cierre mecánico satisface los requisitos establecidos por la norma EN 12756. La conexión de las tuberías se lleva a cabo por medio de bridas DIN de PN 16 (normas EN 1092-2 e ISO 7005-2). La bomba está equipada con un motor síncrono de imanes permanentes refrigerado por ventilador. El motor incluye un convertidor de frecuencia y un controlador PI en la caja de conexiones. Ello facilita el control variable y continuo de la velocidad del motor, lo cual, a su vez, permite adaptar el rendimiento a un determinado conjunto de requisitos. La bomba está equipada con un sensor de presión diferencial. Líquido: Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -25 .. 120 °C Liquid temperature during operation: 60 °C Densidad: 983.2 kg/m³ Viscosidad cinemática: 0.48 mm²/s Técnico: Velocidad para datos de bomba: 2920 rpm Caudal real calculado: 85 m³/h Altura resultante de la bomba: 15 m Diámetro real del impulsor: 127 mm Código del cierre. 1:Tipo 2:Cara giratoria 3:Cara estacionaria 4:Cierre secunda.: BQQE Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición EN-JL1040 ASTM A48-40 B Impulsor: Fundición EN-JL1030 ASTM A48-30 B Instalación: Rango de temperaturas ambientes: -20 .. 50 °C Presión de trabajo máxima: 16 bar Tipo de brida: DIN Diámetro de conexiones: DN 100 Presión: PN 16 Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 500 mm Tamaño de la brida del motor: FF265 Datos eléctricos: Tipo de motor: 132SE Clase eficiencia IE: IE5 Potencia nominal - P2: 5.5 kW Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 3 x 380-500 V Corriente nominal: 10.3-8.20 A Cos phi - Factor de potencia: 0.92-0.88 Velocidad nominal: 360-4000 rpm

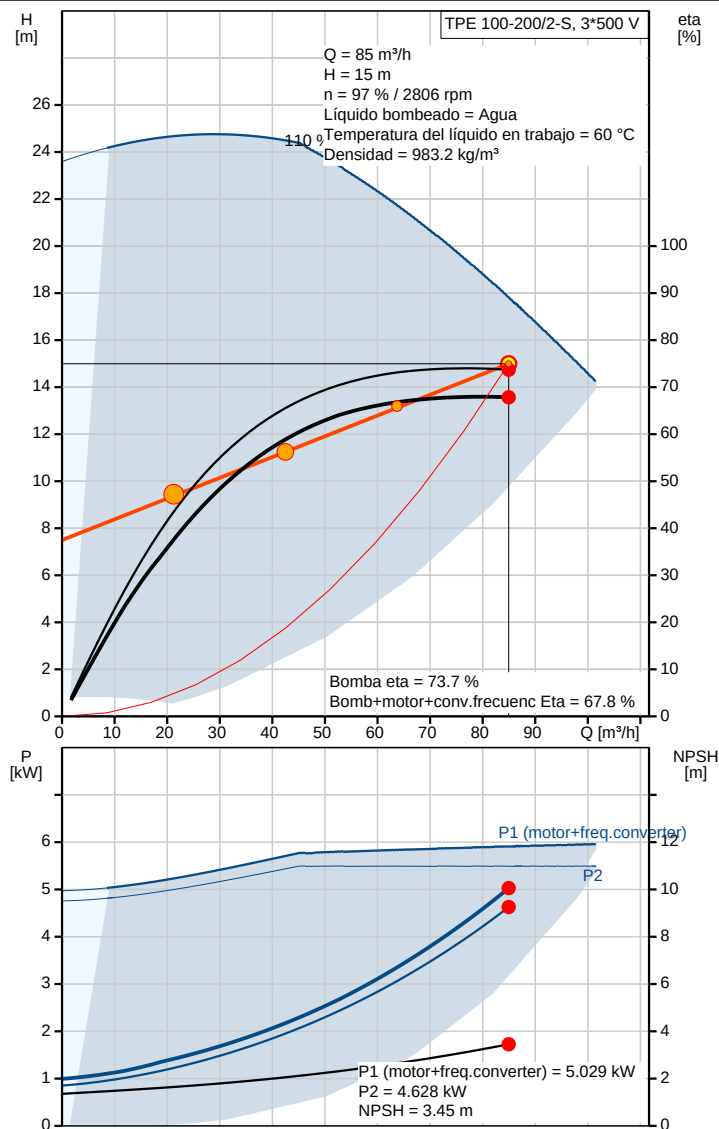


Empresa: Bombas Grundfos España
Creado Por: Eduardo Marín Acosta
Teléfono:

Datos: 16/07/2018

Posición	Contar	Descripción
		Eficiencia: 92.7% Grado de protección (IEC 34-5): IP55 Clase de aislamiento (IEC 85): F Otros: Índice eficiencia mínima, MEI ≥: 0.58 Estado ErP: Prod. independiente (directiva EuP) Peso neto: 101 kg Peso bruto: 120 kg Volumen: 0.39 m3 Country of origin: HU Custom tariff no.: 84137051

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	TPE 100-200/2-S A-F-A-BQQE
Código::	99114837
Posición	4.0
Número EAN::	5712607036881
Precio:	7.971,00 €
Técnico:	
Velocidad para datos de bomba:	2920 rpm
Caudal real calculado:	85 m³/h
Altura resultante de la bomba:	15 m
Altura máxima:	200 dm
Diámetro real del impulsor:	127 mm
Código del cierre. 1:Tipo 2:Cara giratoria BQQE	
3:Cara estacionaria 4:Cierre secunda.:	
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba:	A
Modelo:	A
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
	EN-JL1040
	ASTM A48-40 B
Impulsor:	Fundición
	EN-JL1030
	ASTM A48-30 B
Código de material:	A
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	-20 .. 50 °C
Presión de trabajo máxima:	16 bar
Tipo de brida:	DIN
Código de conexión:	F
Diámetro de conexiones:	DN 100
Presión:	PN 16
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	500 mm
Tamaño de la brida del motor:	FF265
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-25 .. 120 °C
Liquid temperature during operation:	60 °C
Densidad:	983.2 kg/m³
Viscosidad cinemática:	0.48 mm²/s
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	132SE
Clase eficiencia IE:	IE5
Potencia nominal - P2:	5.5 kW
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 380-500 V
Corriente nominal:	10.3-8.20 A
Cos phi - Factor de potencia:	0.92-0.88
Velocidad nominal:	360-4000 rpm
Eficiencia:	92.7%
Grado de protección (IEC 34-5):	IP55
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección del motor:	Sí
Motor N°:	98971271
Paneles control:	
Panel de control:	HMI300 - Advanced
Módulo función:	FM300 (avanzado)
Otros:	
Índice eficiencia mínima, MEI ≥:	0.58
Estado ErP:	Prod. independiente (directiva EuP)
Peso neto:	101 kg
Peso bruto:	120 kg
Volumen:	0.39 m³
Programa N°:	99137778



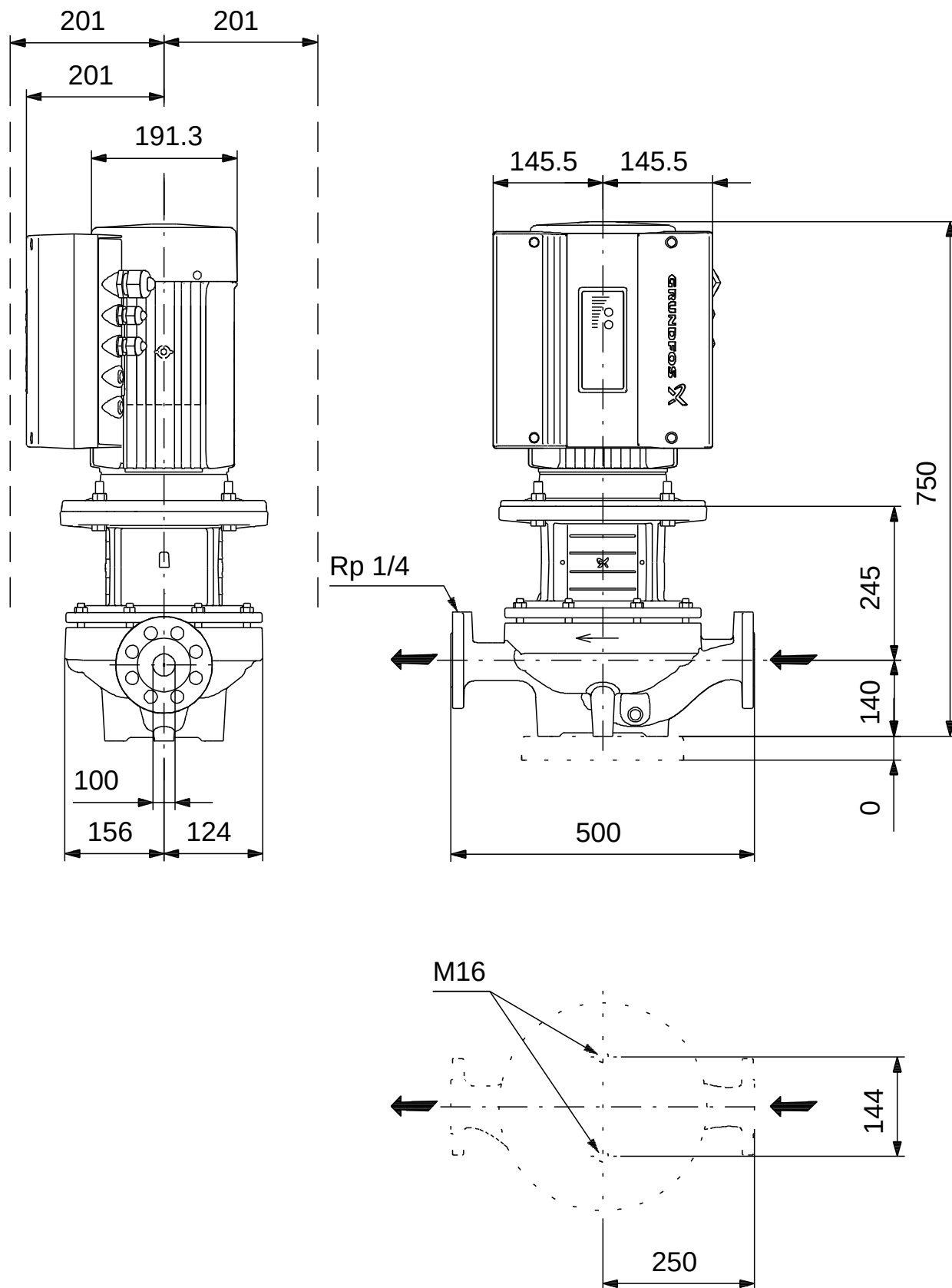


Empresa: Bombas Grundfos España
Creado Por: Eduardo Marín Acosta
Teléfono:

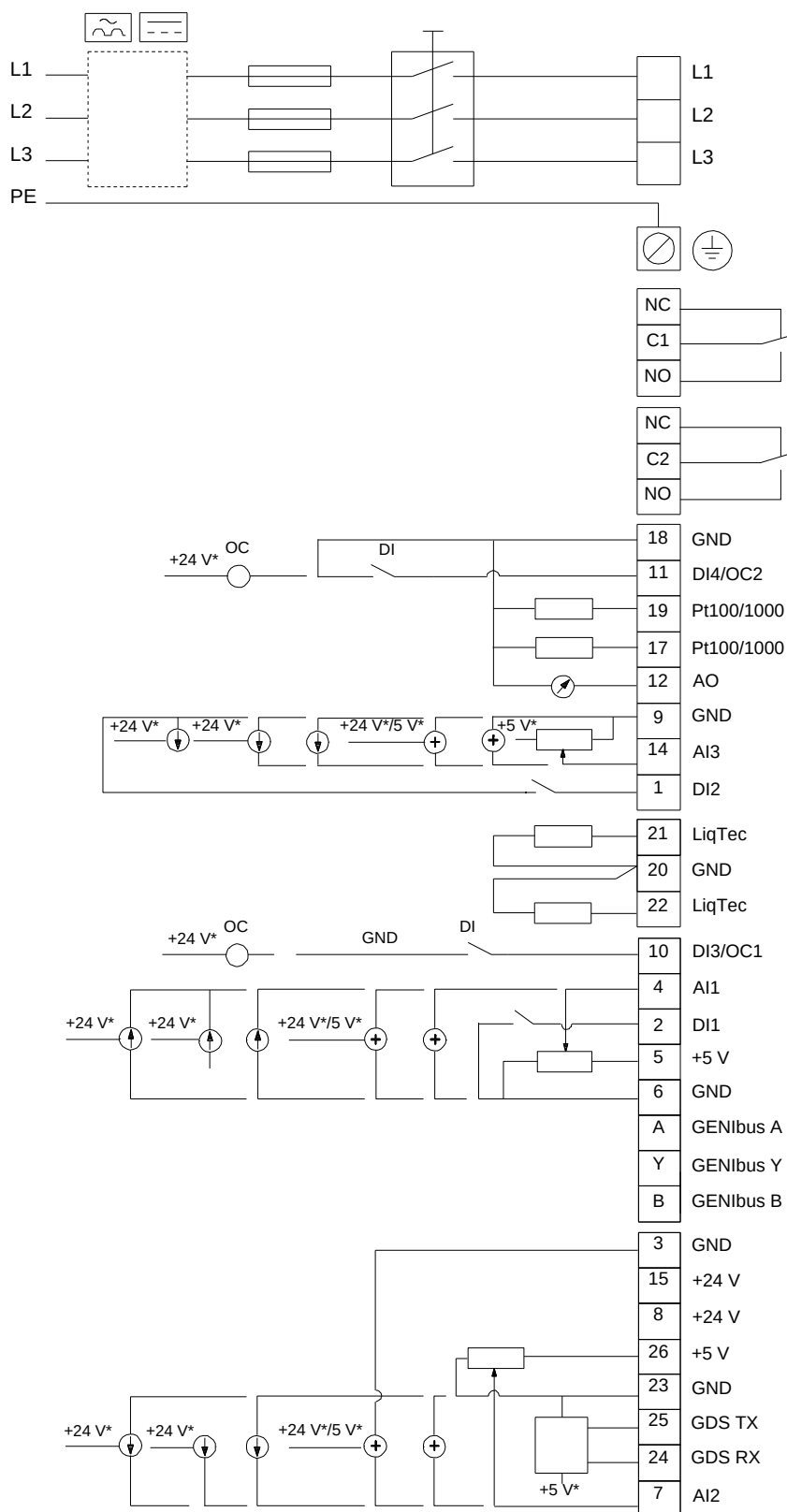
Datos: 16/07/2018

Descripción	Valor
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137051

99114837 TPE 100-200/2-S A-F-A-BQQE 50 Hz



99114837 TPE 100-200/2-S A-F-A-BQQE 50 Hz



Posición	Contar	Descripción
6.0	2	MAGNA3 80-60 F  Código: 97924317 MAGNA3 – Más que una bomba Con una eficiencia nunca vista, una gama muy amplia y funciones adicionales de comunicación que sustituyen a sistemas de componentes, la MAGNA3 es idónea para ingenieros y especificadores que buscan incrementar el rendimiento de los edificios. Esta excepcional bomba encaja tanto en aplicaciones de calefacción como refrigeración, siendo la elección lógica para la mayoría de los proyectos de edificación. MAGNA3 es de tipo rotor encapsulado, es decir, la bomba y el motor forman una única unidad sin cierre mecánico y con solo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados con el líquido bombeado. La innovadora abrazadera con solo un tornillo permite una sustitución sencilla del cabezal de la bomba. La bomba MAGNA3 no requiere mantenimiento y tiene un Coste del Ciclo Vital extremadamente bajo. La bomba se caracteriza por: • controlador integrado en la caja de control • panel de control con una pantalla TFT en la caja de control • caja de control preparada para módulos opcionales CIM • sensor de presión diferencial y de temperatura incorporado • cuerpo de la bomba en fundición (dependiendo del modelo) • rotor en composite reforzado con fibra de carbono • base del cojinete y recubrimiento del rotor en acero inoxidable • cuerpo del estator en aleación de aluminio • electrónica refrigerada por aire La MAGNA3 es una bomba monofásica. Funciones • AUTOADAPT. • FLOWADAPT y FLOWLIMIT (es más que una función de la bomba ya que reduce la necesidad de válvulas de estrangulamiento). • Control de presión proporcional. • Control de presión constante. • Control de temperatura constante. • Curva constante de trabajo. • Curva de trabajo máx. o mín. • Funcionamiento Nocturno Automático. • No requiere protecciones externas del motor. • Carcasas de aislamiento suministrada en las bombas simples para sistemas de calefacción. • Amplio rango de temperaturas donde la temperatura del líquido y la temperatura ambiente son independientes la una de la otra. Comunicación La MAGNA3 permite la comunicación mediante los siguientes dispositivos: • wireless Grundfos GO Remote • comunicación fieldbus via módulos CIM • entradas digital • salidas de relé • entrada analógica (más de una función de bomba como medidor de energía) Motor y controlador electrónico MAGNA3 incorpora un motor síncrono de 4 polos de imán permanente (motor PM). Este tipo de motor se caracteriza por una eficiencia superior que un motor convencional asíncrono de jaula de ardilla. La velocidad de la bomba está controlada mediante un convertidor de frecuencia integrada. Un sensor de presión diferencial y de temperatura se incorpora en la bomba. Líquido:

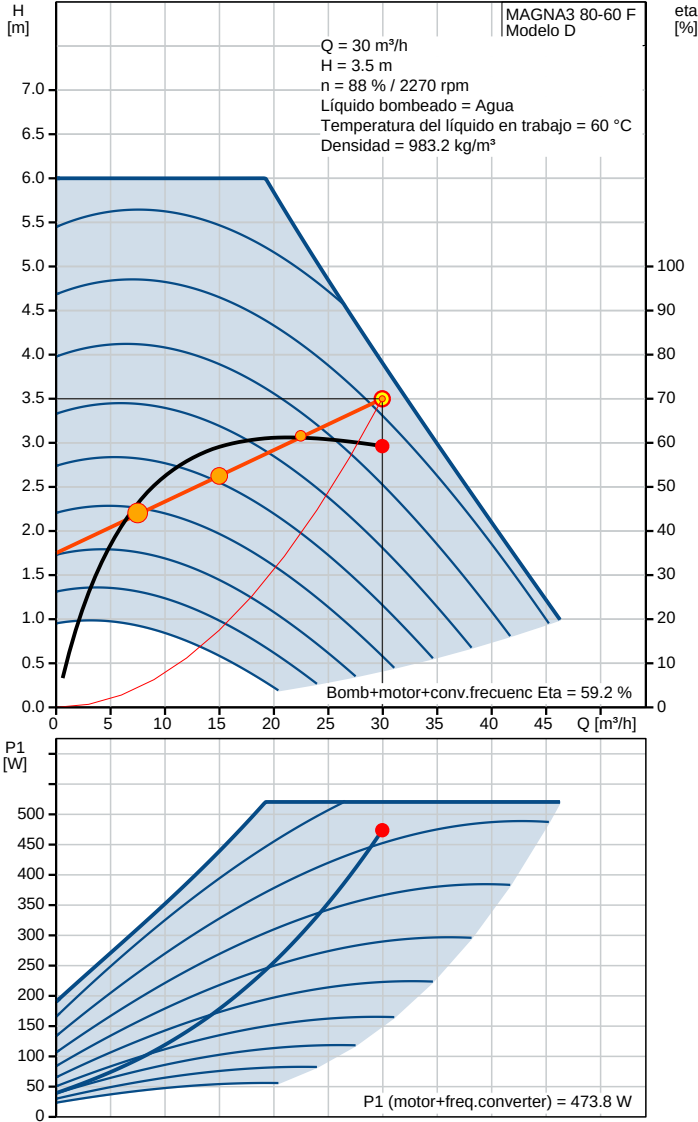
Posición	Contar	Descripción
		Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -10 .. 110 °C Liquid temperature during operation: 60 °C Densidad: 983.2 kg/m³ Viscosidad cinemática: 0.48 mm²/s Técnico: Caudal real calculado: 30 m³/h Altura resultante de la bomba: 3.5 m Clase TF: 110 Homologaciones en placa: CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición EN-GJL-250 ASTM A48-250B Impulsor: PES 30 % FIBRA VIDRIO Instalación: Rango de temperaturas ambientes: 0 .. 40 °C Presión de trabajo máxima: 10 bar Tipo de brida: DIN Diámetro de conexiones: DN 80 Presión: PN10 Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 360 mm Datos eléctricos: Potencia - P1: 24 .. 521 W Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 1 x 230 V Consumo de corriente máximo: 0.26 .. 2.4 A Grado de protección (IEC 34-5): X4D Clase de aislamiento (IEC 85): F Otros: Energía (IEE): 0.17 Peso neto: 26.7 kg Peso bruto: 29.1 kg Shipping volume: 0.072 m³ Danish VVS No.: 380965806 Swedish RSK No.: 5732518 Finnish: LVI NO 4615165 Norwegian NRF no.: 9042712 Country of origin: DE Custom tariff no.: 84137030



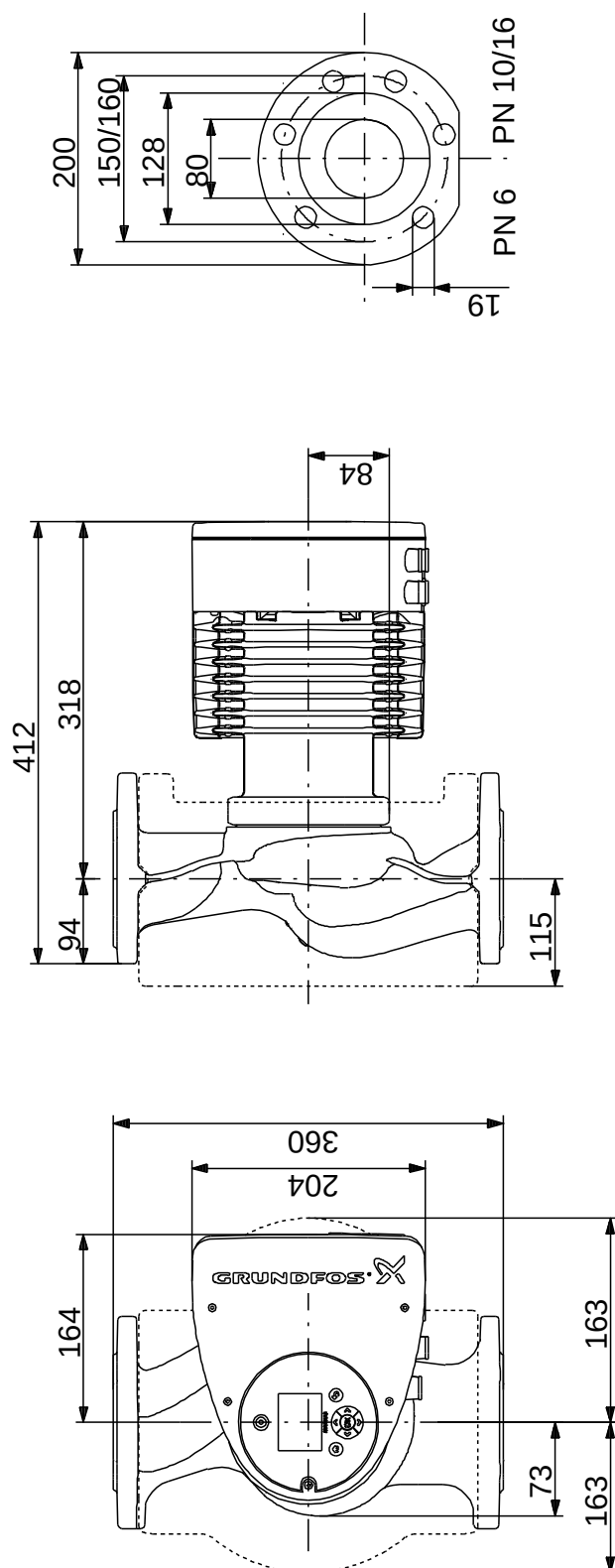
Empresa: Bombas Grundfos España
Creado Por: Eduardo Marín Acosta
Teléfono:

Datos: 16/07/2018

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	MAGNA3 80-60 F
Código::	97924317
Posición	6.0
Número EAN::	5710626493937
Precio:	3.501,00 €
Técnico:	
Caudal real calculado:	30 m³/h
Altura resultante de la bomba:	3.5 m
Altura máxima:	60 dm
Clase TF:	110
Homologaciones en placa:	CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE
Modelo:	D
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Impulsor:	PES 30 % FIBRA VIDRIO
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Tipo de brida:	DIN
Diámetro de conexiones:	DN 80
Presión:	PN10
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	360 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-10 .. 110 °C
Liquid temperature during operation:	60 °C
Densidad:	983.2 kg/m³
Viscosidad cinemática:	0.48 mm²/s
Datos eléctricos:	
Potencia - P1:	24 .. 521 W
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 230 V
Consumo de corriente máximo:	0.26 .. 2.4 A
Grado de protección (IEC 34-5):	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Otros:	
Energía (IEE):	0.17
Peso neto:	26.7 kg
Peso bruto:	29.1 kg
Shipping volume:	0.072 m3
Danish VVS No.:	380965806
Swedish RSK No.:	5732518
Finnish:	LVI NO 4615165
Norwegian NRF no.:	9042712
Country of origin:	DE
Custom tariff no.:	84137030

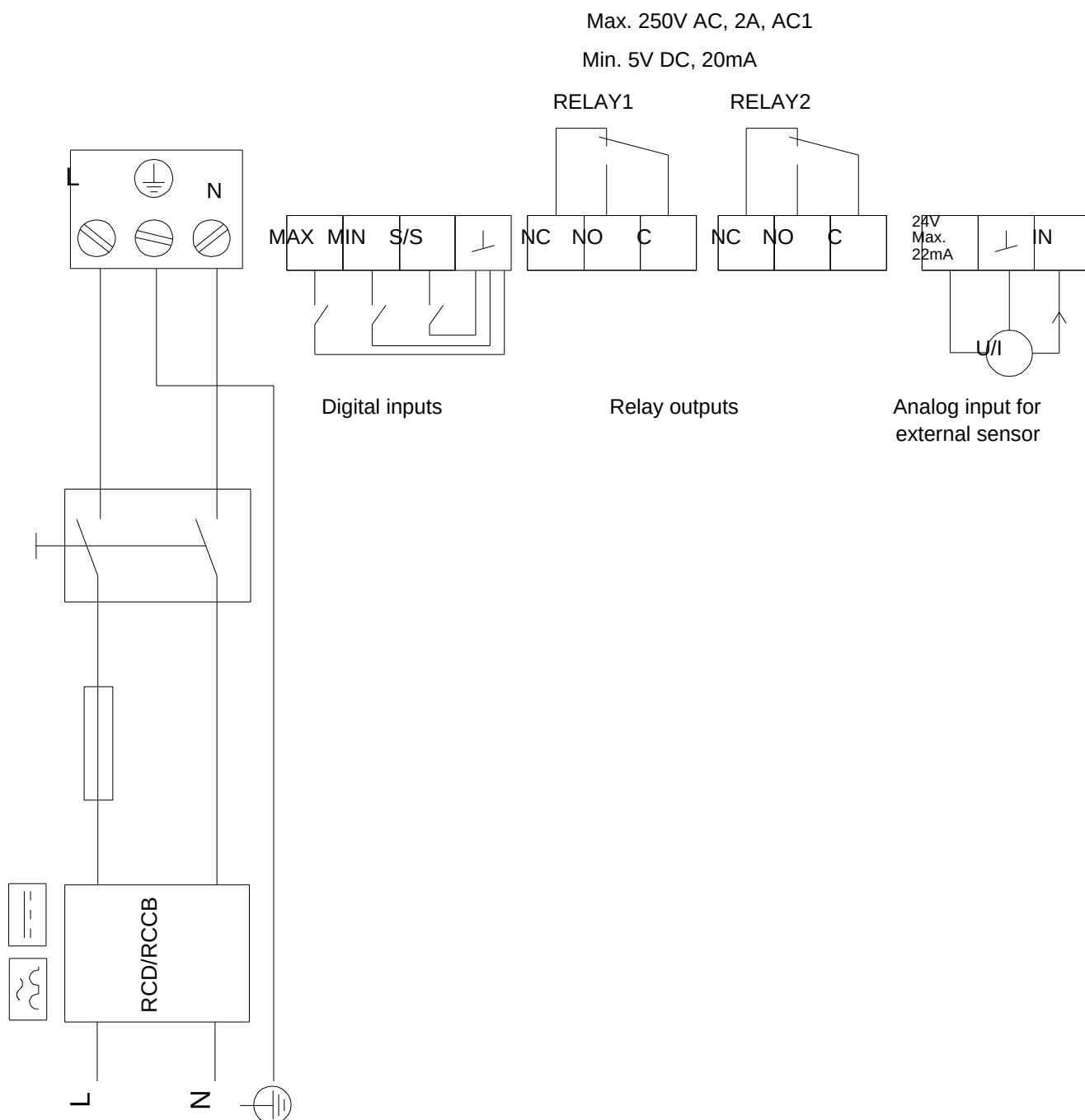


97924317 MAGNA3 80-60 F 50 Hz



97924317 MAGNA3 80-60 F 50 Hz

Example of mains-connected motor with mains switch, backup fuse and additional protection



Posición	Contar	Descripción
8.0	2	MAGNA3 40-120 F  Código: 97924270 MAGNA3 – Más que una bomba Con una eficiencia nunca vista, una gama muy amplia y funciones adicionales de comunicación que sustituyen a sistemas de componentes, la MAGNA3 es idónea para ingenieros y especificadores que buscan incrementar el rendimiento de los edificios. Esta excepcional bomba encaja tanto en aplicaciones de calefacción como refrigeración, siendo la elección lógica para la mayoría de los proyectos de edificación. MAGNA3 es de tipo rotor encapsulado, es decir, la bomba y el motor forman una única unidad sin cierre mecánico y con solo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados con el líquido bombeado. La innovadora abrazadera con solo un tornillo permite una sustitución sencilla del cabezal de la bomba. La bomba MAGNA3 no requiere mantenimiento y tiene un Coste del Ciclo Vital extremadamente bajo. La bomba se caracteriza por: • controlador integrado en la caja de control • panel de control con una pantalla TFT en la caja de control • caja de control preparada para módulos opcionales CIM • sensor de presión diferencial y de temperatura incorporado • cuerpo de la bomba en fundición (dependiendo del modelo) • rotor en composite reforzado con fibra de carbono • base del cojinete y recubrimiento del rotor en acero inoxidable • cuerpo del estator en aleación de aluminio • electrónica refrigerada por aire La MAGNA3 es una bomba monofásica. Funciones • AUTOADAPT. • FLOWADAPT y FLOWLIMIT (es más que una función de la bomba ya que reduce la necesidad de válvulas de estrangulamiento). • Control de presión proporcional. • Control de presión constante. • Control de temperatura constante. • Curva constante de trabajo. • Curva de trabajo máx. o mín. • Funcionamiento Nocturno Automático. • No requiere protecciones externas del motor. • Carcasas de aislamiento suministrada en las bombas simples para sistemas de calefacción. • Amplio rango de temperaturas donde la temperatura del líquido y la temperatura ambiente son independientes la una de la otra. Comunicación La MAGNA3 permite la comunicación mediante los siguientes dispositivos: • wireless Grundfos GO Remote • comunicación fieldbus via módulos CIM • entradas digital • salidas de relé • entrada analógica (más de una función de bomba como medidor de energía) Motor y controlador electrónico MAGNA3 incorpora un motor síncrono de 4 polos de imán permanente (motor PM). Este tipo de motor se caracteriza por una eficiencia superior que un motor convencional asíncrono de jaula de ardilla. La velocidad de la bomba está controlada mediante un convertidor de frecuencia integrada. Un sensor de presión diferencial y de temperatura se incorpora en la bomba. Líquido:

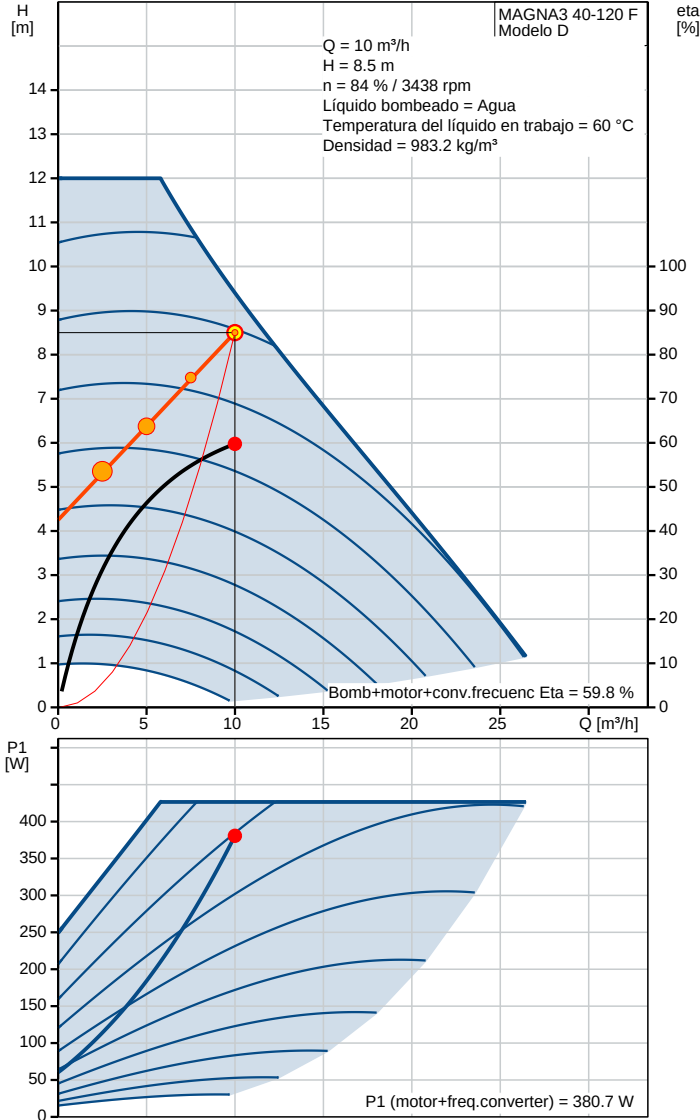
Posición	Contar	Descripción
		Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -10 .. 110 °C Liquid temperature during operation: 60 °C Densidad: 983.2 kg/m³ Viscosidad cinemática: 0.48 mm²/s Técnico: Caudal real calculado: 10 m³/h Altura resultante de la bomba: 8.501 m Clase TF: 110 Homologaciones en placa: CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición EN-GJL-250 ASTM A48-250B Impulsor: PES 30 % FIBRA VIDRIO Instalación: Rango de temperaturas ambientes: 0 .. 40 °C Presión de trabajo máxima: 10 bar Tipo de brida: DIN Diámetro de conexiones: DN 40 Presión: PN6/10 Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 250 mm Datos eléctricos: Potencia - P1: 17 .. 427 W Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 1 x 230 V Consumo de corriente máximo: 0.19 .. 1.96 A Grado de protección (IEC 34-5): X4D Clase de aislamiento (IEC 85): F Otros: Energía (IEE): 0.18 Peso neto: 16.1 kg Peso bruto: 17.6 kg Shipping volume: 0.04 m³ Danish VVS No.: 380952412 Swedish RSK No.: 5732489 Finnish: LVI NO 4615148 Norwegian NRF no.: 9042662 Country of origin: DE Custom tariff no.: 84137030



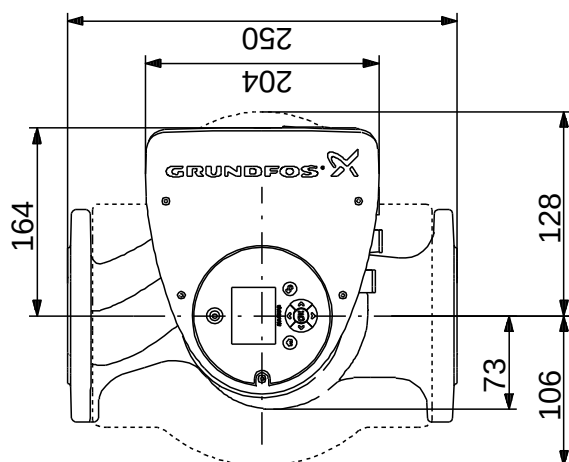
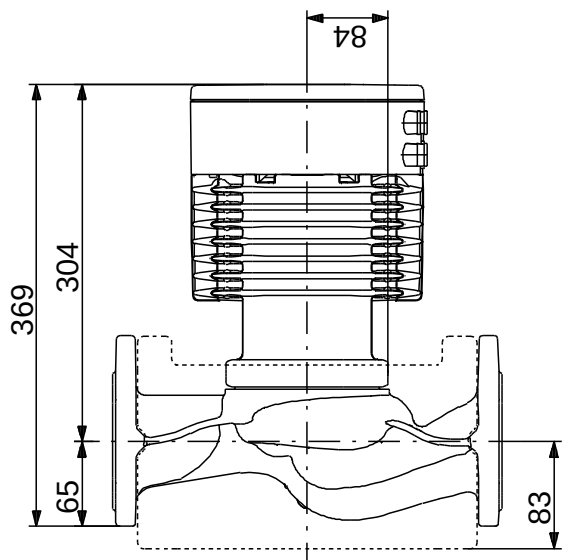
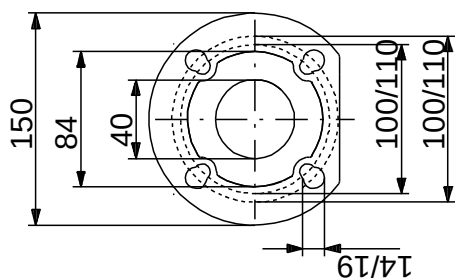
Empresa: Bombas Grundfos España
Creado Por: Eduardo Marín Acosta
Teléfono:

Datos: 16/07/2018

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	MAGNA3 40-120 F
Código::	97924270
Posición	8.0
Número EAN::	5710626493456
Precio:	2.308,00 €
Técnico:	
Caudal real calculado:	10 m³/h
Altura resultante de la bomba:	8.5 m
Altura máxima:	120 dm
Clase TF:	110
Homologaciones en placa:	CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE
Modelo:	D
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Impulsor:	PES 30 % FIBRA VIDRIO
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Tipo de brida:	DIN
Diámetro de conexiones:	DN 40
Presión:	PN6/10
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	250 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-10 .. 110 °C
Liquid temperature during operation:	60 °C
Densidad:	983.2 kg/m³
Viscosidad cinemática:	0.48 mm²/s
Datos eléctricos:	
Potencia - P1:	17 .. 427 W
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 230 V
Consumo de corriente máximo:	0.19 .. 1.96 A
Grado de protección (IEC 34-5):	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Otros:	
Energía (IEE):	0.18
Peso neto:	16.1 kg
Peso bruto:	17.6 kg
Shipping volume:	0.04 m3
Danish VVS No.:	380952412
Swedish RSK No.:	5732489
Finnish:	LVI NO 4615148
Norwegian NRF no.:	9042662
Country of origin:	DE
Custom tariff no.:	84137030

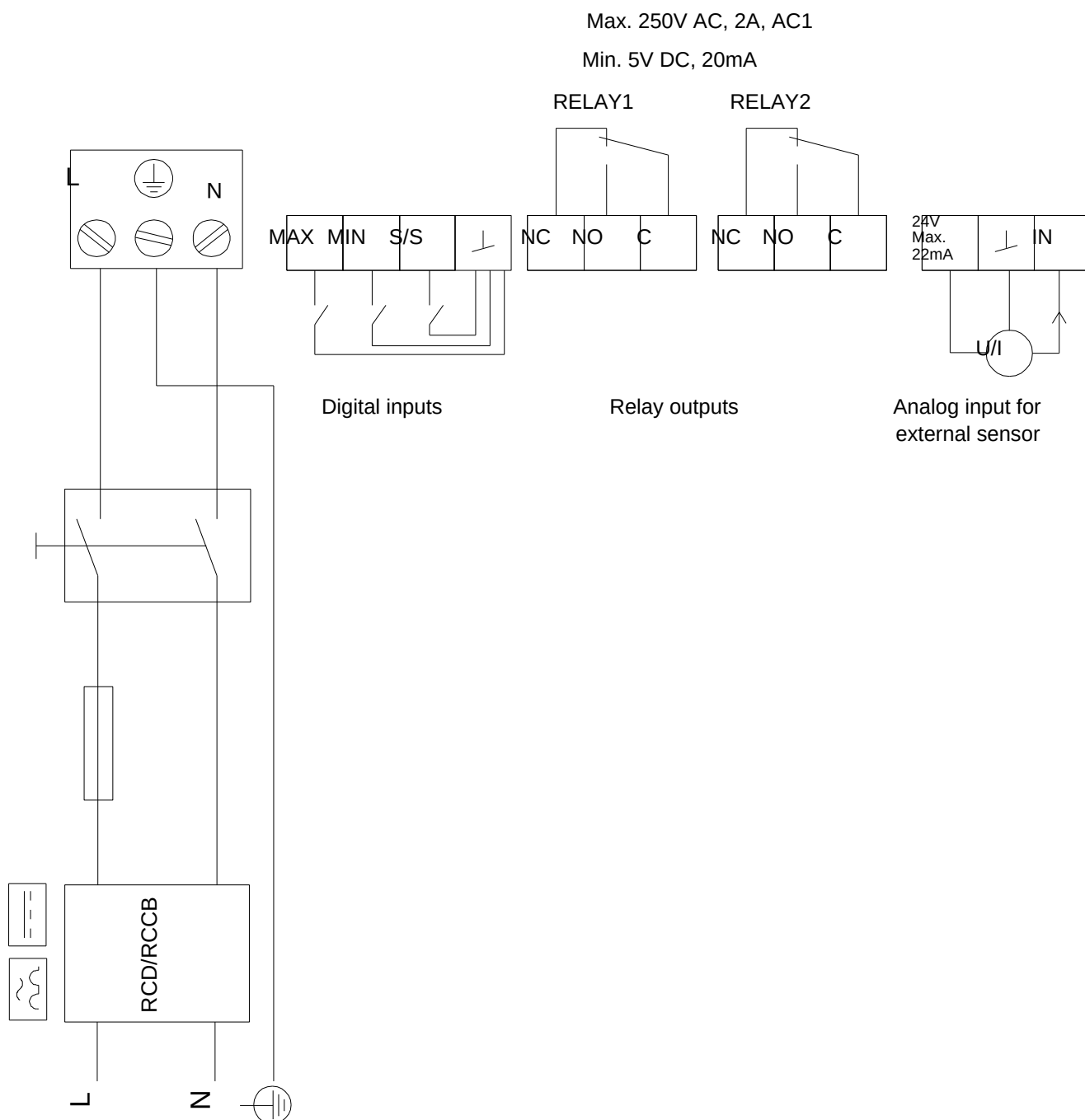


97924270 MAGNA3 40-120 F 50 Hz



97924270 MAGNA3 40-120 F 50 Hz

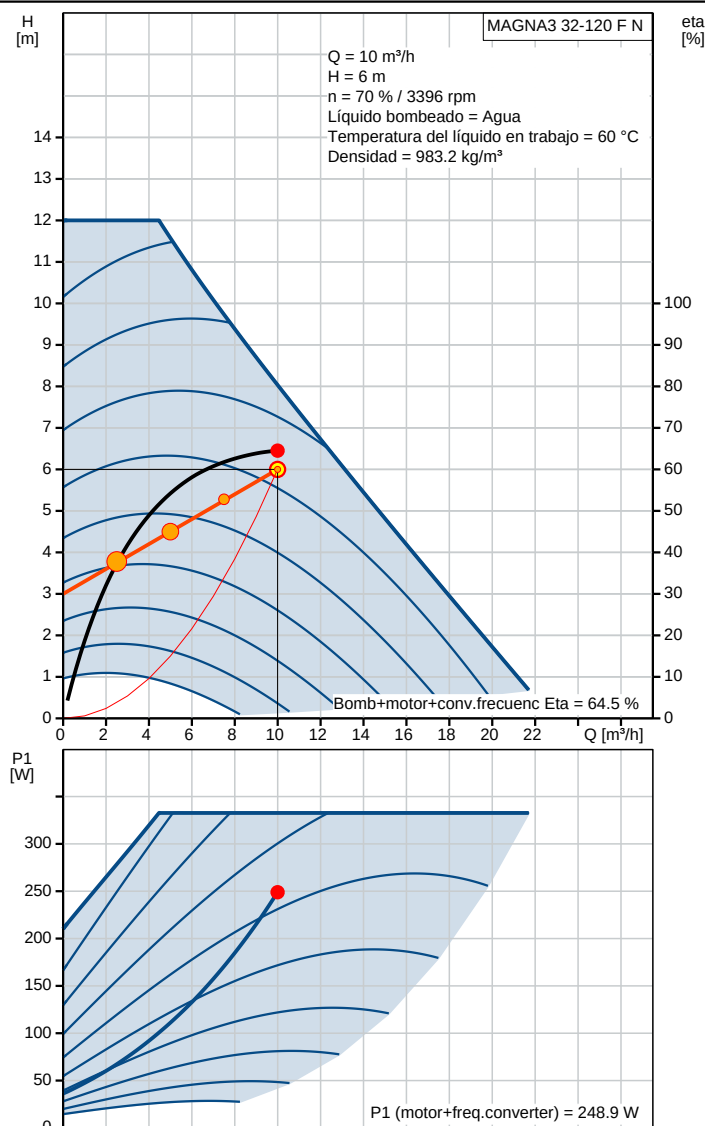
Example of mains-connected motor with mains switch, backup fuse and additional protection



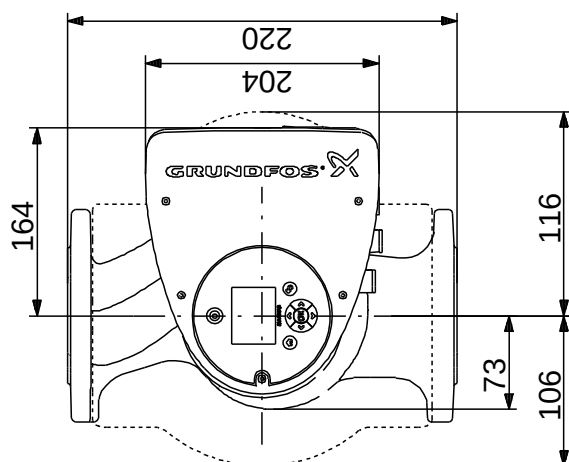
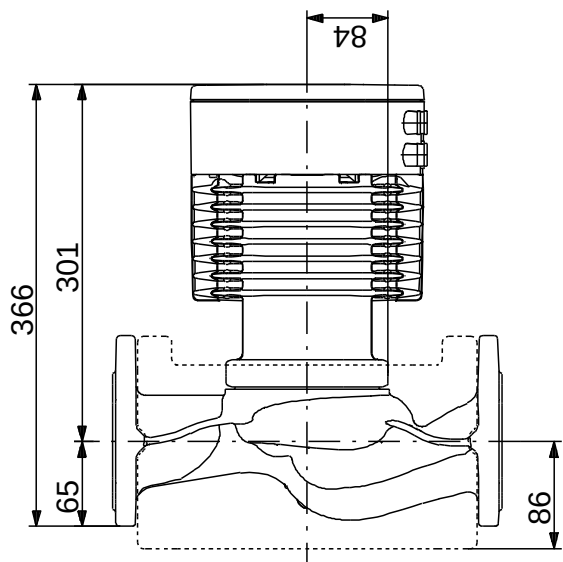
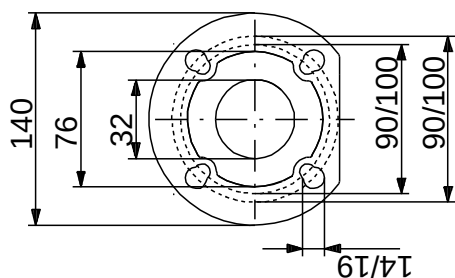
Posición	Contar	Descripción
10.0	2	MAGNA3 32-120 F N  Código: 97924346 MAGNA3 – Más que una bomba Con una eficiencia nunca vista, una gama muy amplia y funciones adicionales de comunicación que sustituyen a sistemas de componentes, la MAGNA3 es idónea para ingenieros y especificadores que buscan incrementar el rendimiento de los edificios. Esta excepcional bomba encaja tanto en aplicaciones de calefacción como refrigeración, siendo la elección lógica para la mayoría de los proyectos de edificación. MAGNA3 es de tipo rotor encapsulado, es decir, la bomba y el motor forman una única unidad sin cierre mecánico y con solo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados con el líquido bombeado. La innovadora abrazadera con solo un tornillo permite una sustitución sencilla del cabezal de la bomba. La bomba MAGNA3 no requiere mantenimiento y tiene un Coste del Ciclo Vital extremadamente bajo. La bomba se caracteriza por: • controlador integrado en la caja de control • panel de control con una pantalla TFT en la caja de control • caja de control preparada para módulos opcionales CIM • sensor de presión diferencial y de temperatura incorporado • cuerpo de la bomba en fundición (dependiendo del modelo) • rotor en composite reforzado con fibra de carbono • base del cojinete y recubrimiento del rotor en acero inoxidable • cuerpo del estator en aleación de aluminio • electrónica refrigerada por aire La MAGNA3 es una bomba monofásica. Funciones • AUTOADAPT. • FLOWADAPT y FLOWLIMIT (es más que una función de la bomba ya que reduce la necesidad de válvulas de estrangulamiento). • Control de presión proporcional. • Control de presión constante. • Control de temperatura constante. • Curva constante de trabajo. • Curva de trabajo máx. o mín. • Funcionamiento Nocturno Automático. • No requiere protecciones externas del motor. • Carcasas de aislamiento suministrada en las bombas simples para sistemas de calefacción. • Amplio rango de temperaturas donde la temperatura del líquido y la temperatura ambiente son independientes la una de la otra. Comunicación La MAGNA3 permite la comunicación mediante los siguientes dispositivos: • wireless Grundfos GO Remote • comunicación fieldbus via módulos CIM • entradas digital • salidas de relé • entrada analógica (más de una función de bomba como medidor de energía) Motor y controlador electrónico MAGNA3 incorpora un motor síncrono de 4 polos de imán permanente (motor PM). Este tipo de motor se caracteriza por una eficiencia superior que un motor convencional asíncrono de jaula de ardilla. La velocidad de la bomba está controlada mediante un convertidor de frecuencia integrada. Un sensor de presión diferencial y de temperatura se incorpora en la bomba. Líquido:

Posición	Contar	Descripción
		Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -10 .. 110 °C Liquid temperature during operation: 60 °C Densidad: 983.2 kg/m³ Viscosidad cinemática: 0.48 mm²/s Técnico: Caudal real calculado: 10 m³/h Altura resultante de la bomba: 6 m Clase TF: 110 Homologaciones en placa: CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE Materiales: Cuerpo hidráulico: Acero inoxidable EN 1.4308 ASTM 351 CF8 Impulsor: PES 30 % FIBRA VIDRIO Instalación: Rango de temperaturas ambientes: 0 .. 40 °C Presión de trabajo máxima: 10 bar Tipo de brida: DIN Diámetro de conexiones: DN 32 Presión: PN6/10 Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 220 mm Datos eléctricos: Potencia - P1: 15 .. 333 W Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 1 x 230 V Consumo de corriente máximo: 0.18 .. 1.55 A Grado de protección (IEC 34-5): X4D Clase de aislamiento (IEC 85): F Otros: Energía (IEE): 0.18 Peso neto: 15.7 kg Peso bruto: 17.5 kg Shipping volume: 0.04 m³ Danish VVS No.: 380981312 Swedish RSK No.: 5803215 Country of origin: DE Custom tariff no.: 84137030

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	MAGNA3 32-120 F N
Código::	97924346
Posición	10.0
Número EAN::	5710626494224
Precio:	2.862,00 €
Técnico:	
Caudal real calculado:	10 m³/h
Altura resultante de la bomba:	6 m
Altura máxima:	120 dm
Clase TF:	110
Homologaciones en placa:	CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE
Modelo:	D
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Acero inoxidable
	EN 1.4308
	ASTM 351 CF8
Impulsor:	PES 30 % FIBRA VIDRIO
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Tipo de brida:	DIN
Diámetro de conexiones:	DN 32
Presión:	PN6/10
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	220 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-10 .. 110 °C
Liquid temperature during operation:	60 °C
Densidad:	983.2 kg/m³
Viscosidad cinemática:	0.48 mm²/s
Datos eléctricos:	
Potencia - P1:	15 .. 333 W
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 230 V
Consumo de corriente máximo:	0.18 .. 1.55 A
Grado de protección (IEC 34-5):	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Otros:	
Energía (IEE):	0.18
Peso neto:	15.7 kg
Peso bruto:	17.5 kg
Shipping volume:	0.04 m³
Danish VVS No.:	380981312
Swedish RSK No.:	5803215
Country of origin:	DE
Custom tariff no.:	84137030

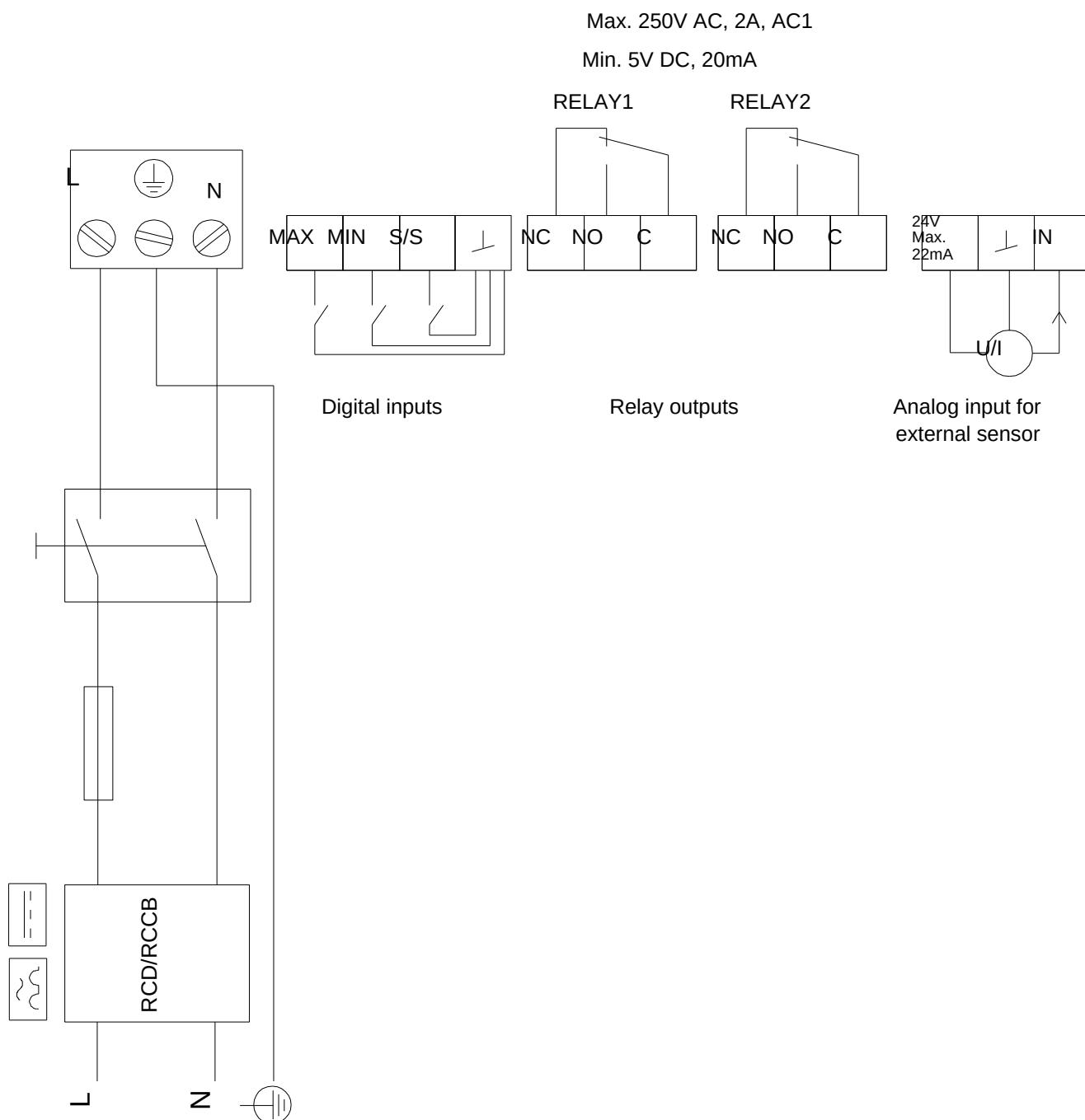


97924346 MAGNA3 32-120 F N 50 Hz



97924346 MAGNA3 32-120 F N 50 Hz

Example of mains-connected motor with mains switch, backup fuse and additional protection



Posición	Contar	Descripción
16.0	2	MAGNA3 65-100 F  Código: 97924297 MAGNA3 – Más que una bomba Con una eficiencia nunca vista, una gama muy amplia y funciones adicionales de comunicación que sustituyen a sistemas de componentes, la MAGNA3 es idónea para ingenieros y especificadores que buscan incrementar el rendimiento de los edificios. Esta excepcional bomba encaja tanto en aplicaciones de calefacción como refrigeración, siendo la elección lógica para la mayoría de los proyectos de edificación. MAGNA3 es de tipo rotor encapsulado, es decir, la bomba y el motor forman una única unidad sin cierre mecánico y con solo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados con el líquido bombeado. La innovadora abrazadera con solo un tornillo permite una sustitución sencilla del cabezal de la bomba. La bomba MAGNA3 no requiere mantenimiento y tiene un Coste del Ciclo Vital extremadamente bajo. La bomba se caracteriza por: • controlador integrado en la caja de control • panel de control con una pantalla TFT en la caja de control • caja de control preparada para módulos opcionales CIM • sensor de presión diferencial y de temperatura incorporado • cuerpo de la bomba en fundición (dependiendo del modelo) • rotor en composite reforzado con fibra de carbono • base del cojinete y recubrimiento del rotor en acero inoxidable • cuerpo del estator en aleación de aluminio • electrónica refrigerada por aire La MAGNA3 es una bomba monofásica. Funciones • AUTOADAPT. • FLOWADAPT y FLOWLIMIT (es más que una función de la bomba ya que reduce la necesidad de válvulas de estrangulamiento). • Control de presión proporcional. • Control de presión constante. • Control de temperatura constante. • Curva constante de trabajo. • Curva de trabajo máx. o mín. • Funcionamiento Nocturno Automático. • No requiere protecciones externas del motor. • Carcasas de aislamiento suministrada en las bombas simples para sistemas de calefacción. • Amplio rango de temperaturas donde la temperatura del líquido y la temperatura ambiente son independientes la una de la otra. Comunicación La MAGNA3 permite la comunicación mediante los siguientes dispositivos: • wireless Grundfos GO Remote • comunicación fieldbus via módulos CIM • entradas digital • salidas de relé • entrada analógica (más de una función de bomba como medidor de energía) Motor y controlador electrónico MAGNA3 incorpora un motor síncrono de 4 polos de imán permanente (motor PM). Este tipo de motor se caracteriza por una eficiencia superior que un motor convencional asíncrono de jaula de ardilla. La velocidad de la bomba está controlada mediante un convertidor de frecuencia integrada. Un sensor de presión diferencial y de temperatura se incorpora en la bomba. Líquido:

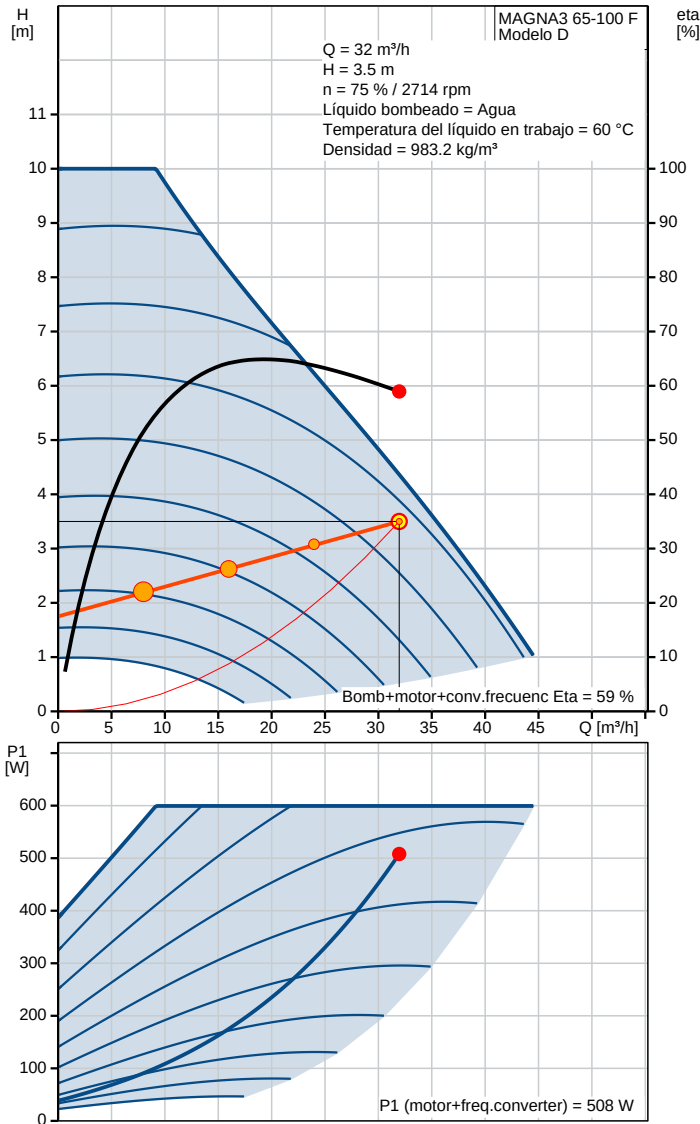
Posición	Contar	Descripción
		Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -10 .. 110 °C Liquid temperature during operation: 60 °C Densidad: 983.2 kg/m³ Viscosidad cinemática: 0.48 mm²/s Técnico: Caudal real calculado: 32 m³/h Altura resultante de la bomba: 3.5 m Clase TF: 110 Homologaciones en placa: CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición EN-GJL-250 ASTM A48-250B Impulsor: PES 30 % FIBRA VIDRIO Instalación: Rango de temperaturas ambientes: 0 .. 40 °C Presión de trabajo máxima: 10 bar Tipo de brida: DIN Diámetro de conexiones: DN 65 Presión: PN6/10 Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 340 mm Datos eléctricos: Potencia - P1: 21 .. 600 W Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 1 x 230 V Consumo de corriente máximo: 0.23 .. 2.74 A Grado de protección (IEC 34-5): X4D Clase de aislamiento (IEC 85): F Otros: Energía (IEE): 0.17 Peso neto: 21.5 kg Peso bruto: 23.8 kg Shipping volume: 0.057 m³ Danish VVS No.: 380954610 Swedish RSK No.: 5732502 Finnish: LVI NO 4615161 Norwegian NRF no.: 9042689 Country of origin: DE Custom tariff no.: 84137030



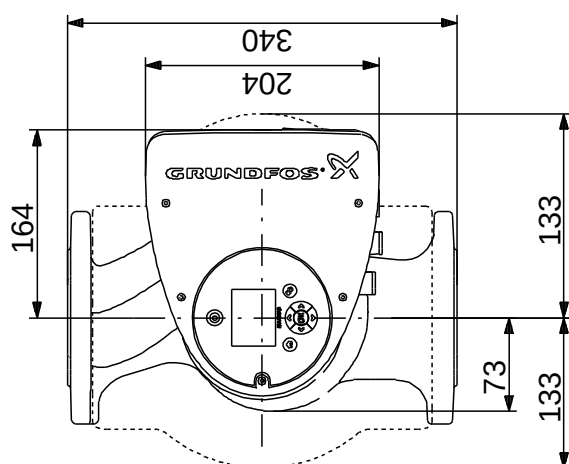
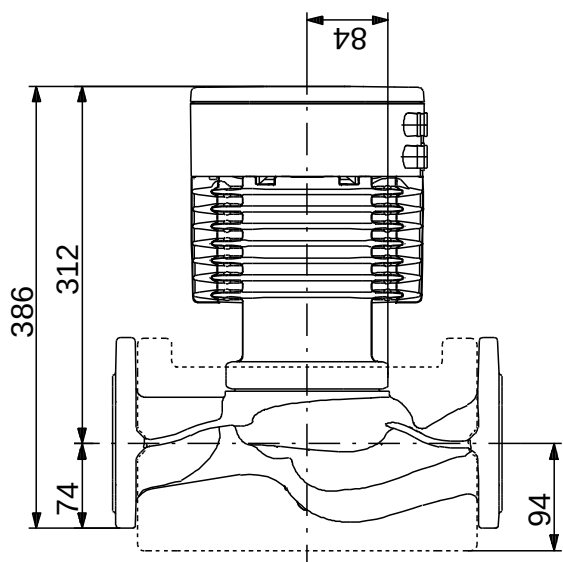
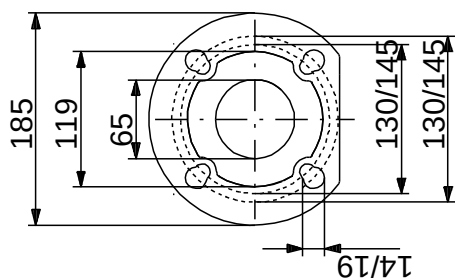
Empresa: Bombas Grundfos España
Creado Por: Eduardo Marín Acosta
Teléfono:

Datos: 16/07/2018

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	MAGNA3 65-100 F
Código::	97924297
Posición	16.0
Número EAN::	5710626493722
Precio:	3.317,00 €
Técnico:	
Caudal real calculado:	32 m³/h
Altura resultante de la bomba:	3.5 m
Altura máxima:	100 dm
Clase TF:	110
Homologaciones en placa:	CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE
Modelo:	D
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Impulsor:	PES 30 % FIBRA VIDRIO
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Tipo de brida:	DIN
Diámetro de conexiones:	DN 65
Presión:	PN6/10
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	340 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-10 .. 110 °C
Liquid temperature during operation:	60 °C
Densidad:	983.2 kg/m³
Viscosidad cinemática:	0.48 mm²/s
Datos eléctricos:	
Potencia - P1:	21 .. 600 W
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 230 V
Consumo de corriente máximo:	0.23 .. 2.74 A
Grado de protección (IEC 34-5):	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Otros:	
Energía (IEE):	0.17
Peso neto:	21.5 kg
Peso bruto:	23.8 kg
Shipping volume:	0.057 m³
Danish VVS No.:	380954610
Swedish RSK No.:	5732502
Finnish:	LVI NO 4615161
Norwegian NRF no.:	9042689
Country of origin:	DE
Custom tariff no.:	84137030

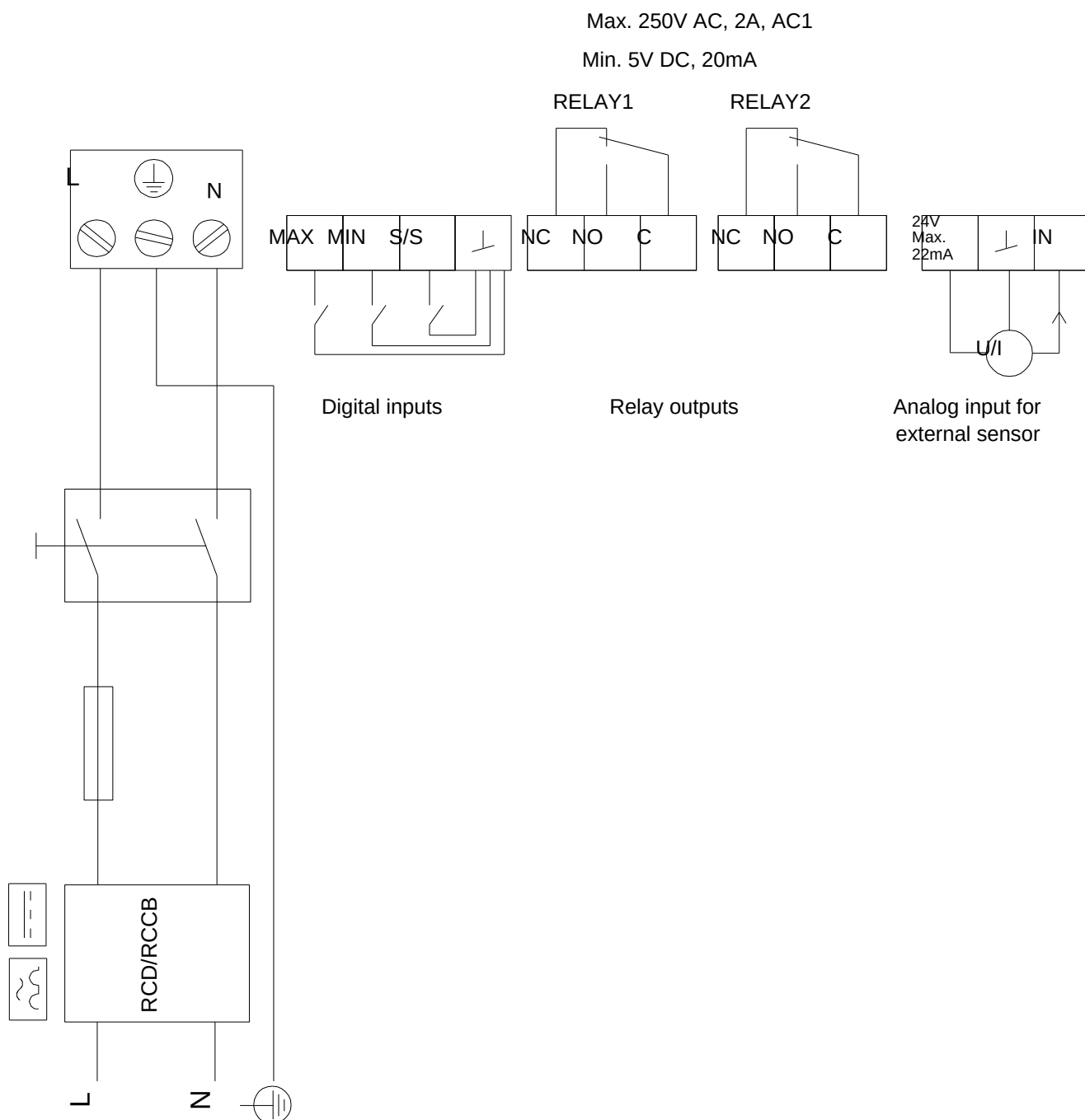


97924297 MAGNA3 65-100 F 50 Hz



97924297 MAGNA3 65-100 F 50 Hz

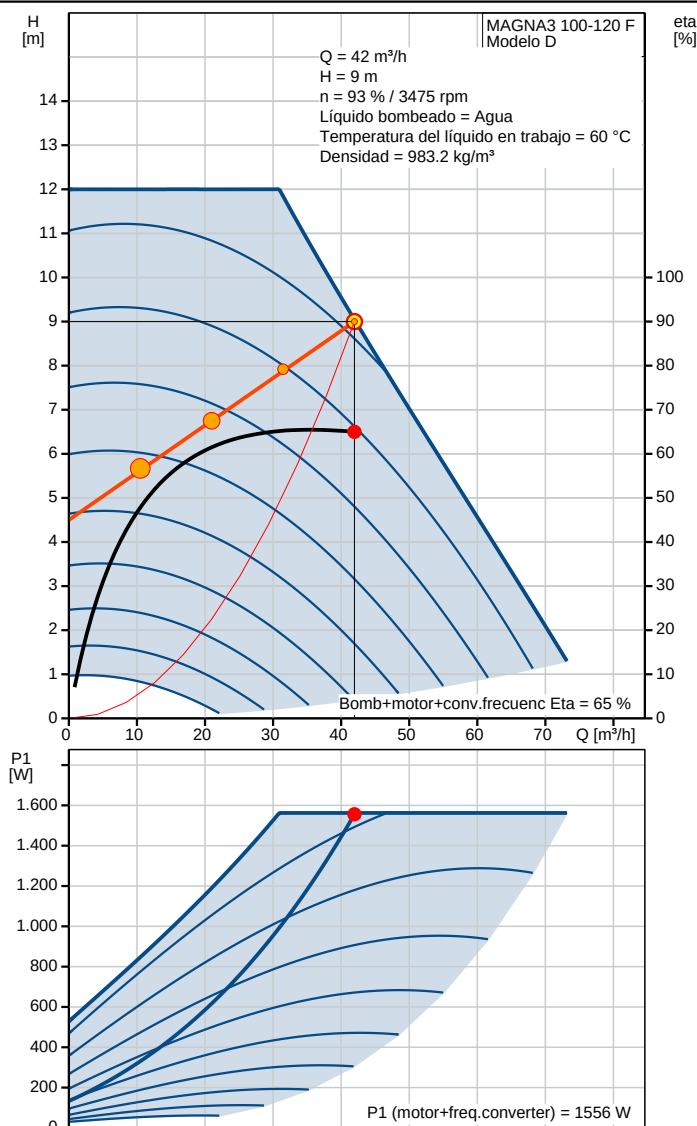
Example of mains-connected motor
 with mains switch, backup fuse and additional protection



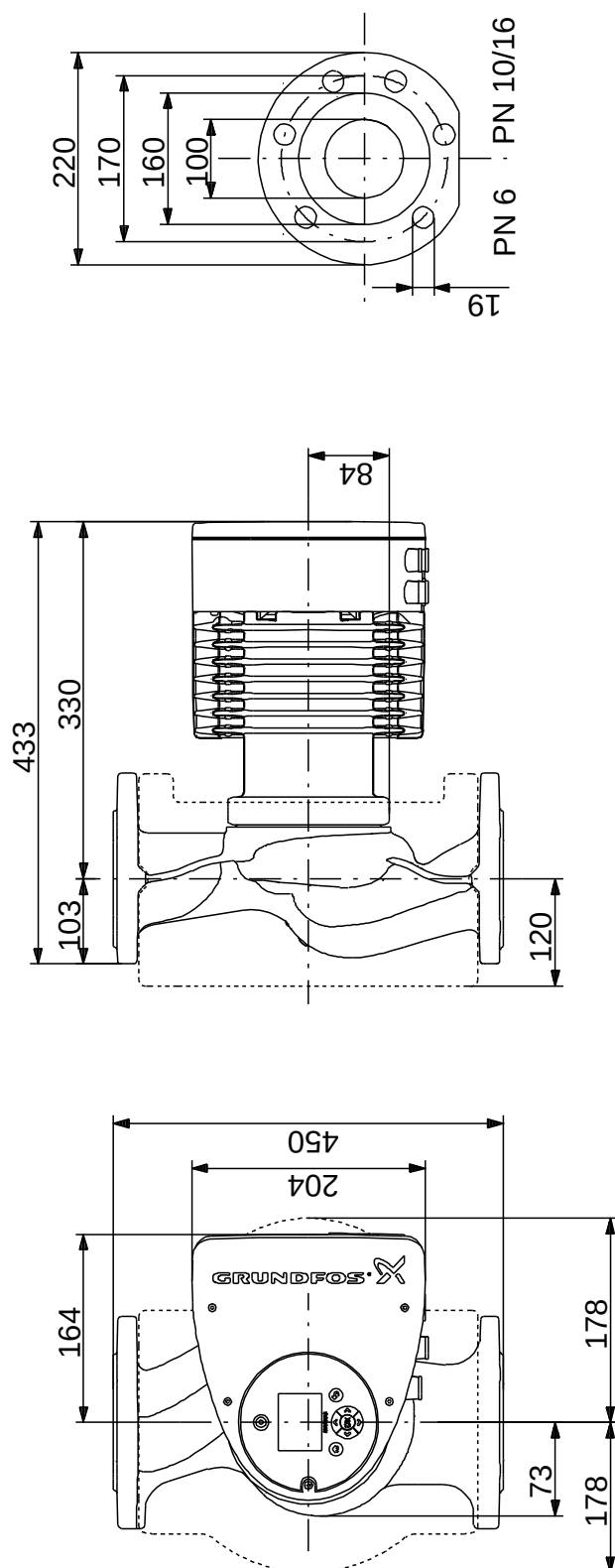
Posición	Contar	Descripción
18.0	2	MAGNA3 100-120 F  Código: 97924315 MAGNA3 – Más que una bomba Con una eficiencia nunca vista, una gama muy amplia y funciones adicionales de comunicación que sustituyen a sistemas de componentes, la MAGNA3 es idónea para ingenieros y especificadores que buscan incrementar el rendimiento de los edificios. Esta excepcional bomba encaja tanto en aplicaciones de calefacción como refrigeración, siendo la elección lógica para la mayoría de los proyectos de edificación. MAGNA3 es de tipo rotor encapsulado, es decir, la bomba y el motor forman una única unidad sin cierre mecánico y con solo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados con el líquido bombeado. La innovadora abrazadera con solo un tornillo permite una sustitución sencilla del cabezal de la bomba. La bomba MAGNA3 no requiere mantenimiento y tiene un Coste del Ciclo Vital extremadamente bajo. La bomba se caracteriza por: • controlador integrado en la caja de control • panel de control con una pantalla TFT en la caja de control • caja de control preparada para módulos opcionales CIM • sensor de presión diferencial y de temperatura incorporado • cuerpo de la bomba en fundición (dependiendo del modelo) • rotor en composite reforzado con fibra de carbono • base del cojinete y recubrimiento del rotor en acero inoxidable • cuerpo del estator en aleación de aluminio • electrónica refrigerada por aire La MAGNA3 es una bomba monofásica. Funciones • AUTOADAPT. • FLOWADAPT y FLOWLIMIT (es más que una función de la bomba ya que reduce la necesidad de válvulas de estrangulamiento). • Control de presión proporcional. • Control de presión constante. • Control de temperatura constante. • Curva constante de trabajo. • Curva de trabajo máx. o mín. • Funcionamiento Nocturno Automático. • No requiere protecciones externas del motor. • Carcasas de aislamiento suministrada en las bombas simples para sistemas de calefacción. • Amplio rango de temperaturas donde la temperatura del líquido y la temperatura ambiente son independientes la una de la otra. Comunicación La MAGNA3 permite la comunicación mediante los siguientes dispositivos: • wireless Grundfos GO Remote • comunicación fieldbus via módulos CIM • entradas digital • salidas de relé • entrada analógica (más de una función de bomba como medidor de energía) Motor y controlador electrónico MAGNA3 incorpora un motor síncrono de 4 polos de imán permanente (motor PM). Este tipo de motor se caracteriza por una eficiencia superior que un motor convencional asíncrono de jaula de ardilla. La velocidad de la bomba está controlada mediante un convertidor de frecuencia integrada. Un sensor de presión diferencial y de temperatura se incorpora en la bomba. Líquido:

Posición	Contar	Descripción
		Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -10 .. 110 °C Liquid temperature during operation: 60 °C Densidad: 983.2 kg/m³ Viscosidad cinemática: 0.48 mm²/s Técnico: Caudal real calculado: 42 m³/h Altura resultante de la bomba: 9 m Clase TF: 110 Homologaciones en placa: CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición EN-GJL-250 ASTM A48-250B Impulsor: PES 30 % FIBRA VIDRIO Instalación: Rango de temperaturas ambientes: 0 .. 40 °C Presión de trabajo máxima: 6 bar Tipo de brida: DIN Diámetro de conexiones: DN 100 Presión: PN6 Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 450 mm Datos eléctricos: Potencia - P1: 31 .. 1564 W Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 1 x 230 V Consumo de corriente máximo: 0.32 .. 7 A Grado de protección (IEC 34-5): X4D Clase de aislamiento (IEC 85): F Otros: Energía (IEE): 0.17 Peso neto: 35.1 kg Peso bruto: 37.3 kg Shipping volume: 0.099 m³ Danish VVS No.: 380963112 Swedish RSK No.: 5732515 Norwegian NRF no.: 9042709 Country of origin: DE Custom tariff no.: 84137030

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	MAGNA3 100-120 F
Código::	97924315
Posición	18.0
Número EAN::	5710626493906
Precio:	5.276,00 €
Técnico:	
Caudal real calculado:	42 m³/h
Altura resultante de la bomba:	9 m
Altura máxima:	120 dm
Clase TF:	110
Homologaciones en placa:	CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE
Modelo:	D
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Impulsor:	PES 30 % FIBRA VIDRIO
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima:	6 bar
Tipo de brida:	DIN
Diámetro de conexiones:	DN 100
Presión:	PN6
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	450 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-10 .. 110 °C
Liquid temperature during operation:	60 °C
Densidad:	983.2 kg/m³
Viscosidad cinemática:	0.48 mm²/s
Datos eléctricos:	
Potencia - P1:	31 .. 1564 W
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 230 V
Consumo de corriente máximo:	0.32 .. 7 A
Grado de protección (IEC 34-5):	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Otros:	
Energía (IEE):	0.17
Peso neto:	35.1 kg
Peso bruto:	37.3 kg
Shipping volume:	0.099 m³
Danish VVS No.:	380963112
Swedish RSK No.:	5732515
Norwegian NRF no.:	9042709
Country of origin:	DE
Custom tariff no.:	84137030

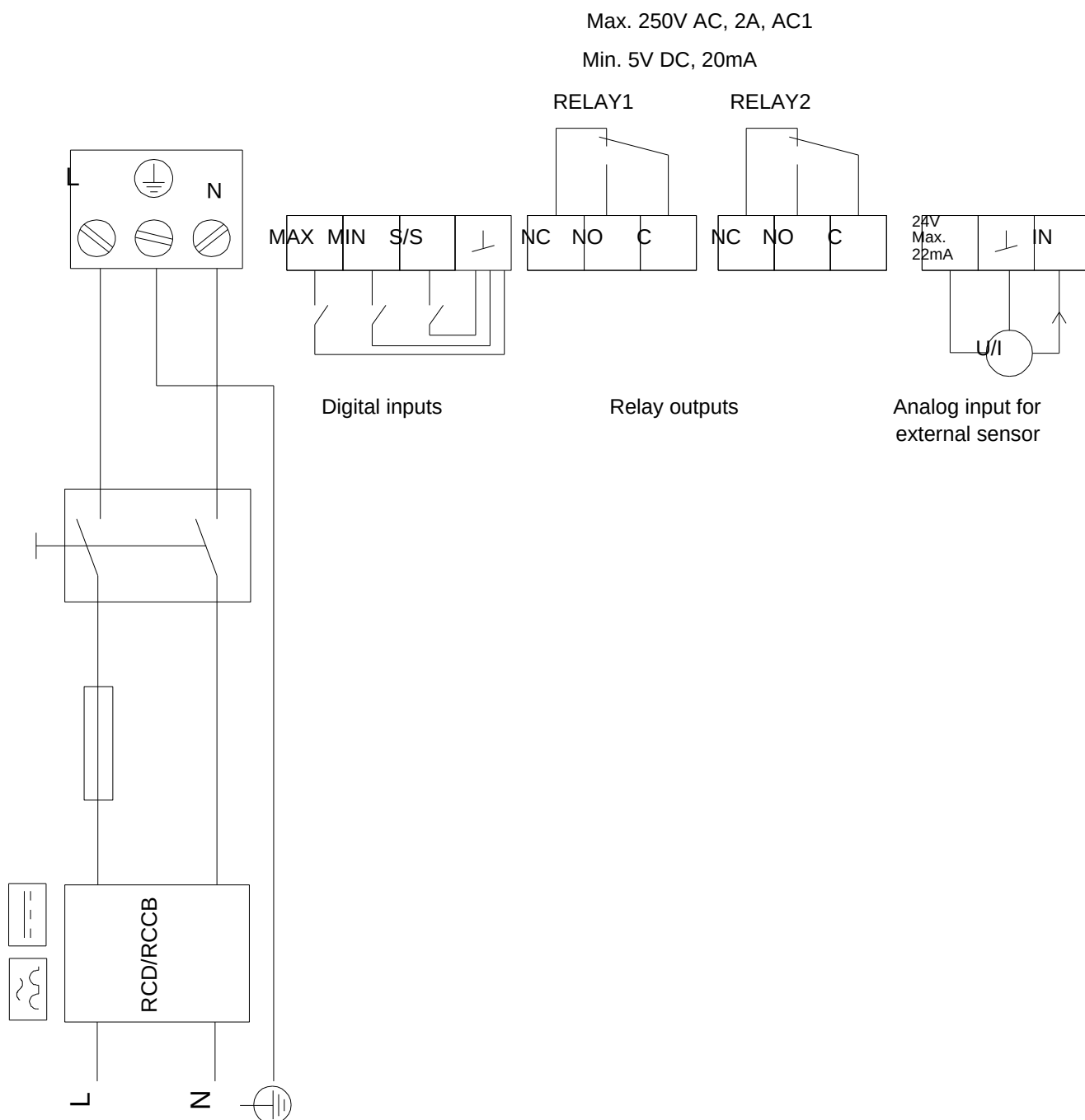


97924315 MAGNA3 100-120 F 50 Hz



97924315 MAGNA3 100-120 F 50 Hz

Example of mains-connected motor with mains switch, backup fuse and additional protection





2. FICHAS TÉCNICAS DE LAS BOMBAS ANTIGUAS

En el siguiente apartado se podrá encontrar lo siguiente:

- Ficha técnica de la bomba Grundfos previamente instalada en el colegio (G01), véase que la curva no muestra variador de frecuencia.
- Ficha técnica y curva de la Saci K55T (G02).
- Fichas técnicas de todas las Sedical (B01-B18):
 - Ficha técnica y curva de la SIM.
 - Ficha técnica y curva de las SP y SAP (catálogo de 1996).
 - Ficha técnica y curva de la SM, SP y SAP (más nuevas).

Posición	Contar	Descripción
	1	CM10-6 A-R-G-E-AVBE  Código: 96935488 CM es una bomba centrífuga horizontal multicelular compacta, de acoplamiento cerrado con: 3-fases, 220-240D/380-415Y V, 50 Hz. Motor en base. Es de aspiración axial y descarga radial con un cierre especialmente diseñado.AVBE. Eje, impulsores, cámaras y tapones de llenado fabricados en acero inoxidable. Aspiración y descarga fabricados en Acero inoxidable. CM puede también funcionar como una CME conectado un CUE al motor. Consultar Win/WebCAPS para más información sobre CUE. Líquido: Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -20 .. 40 °C Liquid temperature during operation: 20 °C Densidad: 998.2 kg/m³ Técnico: Velocidad para datos de bomba: 2900 rpm Caudal real calculado: 10 m³/h Altura resultante de la bomba: 78.68 m Código del cierre. 1:Tipo 2:Carra giratoria 3:Carra estacionaria 4:Cierre secunda.: AVBE Homologaciones en placa: CE,WRAS,ACS,TR,EAC Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B Materiales: Cuerpo hidráulico: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316 Impulsor: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316 Caucho: EPDM Instalación: Temperatura ambiental máxima: 55 °C Presión de trabajo máxima: 10 bar Presión máxima a la temp. declarada: 10 bar / 40 °C Tipo de brida: ROSCA WHITWORTH RP Aspiración: Rp 1 1/2 Descarga: Rp 1 1/2 Datos eléctricos: Tipo de motor: 100LB Clase eficiencia IE: IE2 Potencia nominal - P2: 4 kW Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 3 x 220-240D/380-415Y V Factor de trabajo: 1 Corriente nominal: 14,0-13,2/8,20-7,80 A Intensidad de arranque: 850-950 % Velocidad nominal: 2900-2920 rpm Rendimiento del motor a carga total: 85.8 % Grado de protección (IEC 34-5): IP55 Clase de aislamiento (IEC 85): F



Empresa: Bombas Grundfos España
Creado Por:
Teléfono:

Datos: 16/07/2018

Posición	Contar	Descripción
		Otros: Índice eficiencia mínima, MEI ≥: 0.52 Peso neto: 37.7 kg Peso bruto: 40.2 kg Country of origin: HU Custom tariff no.: 84137075

K

TWIN IMPELLER PUMPS



Twin impeller centrifugal pump designed for use in pressurisation units for water supply systems for domestic, civil and industrial use. Suitable for sprinkling irrigation and other water supply applications. Cast iron pump body and motor support. Technopolymer impeller.

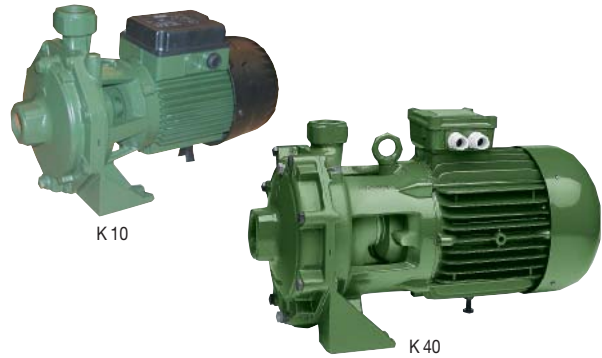
Stainless steel driving shaft. Carbon/ceramic mechanical seal.

Asynchronous, closed motor, cooled by external ventilation.

Built-in thermal and current overload protection and a capacitor permanently on in the single-phase version. For the protection of the three-phase motor it is advisable to use a suitable overload protection complying with the regulations in force.

Operating range: from 1.2 to 30 m³/h with head up to 97 metres.

Pumped liquid characteristics: clean, free from solids or abrasive substances, not viscous, not aggressive, not crystallised, chemically neutral and close to the characteristics of water.



Liquid temperature range:

from -10°C to +50°C: for K 10, K 17, K 15, K 20, K 30

from -15°C to +110°C: for K 25, K 40, K 55, K 75, K 100, K 125, K 150

Maximum operating range:

K 10, K 15, K 20: 6 bar (600 kPa)

K 17, K 25: 8 bar (800 kPa)

K 30, K 40: 10 bar (1000 kPa)

K 55, K 75, K 100

K 125, K 150:

12 bar (1200 kPa)

Maximum ambient temperature: +40°C

Protection level: IP 44

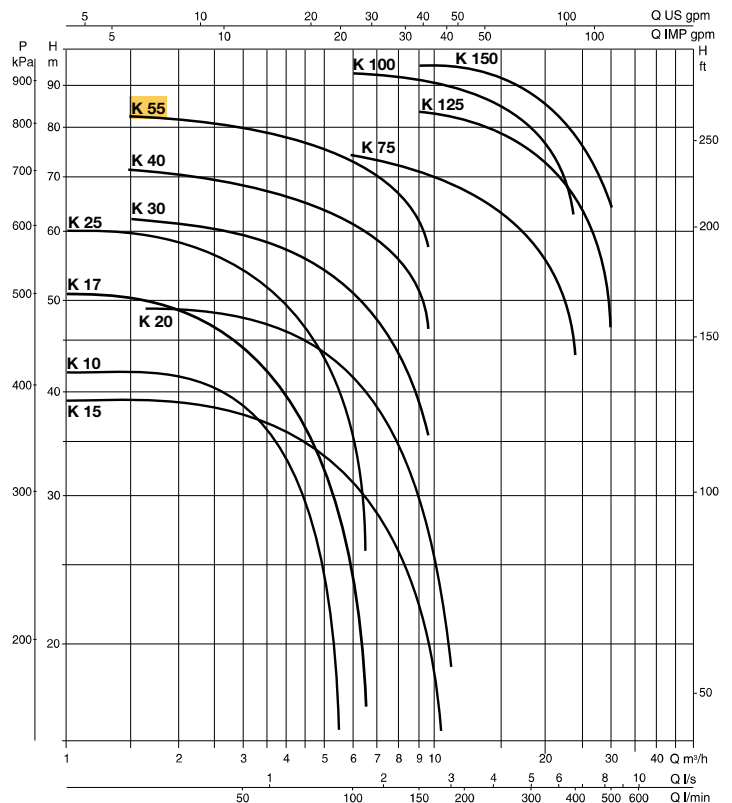
Terminal board protection level: IP 55

Insulation class: F

TECHNICAL DATA

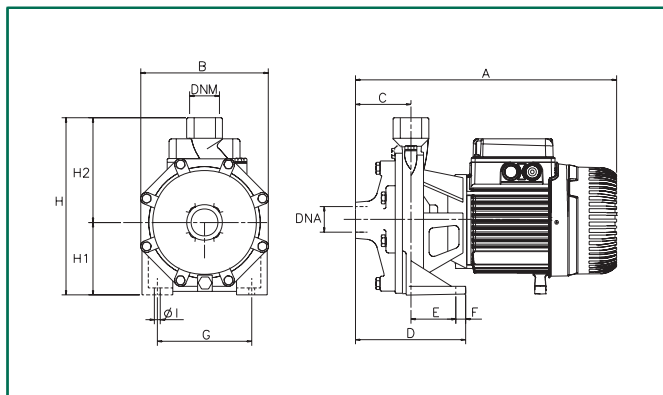
MODEL	ELECTRICAL DATA						
	VOLTAGE 50 Hz	P1 MAX kW	P2 NOMINAL kW	HP	In A	CAPACITOR	
K 10 M	1x220-240 V ~	1,2	0,75	1	5,5	20	450
K 10 T	3x230-400 V ~	1,2	0,75	1	3,8-2,2	—	—
K 17 M	1x220-240 V ~	1,86	1,1	1,5	8,3	31,5	450
K 17 T	3x230-400 V ~	1,96	1,1	1,5	6-3,5	—	—
K 25 M	1x220-240 V ~	2,7	1,85	2,7	12,8	40	450
K 25 T	3x230-400 V ~	2,5	1,85	2,5	8,4-4,8	—	—
K 15 M	1x220-240 V ~	1,56	1,1	1,5	7,1	25	450
K 15 T	3x230-400 V ~	1,56	1,1	1,5	5,36-3,1	—	—
K 20 M	1x220-240 V ~	2	1,85	2,5	9	40	450
K 20 T	3x230-400 V ~	2	1,85	2,5	6,2-3,6	—	—
K 30 T	3x230-400 V ~	3,9	2,2	3	11,6-6,7	—	—
K 40 T	3x230-400 V ~	4,7	3	4	14,6-8,4	—	—
K 55 T	3x230-400 V ~	5,4	4	5,5	16,5-9,5	—	—
K 75 T	3x400 V ~ Δ*	7,1	5,5	7,5	12,9	—	—
K 100 T	3x400 V ~ Δ*	9,9	7,5	10	15	—	—
K 125 T	3x400 V ~ Δ*	10,7	9,2	12,5	18	—	—
K 150 T	3x400 V ~ Δ*	12,5	11	15	21	—	—

* Star (Δ) starting is possible

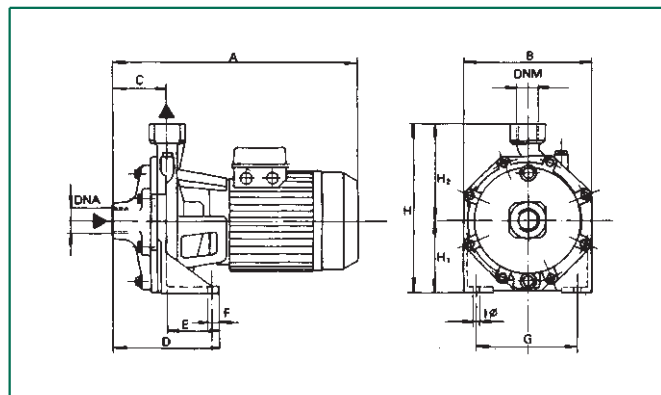


DIMENSIONS AND WEIGHTS

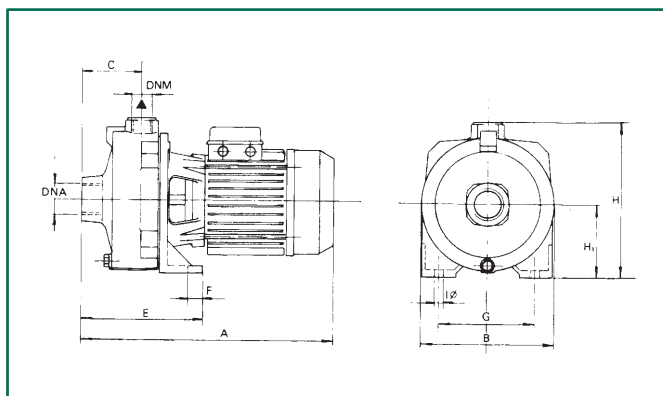
K 10



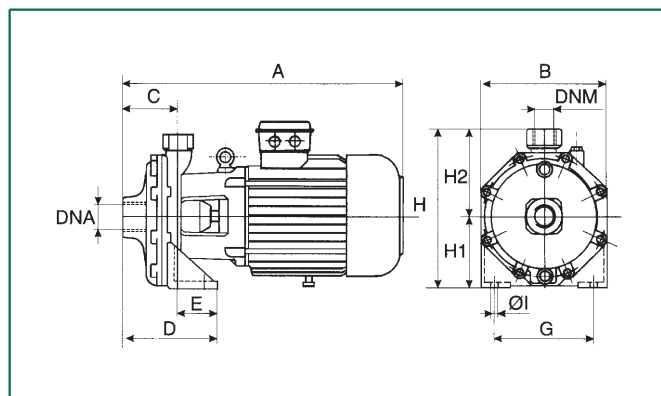
K17 - K25 - K40 - K55



K15 - K20



K75 - K100 - K125 - K150



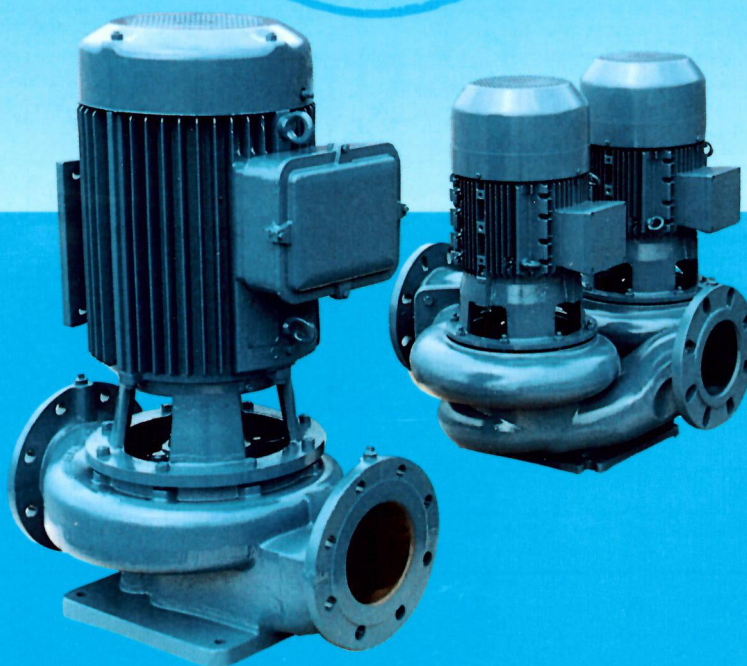
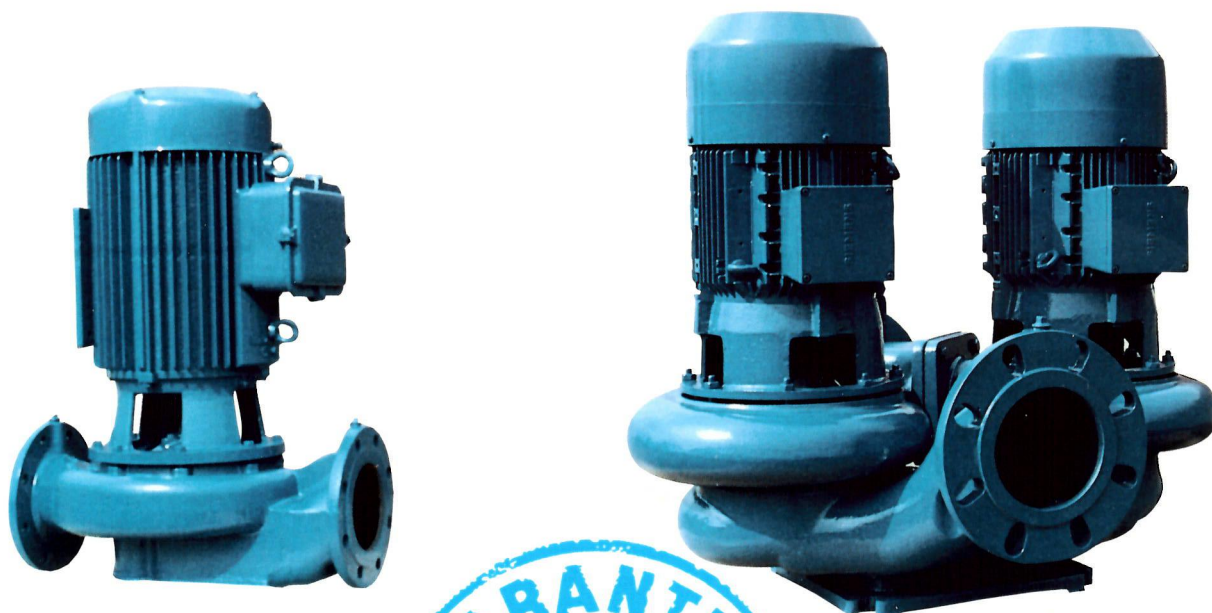
MODEL	A	B	C	D	E	F	G	ØI	H	H1	H2	DNA	DNM	WEIGHT Kg
K 10	342	180	76	148	72	15	148	9,5	235	100	135	1" G	1" G	15,9
K 17	370	210	75	144	69	15	165	11,5	268	118	150	1 1/4" G	1" G	23,3
K 25	370	210	75	114	69	15	165	11,5	268	118	150	1 1/4" G	1" G	23,8
K 15	387	205	88	—	179	20	145	11	233	108	—	1 1/2" G	1" G	21,5
K 20 M	461	205	88	—	179	20	145	11	233	108	—	1 1/2" G	1" G	25,9
K 20 T	387	205	88	—	179	20	145	11	233	108	—	1 1/2" G	1" G	22
K 30	450	256	88	160	72	18	200	14	312,5	140	172,5	1 1/2" G	1" G	37,1
K 40	450	256	88	160	72	18	200	14	312,5	140	172,5	1 1/2" G	1" G	39,7
K 55	450	256	88	160	72	18	200	14	312,5	140	172,5	1 1/2" G	1" G	43
K 75	595	270	122	182	60	20	210	14	340	160	180	2" G	1 1/4" G	72
K 100	595	270	122	182	60	20	210	14	340	160	180	2" G	1 1/4" G	78,5
K 125	635	270	122	182	60	20	210	14	340	160	180	2" G	1 1/4" G	74
K 150	635	270	122	182	60	20	210	14	340	160	180	2" G	1 1/4" G	78

BOMBAS DE ROTOR SECO

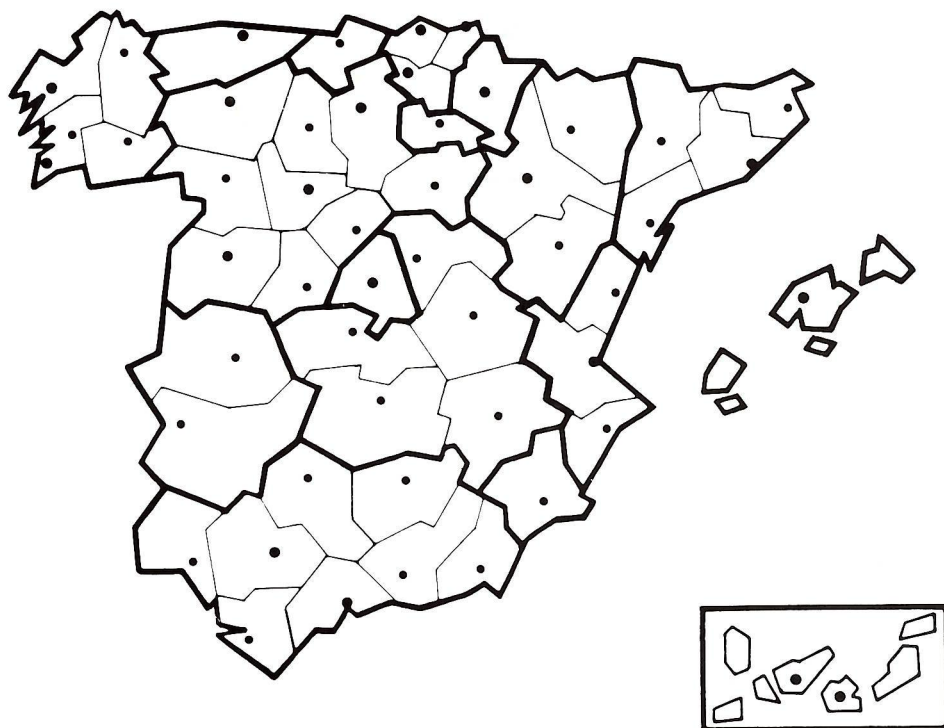
**PARA INSTALACIONES DE
CALEFACCION - CLIMATIZACION
AGUA CALIENTE SANITARIA**



EDICION 95/96



MAPA AUTONOMICO



RED DE DISTRIBUCIÓN Y SERVICIO TÉCNICO

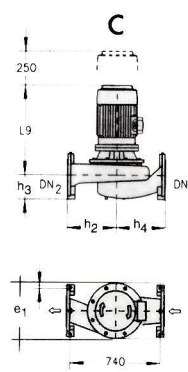
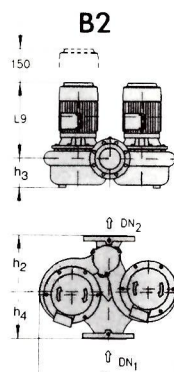
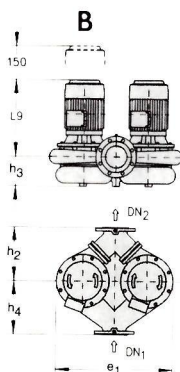
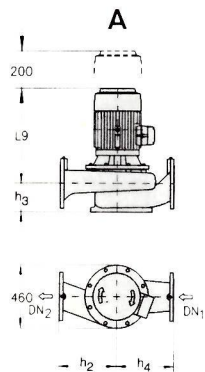
DISTRITO	CIUDAD	FIRMA	DIRECCIÓN	TELÉFONO	TFNO. MÓVIL	TELEFAX
08017	BARCELONA	SEDICAL, S. A.	Anglí, 7 bajo	93 - 280 07 32		93 - 205 12 98
09006	BURGOS	COMACAL, S. L.	General Dávila, 7 bajo	947 - 22 00 34		947 - 22 28 18
15010	LA CORUÑA	SEDICAL, S. A.	Ronda de Nelle, 141 - 5.º B	981 - 26 76 45	908 - 97 24 59	981 - 26 76 45
24001	LEON	SEDICAL, S. A.	Alcázar de Toledo, 16 Of. 3	987 - 23 65 51		987 - 23 65 51
28002	MADRID	SEDICAL, S. A.	Corazón de María, 78 bajo	91 - 413 53 11		91 - 416 19 54
29003	MÁLAGA	DYSCAL, S. L.	Sierra Bermeja, 3 bajo	952 - 32 70 42		952 - 33 10 62
33006	OVIEDO	SEDICAL, S. A.	Regenta, 15 D	98 - 527 09 88	908 - 97 20 18	98 - 527 09 88
07010	P. MALLORCA	VALDECO, S. L.	Ctra. Valldemosa, 25	971 - 75 92 28		971 - 75 92 28
31011	PAMPLONA	SEDICAL, S. A.	Monasterio Fitero, 34 - 14.º	948 - 26 35 81	908 - 77 85 97	948 - 17 06 13
37008	SALAMANCA	SERVINCAL, S. L.	Santa Brígida, 8 - 14 bajo	923 - 26 52 49		923 - 26 52 49
20009	SAN SEBASTIAN	SEDICAL, S. A.	Pilotegui Bidea, 12 - B.º de Igara	943 - 21 20 03		943 - 21 59 69
41020	SEVILLA	SEDICAL, S. A.	Políg. Aeropuerto-La Moraleja, C-21	95 - 425 29 00	908 - 97 21 36	95 - 425 29 00
48150	SONDICA	SEDICAL, S. A.	Apartado Correos, 22	94 - 471 04 60		94 - 471 00 09
46015	VALENCIA	VALDECO, S. L.	Marqués de San Juan, 23	96 - 347 98 92		96 - 348 46 78
47008	VALLADOLID	SEDICAL, S. A.	Camino Viejo de Simancas, 16 Oficina 1	983 - 23 58 77	908 - 97 21 32	983 - 23 58 77
36202	VIGO	TADECAL, S. L.	Conde de Torrecedeira, 49 bajo	986 - 23 49 03		986 - 20 81 35
01013	VITORIA	SEDICAL, S. A.	Santa Isabel, 12 - 4.º B	945 - 25 21 20	908 - 97 16 12	945 - 25 21 20
50003	ZARAGOZA	SEDICAL, S. A.	Amsterdam, 4 bajo	976 - 44 26 87		976 - 44 56 75

RED DE DISTRIBUCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS AUTORIZADOS EN TODA ESPAÑA

Sedical

TECNICA PARA EL AHORRO DE ENERGIA





(1) La cota L9 y el peso están expresados para el motor de mayor potencia.

TIPO	DN ₁	DN ₂	COTAS mm.					Pot. motor kW		1/mín.	Peso kg (1)	FI-GU-RA
			h ₂	h ₄	h ₃	e ₁	L ₉ (1)	mín.	máx.			
SIM 65/190	65	65	200	200	84	290	401	0,8	2,3	1450	54	A
SIM 65/260	65	65	237,5	237,5	100	346	407	1,7	2,3	1450	76	A
SIM 80/160	80	80	190	210	125	248	384	1,1	1,7	1450	48	A
SIM 80/260	80	80	245	245	135	355	432	2,3	4,3	1450	88	A
SIM 100/190	100	100	250	250	110	320	405	1,1	2,3	1450	71	A
SIM 100/260	100	100	265	265	125	365	495	3,2	5,9	1450	104	A
SIM 125/190	125	125	280	280	135	360	453	1,7	4,3	1450	93	A
SIM 125/260	125	125	307,5	307,5	155	390	536	5,9	10,7	1450	145	A
SIM 150/230	150	150	315	315	150	400	550	4,3	10,7	1450	149	A
SIM 150/290	150	150	335	335	165	460	754	10,7	18,5	1450	293	A
SIM 150/350	200	150	370	370	230	580	935	22,0	45,0	1450	525	C
SIM 200/240	200	200	378	378	215	600	799	10,7	18,5	1450	348	C
SIM 200/300	200	200	400	400	235	530	934	15,0	30,0	1450	316	C
SIM 200/310	250	200	410	410	255	630	882	30,0	45,0	1450	607	C
SIM 200/370	200	200	445	445	270	700	1069	37,0	75,0	1450	840	C
SIM 250/370	300	250	510	620	330	740	1234	55,0	132,0	1450	1269	C
SDM 65/150	65	65	180	180	100	520	371	0,6	1,1	1450	76	B2
SDM 65/260	65	65	237,5	237,5	95	700	407	1,7	3,2	1450	139	B2
SDM 80/150	80	80	200	200	125	540	382	0,6	1,7	1450	88	B2
SDM 80/260	80	80	245	245	125	710	437	2,3	4,3	1450	167	B2
SDM 100/190	100	100	250	250	135	760	394	1,1	2,3	1450	141	B
SDM 100/260	100	100	265	265	125	735	495	3,2	5,9	1450	200	B2
SDM 125/190	125	125	280	280	160	810	438	1,7	4,3	1450	184	B
SDM 125/260	125	125	307,5	307,5	155	755	536	5,9	10,7	1450	277	B2
SDM 150/230	150	150	355	355	220	850	532	4,3	10,7	1450	303	B
SDM 150/290	150	150	375	375	194	950	768	10,7	22,0	1450	592	B
SDM 200/300	200	200	425	425	250	1100	824	15,0	30,0	1450	886	B
SIP 30/80	32	32	90	90	75	140	275	0,18	—	2900	12	A
SIP 32/160	40	32	150	150	116	250	455	4,3	5,9	2900	71	A
SIP 50/110	50	50	125	125	100	160	340	0,75	—	2900	26	A
SIP 50/160	50	50	160	160	90	217	394	1,30	3,5	2900	76	A
SIP 50/200	65	50	180	220	132	300	656	7,5	15,0	2900	138	C
SIP 50/260	65	50	225	250	132	350	760	15,0	22,0	2900	191	C
SIP 65/130	65	65	170	190	100	222	510	2,7	5,9	2900	67	A
SIP 65/160	65	65	170	190	100	233	510	5,9	8,0	2900	74	A
SIP 65/200	80	65	200	225	132	310	755	11,0	22,0	2900	179	C
SIP 65/260	80	65	225	265	160	350	791	18,5	37,0	2900	275	C
SIP 80/130	80	80	190	210	125	235	515	7,3	15,0	2900	75	A
SIP 80/160	80	80	190	210	125	248	553	8,0	12,0	2900	92	A
SIP 80/200	100	80	225	250	160	330	799	15,0	30,0	2900	248	C
SIP 80/260	100	80	250	280	160	370	897	22,0	45,0	2900	395	C
SIP 100/200	125	100	280	315	180	350	897	22,0	45,0	2900	395	C
SIP 100/260	125	100	280	335	180	390	1033	45,0	75,0	2900	651	C
SDP 65/150	65	65	180	180	100	520	506	2,7	8,0	2900	144	B2
SDP 80/150	80	80	200	200	125	540	551	3,5	10,3	2900	177	B2
SIL 150/230	150	150	315	315	150	400	512	1,6	2,3	950	121	A
SIL 200/240	200	200	379	379	215	600	546	4,3	—	950	216	C
SIL 200/310	250	200	410	410	255	630	783	7,5	11,0	950	354	C
SIL 250/370	300	250	510	620	330	740	1019	18,5	37,0	950	778	C
SDL 150/230	150	150	355	355	220	850	494	1,6	3,2	950	244	B
SDL 200/300	200	200	425	425	250	1100	722	5,9	11,0	950	606	B

8
3
5

1
4
2

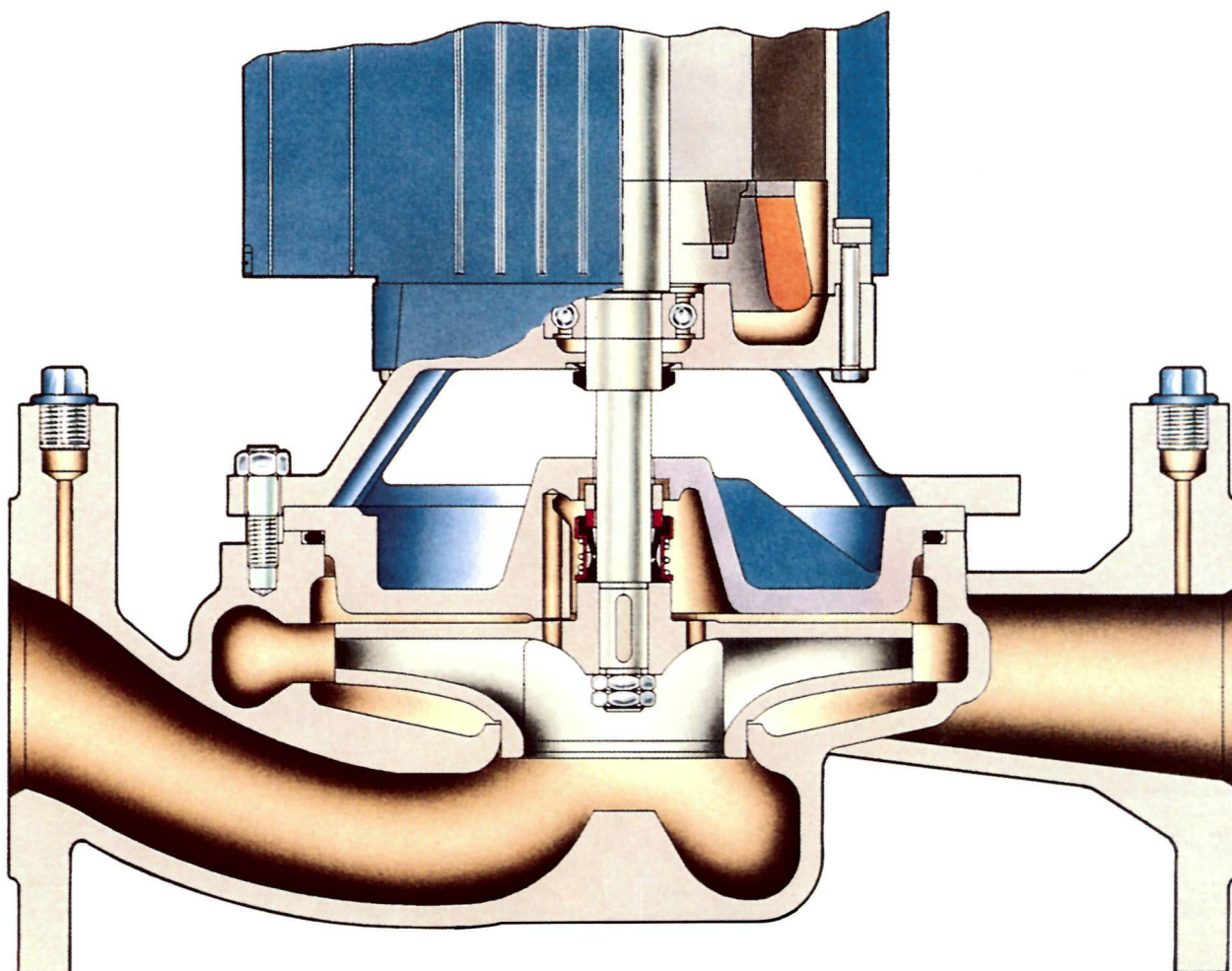
3
3
3

9
9
0

9
3
7

5
0
5

A



EL PROGRAMA SEDICAL

SEDICAL, S. A., presenta el programa más completo y homogéneo de bombas de rotor seco con motores de 2, 4 y 6 polos, con caudales de hasta 1.200 m.³/h. y alturas manométricas de hasta 40 mCA para 1.450 r.p.m. y 90 mCA para 2.900 r.p.m.

La característica constructiva más novedosa de estas bombas es un sistema de autopurgado generado por una circulación forzada del agua al girar el rodeté, lo que permite las siguientes ventajas:

- **MANTENIMIENTO CONSTANTE DE LA TEMPERATURA DEL AGUA A AMBOS LADOS DEL RODETE.**
- **MANTENIMIENTO CONSTANTE DE LA PRESION A AMBOS LADOS DEL RODETE.**
- **REFRIGERACION CONSTANTE DEL CIERRE MECANICO.**

Los niveles de ruido de las bombas son extremadamente bajos y están indicados en el catálogo técnico para todos los modelos y potencias. **SOLICITE NUESTRO CATALOGO TECNICO.**

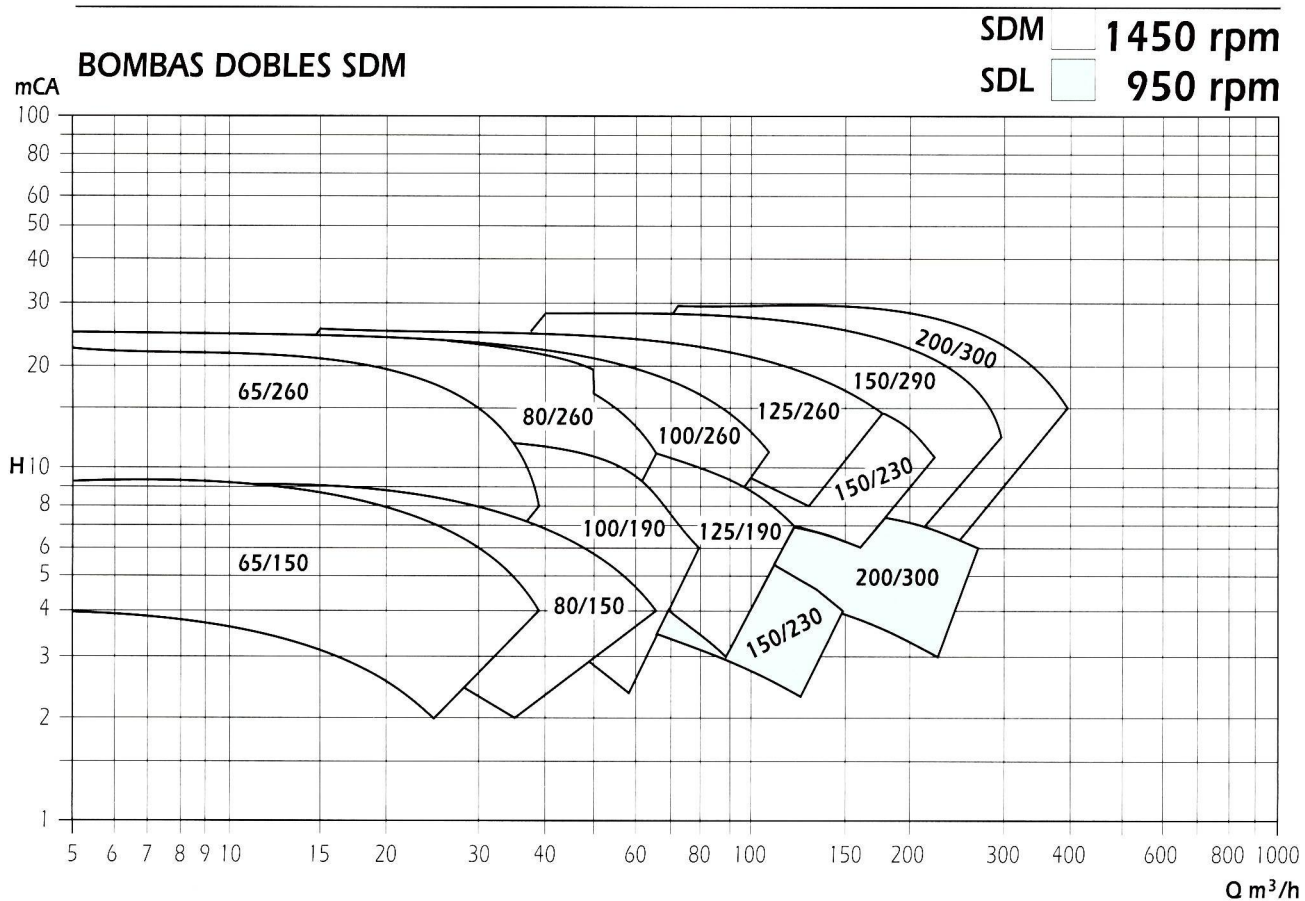
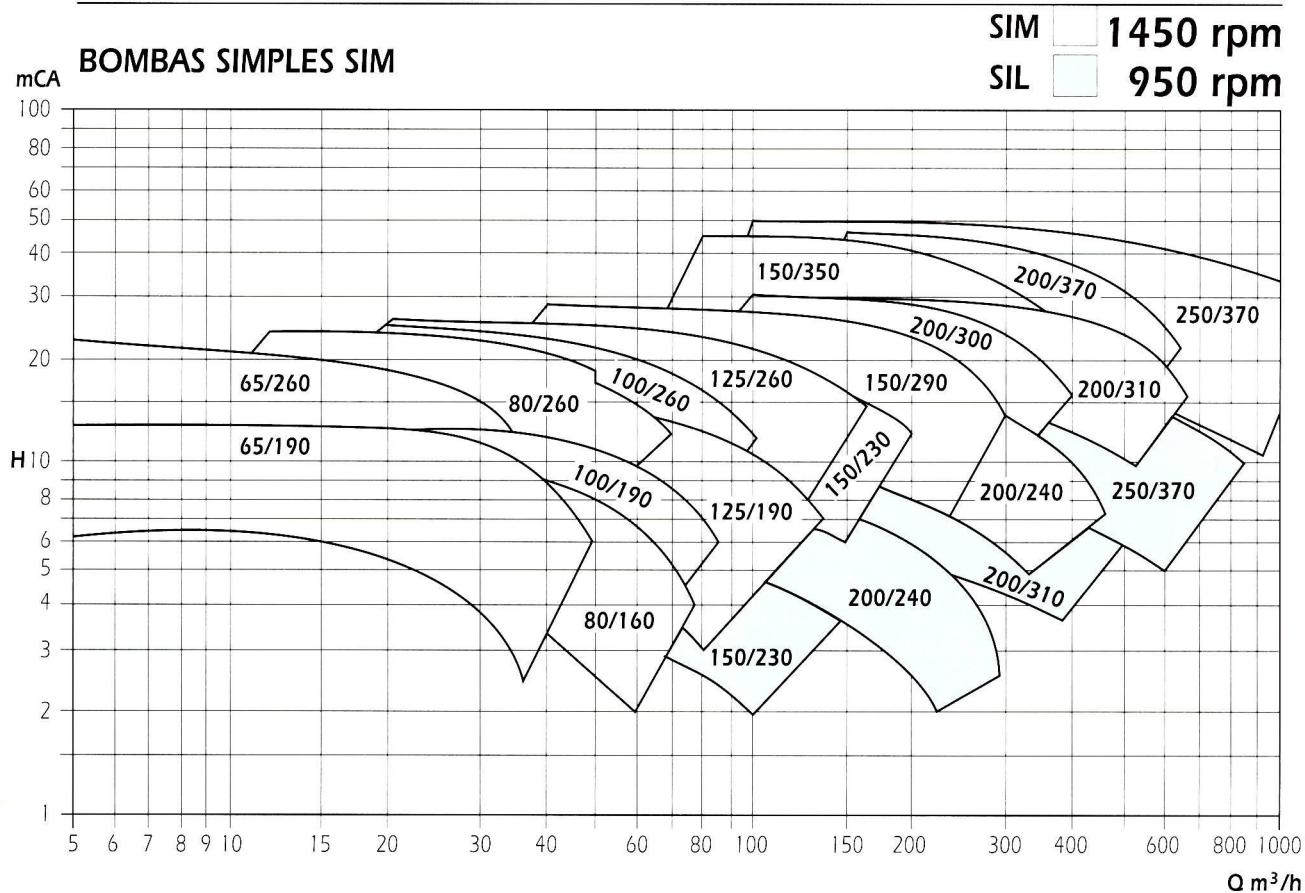
DENOMINACION DE TIPOS

SI	M	100/260-5,9	
			Pot. nominal del motor kW
			Ø nominal del rodeté
			Ø de impulsión DN ₂
			P: 2.900 r.p.m. (2 polos)
			M: 1.450 r.p.m. (4 polos)
			L: 950 r.p.m. (6 polos)
			SI: Bomba Simple
			SD: Bomba Doble

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

Aplicación:	En todos los sistemas de calefacción, aire acondicionado, agua caliente sanitaria. Agua, agua de condensados, agua glicolada hasta el 50 %. Otros medios sin aceites minerales o abrasivos.
Presión de trabajo:	10 bar a 140° C 16 bar a 120° C
Temperatura:	mínimo -20° C máximo + 140° C
Materiales:	Cuerpo de bomba: GG 25 Eje: Rost 1.4057 (Aisi 431) Cierre mecánico: Carbón/cerámica O-ring: EPDM
Tolerancias:	ISO 2548 C
Bridas:	DIN 2533 PN 16
Motor:	Protección IP 54 (espec. IP 55) Clase de aislamiento F Hasta 4 kW. 380/420 50 Hz. - λ Hasta 4 kW. 380/420 50 Hz. - Λ Los motores tienen que se protegidos exteriormente contra sobrecargas de intensidad, sobre tensiones mínimas y caídas de fase. Curvas y datos para médium con viscosidad 1 mm. ² /s y densidad 1 kg.

CAMPOS GENERALES DE TRABAJO



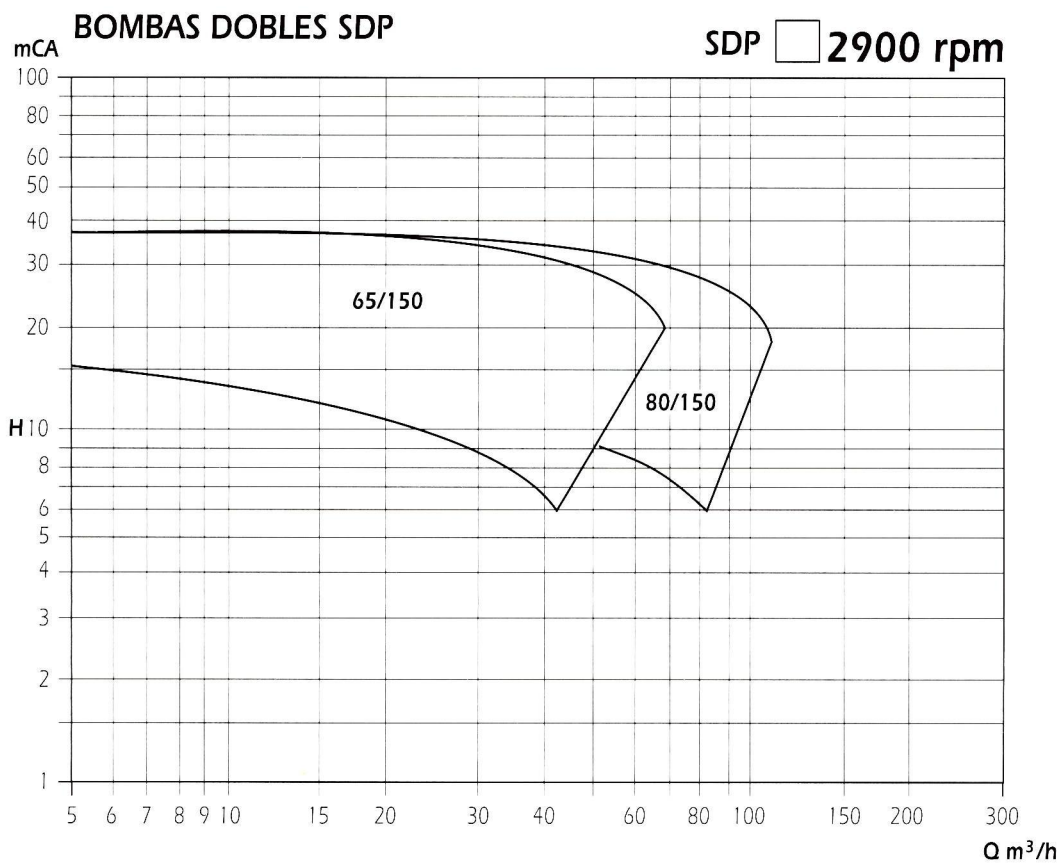
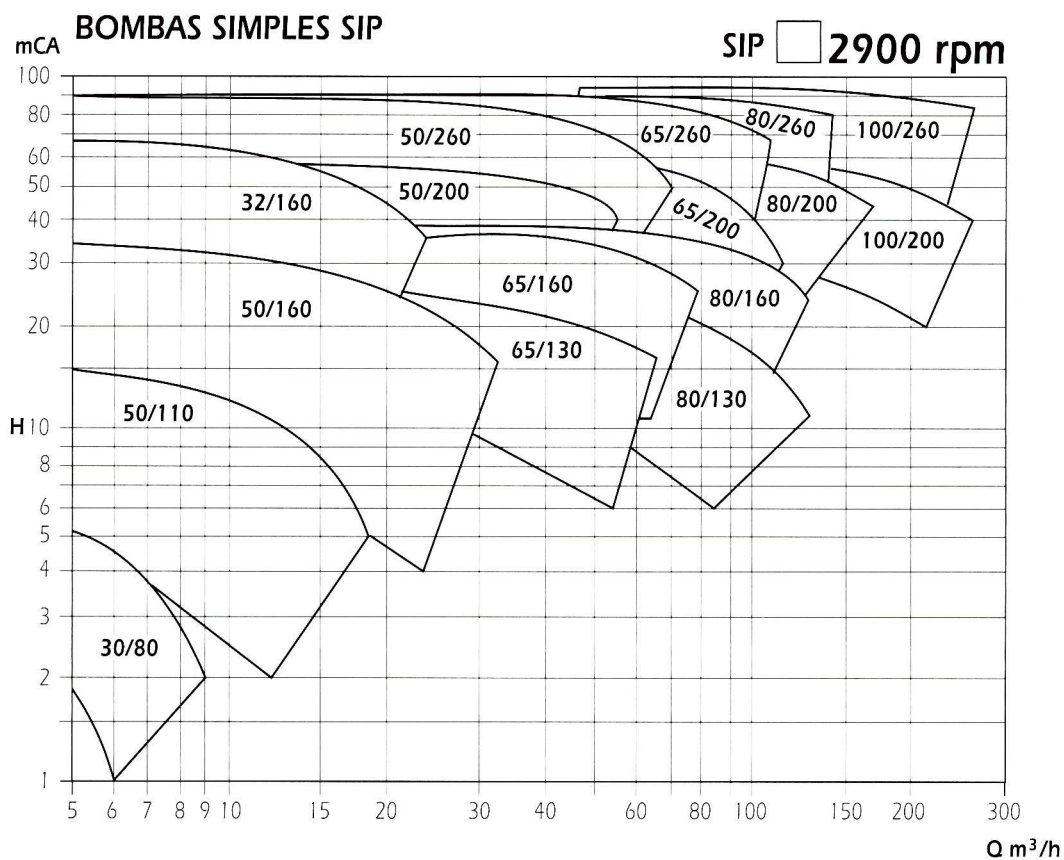
8
8
5
1
4
2

8
8
3

9
9
0
9
8
7
5
0
5

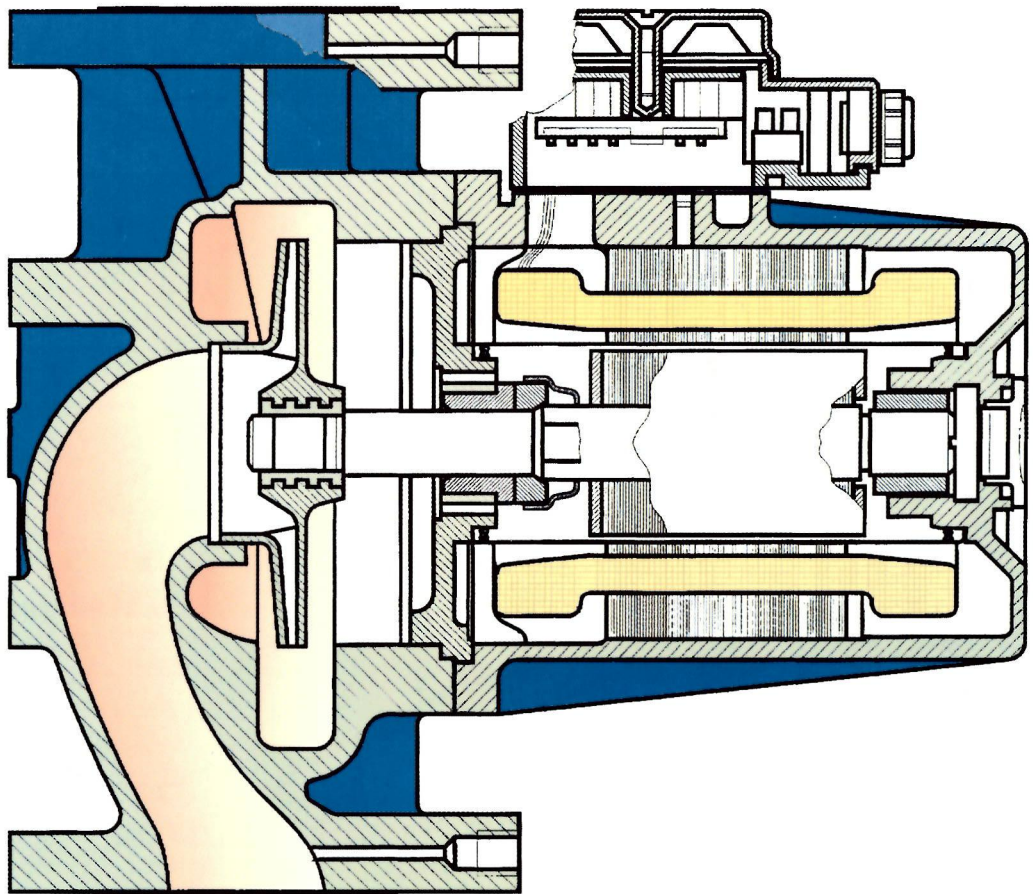
A

CAMPOS GENERALES DE TRABAJO



BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO

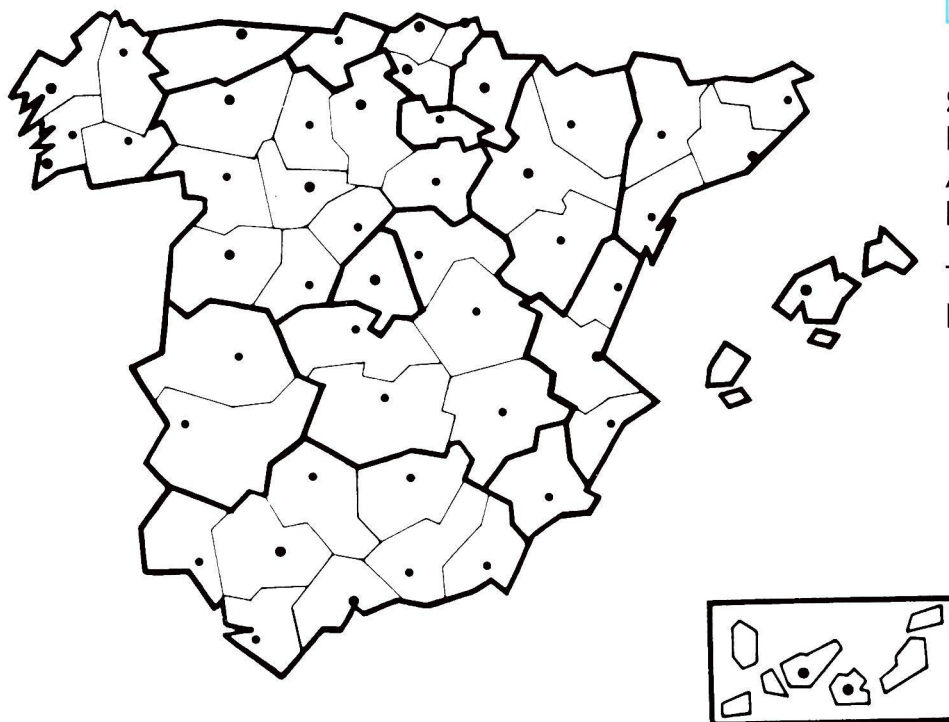
**PARA INSTALACIONES DE
CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN
Y AGUA CALIENTE SANITARIA**



Sedical

TECNICA PARA EL AHORRO DE ENERGIA

MAPA AUTONÓMICO



SEDICAL, S. A.

Pol. Ind. Berreteaga, s/n.

Apartado de Correos 22

E-48150-SONDICA (VIZCAYA)

Telf.: 94 - 471 04 60*

Fax: 94 - 471 00 09

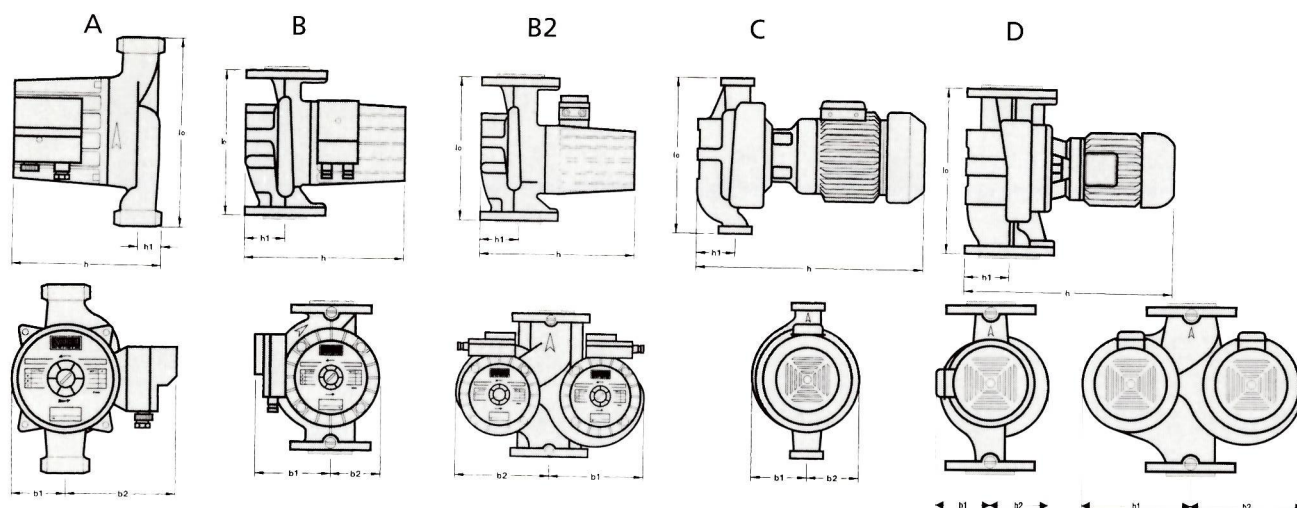
94 - 471 00 08

RED DE DISTRIBUCIÓN Y SERVICIO TÉCNICO

CÓDIGO POSTAL	CIUDAD	FIRMA	DIRECCIÓN	TELÉFONO	TFNO. MÓVIL	TELEFAX
08017	BARCELONA	SEDICAL, S. A.	Anglí, 7 bajo	93 - 280 07 32		93 - 205 12 98
09006	BURGOS	COMACAL, S. L.	General Dávila, 7 bajo	947 - 22 00 34		947 - 22 28 18
15010	LA CORUÑA	SEDICAL, S. A.	Ronda de Nelle, 141 - 5º B	981 - 26 76 45	908 - 97 24 59	981 - 26 76 45
24001	LEON	SEDICAL, S. A.	Alcázar de Toledo, 16 Of. 3	987 - 23 65 51	908 - 97 21 31	987 - 23 65 51
28002	MADRID	SEDICAL, S. A.	Corazón de María, 78 bajo	91 - 413 53 11		91 - 416 19 54
29003	MALAGA	DYSCAL, S. L.	Sierra Bermeja, 3 bajo	952 - 32 70 42		952 - 33 10 62
33006	OVIEDO	SEDICAL, S. A.	Regenta, 15 D	98 - 527 09 88	908 - 97 20 18	98 - 527 09 88
07010	P. MALLORCA	VALDECO, S. L.	Ctra. Valldemosa, 25	971 - 75 92 28		971 - 75 92 28
31011	PAMPLONA	SEDICAL, S. A.	Monasterio Fitero, 34 - 14º	948 - 26 35 81	908 - 77 85 97	948 - 17 06 13
20009	SAN SEBASTIAN	SEDICAL, S. A.	Pilotegui Bidea, 12 - Bº de Igara	943 - 21 20 03		943 - 21 59 69
41020	SEVILLA	SEDICAL, S. A.	Políg. Aeropuerto-La Moraleja, C-21	95 - 425 29 00	908 - 97 21 36	95 - 425 29 00
48150	SONDICA	SEDICAL, S. A.	Apartado Correos, 22	94 - 471 04 60		94 - 471 01 32
46015	VALENCIA	VALDECO, S. L.	Marqués de San Juan, 23	96 - 347 98 92		96 - 348 46 78
47008	VALLADOLID	SEDICAL, S. A.	Camino Viejo de Simancas, 16 Oficina 1	983 - 23 58 77	908 - 97 21 32	983 - 23 58 77
36202	VIGO	TADECAL, S. L.	Conde de Torrecedeira, 49 bajo	986 - 20 14 16		986 - 20 81 35
01013	VITORIA	SEDICAL, S. A.	Santa Isabel, 12 - 4º B	945 - 25 21 20	908 - 97 16 12	945 - 25 21 20
50003	ZARAGOZA	SEDICAL, S. A.	Amsterdam, 4 bajo	976 - 44 26 87		976 - 44 56 75

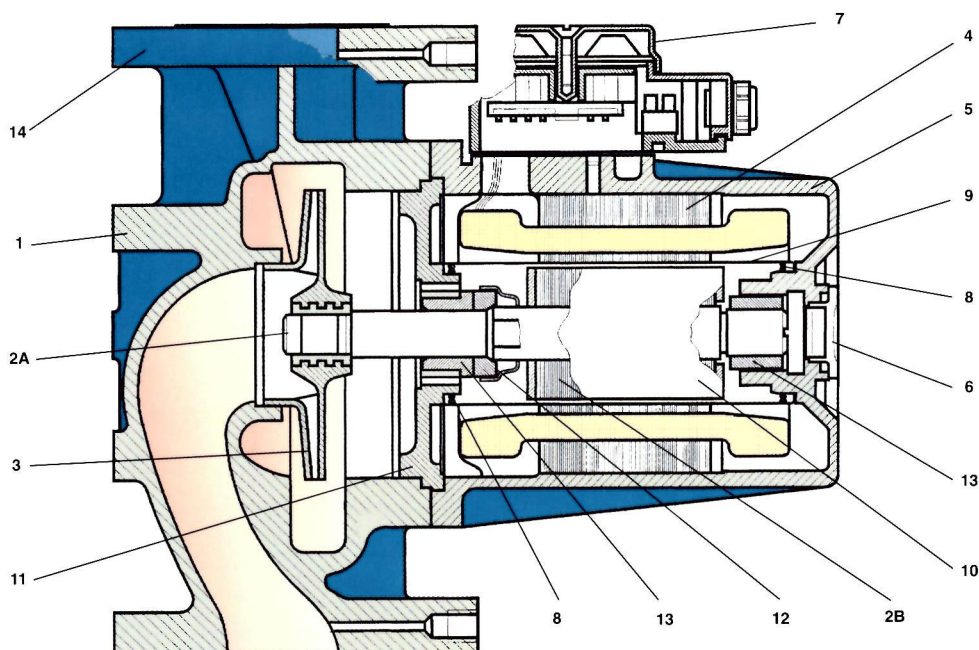
RED DE DISTRIBUCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS AUTORIZADOS EN TODA ESPAÑA





TIPO	DN 1,2	COTAS en mm.					Pot. Rotor	Consumo	Peso kg	Figura
		lo	h	h ₁	b ₁	b ₂	P ₁ (máx.) W	I (máx.) 400 / 230		
SP 25/5 SP 30/7	1" 1 1/4"	180 180	104 143	26 30	49 52	81 92	95 95	0,44 0,47	2,8 3,4	A
SP 30/6 M SP 30/6 SP 30/8 M SP 30/8	1 1/4"	180 180 180 180	175 175 175 175	34 34 34 34	52 52 52 52	112 118 112 118	255 310 236 285	1,15 0,65/1,12 1 0,65/1,12	4,8 5,2 4,8 5,2	A
SP 40/7 SP 40/12 SP 50/7 SP 50/12 SP 65/7 SP 65/12 SP 80/12	40 40 50 50 65 65 80	250 250 280 280 340 340 360	266 309 309 309 328 328 398	66 66 73 73 98 98 97	126 126 143 143 143 143 143	83 83 95 95 97 97 100	380 585 680 1040 940 1300 1900	1,00/1,73 1,23/2,12 1,54/2,00 1,98/3,42 1,55/2,68 2,78/4,80 3,60/6,22	20,0 20,0 29,5 29,5 34,0 36,5 44,0	B
SDP 32/7 M SDP 40/6 M SDP 40/6 SDP 40/7 SDP 40/12 SDP 50/12 SDP 65/12 SDP 80/12	32 40 40 40 40 50 65 80	220 250 250 250 250 280 340 360	150 211 211 271 271 325 375 389	50 70 70 66 66 73 82 97	115 128 183 188 188 220 232 215	115 122 183 188 188 220 228 215	95 255 310 380 585 1040 1300 1900	0,47 1,15 0,65/112 1,00/1,73 1,23/2,12 1,98/3,42 2,78/4,80 3,60/6,22	9 14,2 14,8 28,5 28,5 56,0 67,0 80,0	B2
SM 50/3 SM 50/5 SM 65/3 SM 65/5 SM 80/4 SM 80/6	50 50 65 65 80 80	280 280 340 340 360 360	309 309 328 328 348 398	73 73 98 98 97 97	143 143 143 143 143 143	95 95 97 97 100 100	300 455 340 502 530 698	1,21/2,09 1,28/2,21 1,23/2,12 1,35/2,33 1,35/2,33 2,17/3,75	27,5 27,5 31,0 31,0 34,5 44,0	B
SA 25/3 (150) SA 25/3 (180) SA 25/6 SA 30/6	1" 1" 1" 1 1/4"	150 180 150 180	137 137 137 137	24 24 24 24	52 52 52 52	92 92 92 92	67,5 67,5 121 121	0,32 0,32 0,58 0,58	3,1 3,5 3,1 3,5	A
SAM 25/2 SAP 25/8 SAM 30/6 SAP 30/20	1" 1" 1 1/4" 1 1/4"	180 180 250 250	275 275 362 362	24 24 63 63	65,5 65,5 87,5 87,5	65,5 65,5 87,5 87,5	80 200 190 660	0,30/0,53 0,70/1,20 0,60/1,00 1,30/2,30	7,5 7,5 14,5 15,1	C
SAP 40/8 SAP 50/9 SAP 50/12 SAP 65/11 SAP 80/12	40 50 50 65 80	250 280 280 340 360	373 391 391 433 463	66 73 73 82 97	82 94 94 99 99	97 110 110 130 130	350 700 860 1230 2200	1,00/1,70 1,60/2,80 1,80/3,20 2,60/4,50 3,90/6,75	21,2 28,2 28,2 38,4 43,3	D
SADP 40/8 SADP 50/9 SADP 50/12 SADP 65/11 SADP 80/12	40 50 50 65 80	250 280 280 340 360	373 391 391 433 463	66 73 73 82 97	185 217 217 226 230	187 217 217 229 233	350 700 860 1230 2200	1,00/1,70 1,60/2,80 1,80/3,20 2,60/4,50 3,90/6,75	38 57,5 56,9 79,6 79,6	D

ROBUSTEZ Y FIABILIDAD ABSOLUTAS



DESPIECE

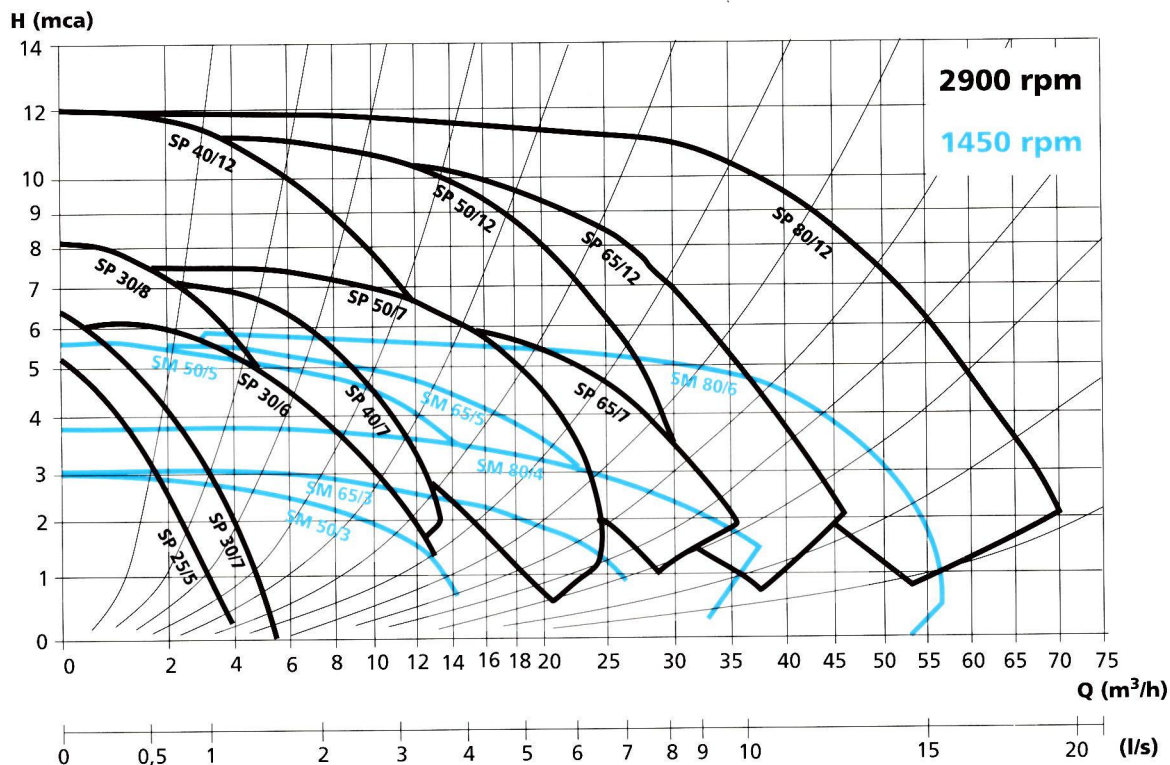
1 CUERPO DE BOMBA
2A EJE DEL MOTOR
2B ROTOR
3 RODETE
4 ESTATOR
5 CARCASA DEL MOTOR
6 TORNILLO DE DESAIREACIÓN
7 CAJA DE CONEXIONES

8 JUNTAS DE ESTANQUEIDAD
9 CAMISA DEL ESTATOR
10 CAMISA DEL ROTOR
11 PLATO DE CIERRE DEL ROTOR
12 SOPORTE DEL COJINETE
13 COJINETES
14 ORIFICIOS RASGADOS* COMPATIBLES
PN 6 / DIN 2531 - PN 10 / DIN 2532

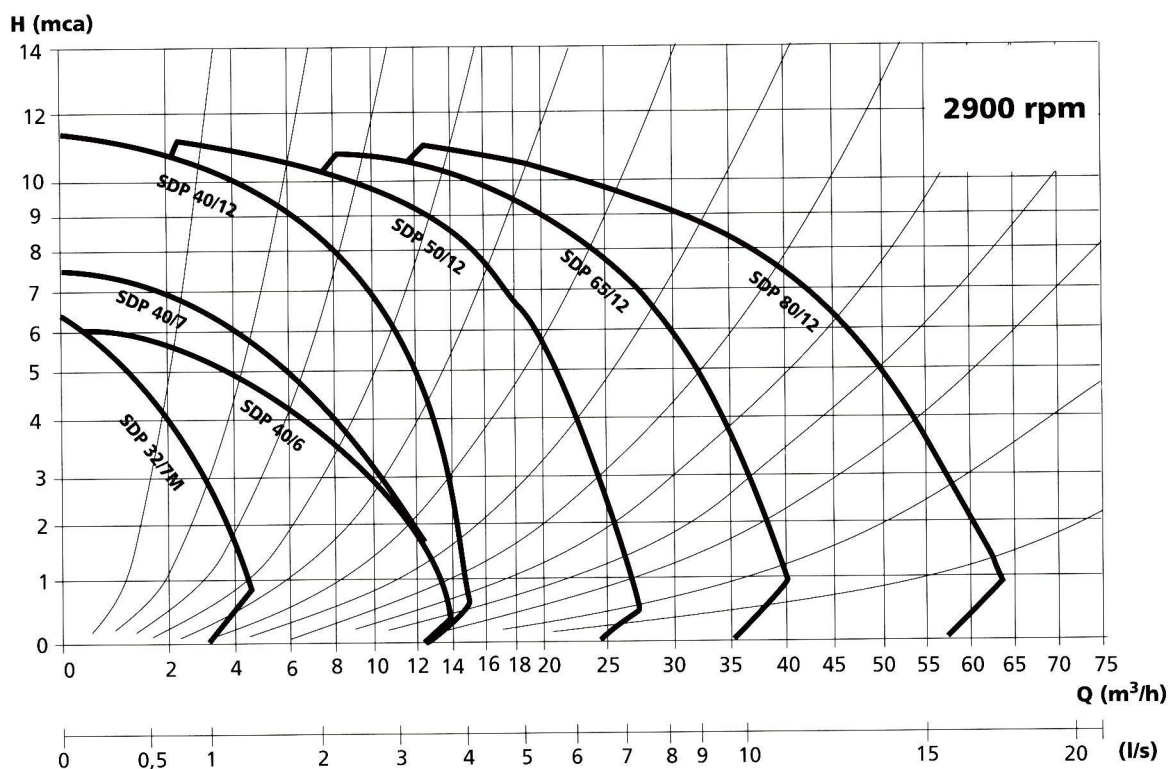
* SDP 32/7 PN 6

	SP 25/5 a SP 30/8 SDP 32/7 y SDP 40/6	S(D)P 40/7 a S(D)P 80/12 SM 50/3 a SM 80/6	SA 25/30	SAM, SAP y SADP
APLICACIÓN	Circuitos de calefacción	Circuitos de calefacción y climatización	Circuitos de ACS	Circuitos de ACS y climatización
PRESIÓN DE TRABAJO	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar
TEMPERATURAS	+2 °C a +110 °C	-5 °C a +120 °C	+2 °C a +65 °C	-15 °C a +120 °C
MATERIALES				
- CUERPO DE BOMBA	Fundición gris	Fundición gris	Bronce	Bronce y fundición gris
- EJE	Acero inoxidable	Acero Inoxidable	Cerámico	Acero Inoxidable
- COJINETES/SOPORTES	Carbón/Cerámica	Carbón/Cerámica	Carbón/Cerámica	Cierre mecánico
- JUNTAS	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM
- TOLERANCIAS	ISO 2548	ISO 2548	ISO 2548	ISO 2548
- BRIDAS	Roscas de 1" y 1 1/4"	PN 10	Rosca de 1" y 1 1/4"	Rosca de 1" y 1 1/4"
- RODETE	DN 32, PN 6, DN 40, PN 10	DN 40÷DN 80, PN 10		DN 40÷DN 80, PN 10
- MOTOR	Termopolímero	Termopolímero	Termopolímero	Termopolímero
- CLASE DE AISLAMIENTO	MONOFÁSICO/TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	MONOFÁSICO	TRIFÁSICO
- PASACABLES	F	F	F	F
- REG. DE VELOCIDAD	PG 9 / PG 11	PG 11	PG 9	-
- PROTECCIÓN	Eléctrica	Eléctrica	No tiene	No tienen
- TENSIÓN	IP 44	IP 44	IP 44	IP 44 / IP 55
	230 ó 400V / 50 Hz	230 ó 400V / 50 Hz	1 x 230V / 50 Hz	230-400V / 50 Hz
PROTECCIÓN TÉRMICA	Incorporada/Clixón	Clixón	Incorporada	-
PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA SOBRETENSIONES	No necesita / Sí necesita	Sí necesita	No necesita	Sí necesita
CAJA DE CONEXIONES	Material sintético con juntas de goma	Material sintético con juntas de goma	Material sintético con juntas de goma	Norma IEC
CONSTRUCCIÓN	Rotor húmedo	Rotor húmedo	Rotor húmedo	Rotor seco

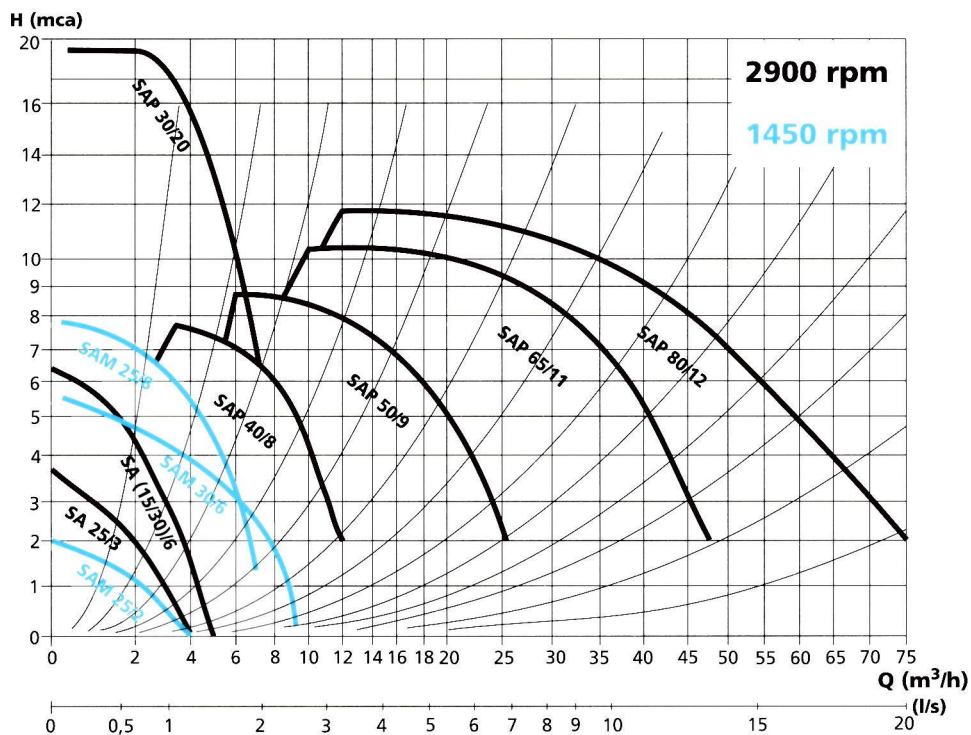
BOMBAS SIMPLES



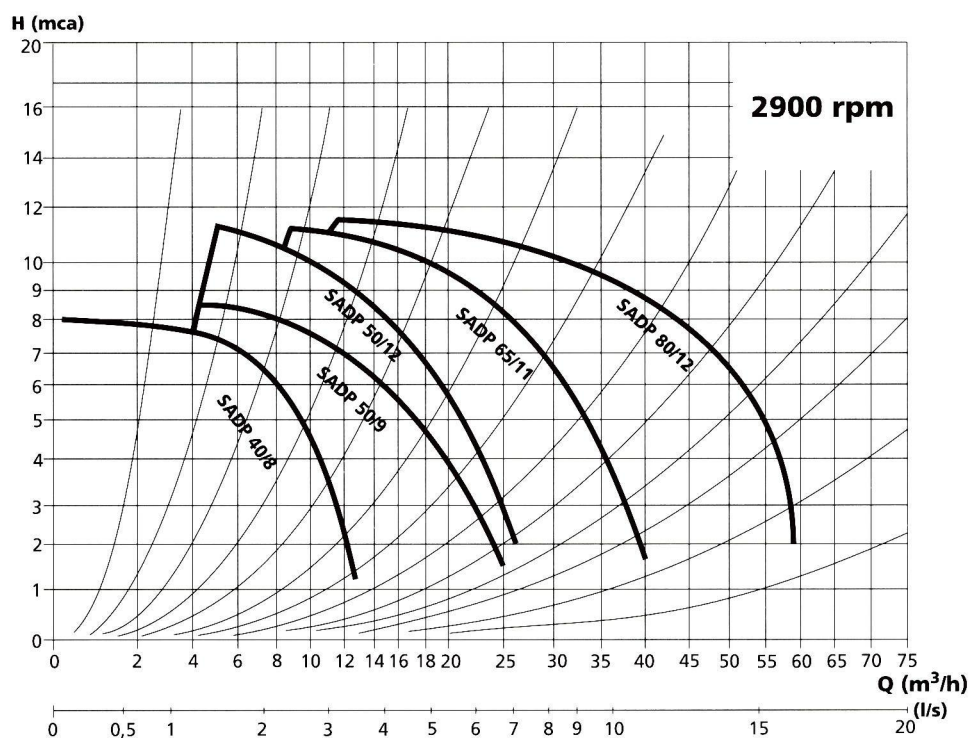
BOMBAS DOBLES



BOMBAS SIMPLES



BOMBAS DOBLES



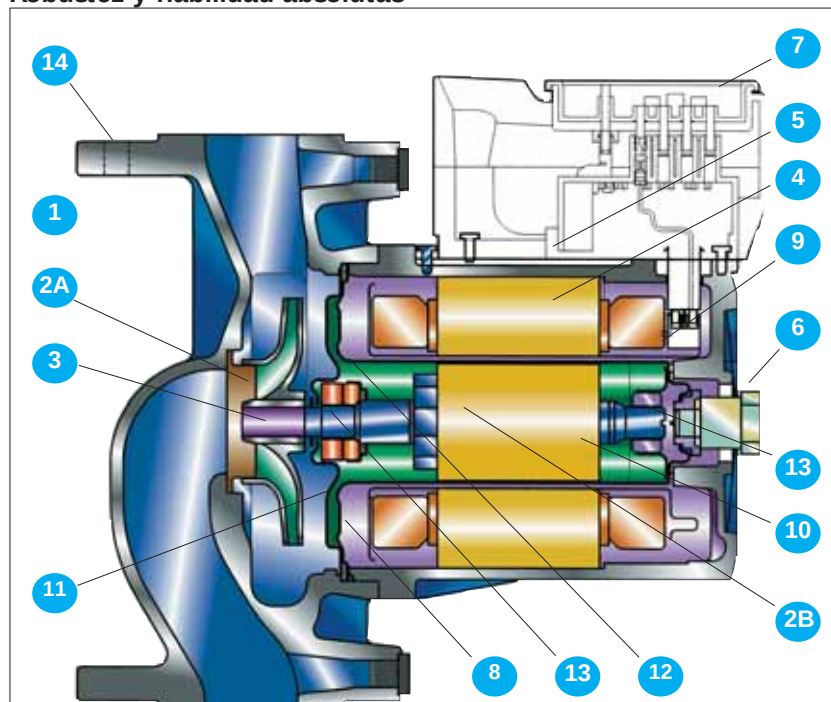
Bombas de rotor húmedo y seco

para instalaciones de
calefacción, climatización
y agua caliente sanitaria



BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO

Robustez y fiabilidad absolutas



Modelos: SP(D) / SM(D) / SA / A(D) - B

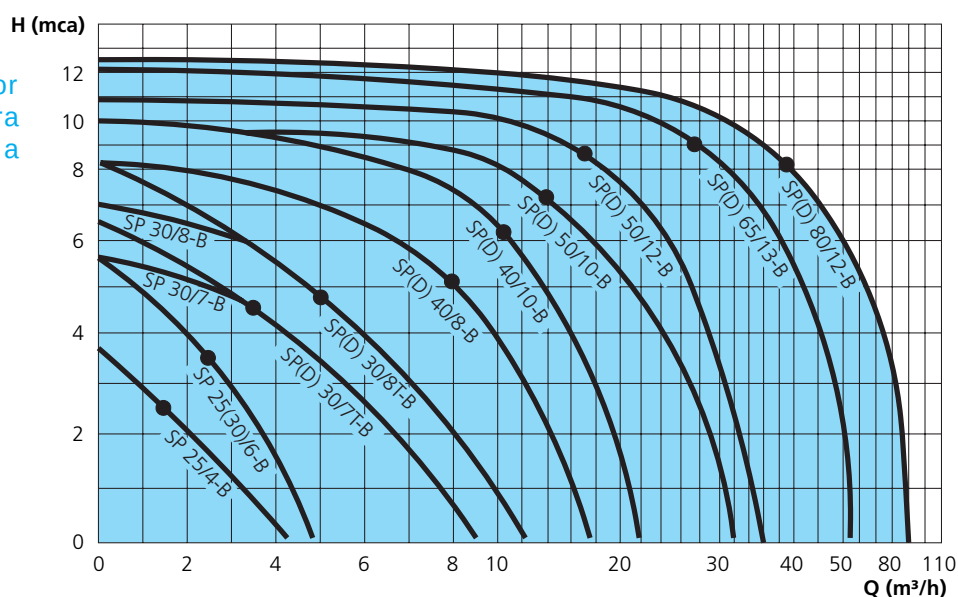
DESPIECE

- 1 CUERPO DE BOMBA
 - 2 A EJE DEL MOTOR
 - B ROTOR
 - 3 RODETE
 - 4 ESTATOR
 - 5 CARCASA DEL MOTOR
 - 6 TORNILLO DE DESAIREACIÓN Y COMPROBACIÓN DE GIRO
 - 7 CAJA DE CONEXIONES
 - 8 JUNTAS DE ESTANQUEIDAD
 - 9 CAMISA DEL ESTATOR
 - 10 CAMISA DEL ROTOR
 - 11 PLATO DE CIERRE DEL ROTOR
 - 12 SOPORTE DEL COJINETE
 - 13 COJINETES
 - 14 ORIFICIOS DE LAS BRIDAS
- DIN 2531 PN 6 - DIN 2532 PN 10

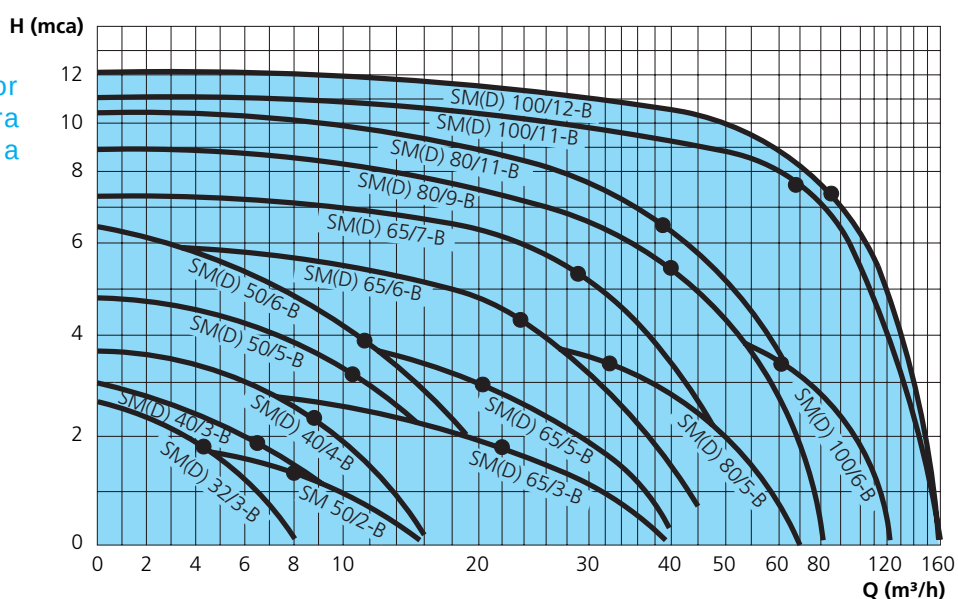
		SP 25/4-B ÷ SP 30/8-B SP(D) 30/7T-B ÷ 8TB(*)	SM (D) / SP(D) 32 ÷ 100/12-B	A 25/4-B ÷ A(D) 65/12-B	SE(D) 40/8-B ÷ SE(D) 80/12	SA 20/2-B ÷ SA 40/8-B	SAM y SA(D)P
Aplicaciones		Calefacción / climatización	Calefacción / climatización	Calefacción / climatización	Calefacción / climatización	ACS	Calefacción / ACS / climatización
Presión de trabajo		10 bar	10 bar	R' (10 bar) DN (16 bar)	10 bar	10 bar	10 bar
Temp. trabajo	sin aislam.	-20 a +110°C	-20 a +140°C	+15 a +95°C	-10 a +110°C	65°C	-15 a +120°C
	con aislam.	-20 a +55°C	-20 a +100°C	+15 a +95°C	-10 a +110°C	65°C	-15 a +120°C
Temp. máx. ambiente		40°C	40°C	40°C	40°C	40°C	40°C
Nivel sonoro		<40 dB(A)	<40 dB(A)	<55 dB(A)	<55 dB(A)	<40 dB(A)	<65 dB(A)
Glicol máx.		50%	50%	50%	30%	- - -	45%
MATERIALES							
Cuerpo bomba		GG20	GG20	GG20	GG20	Bronce o GG20	Bronce o GG20
Rodete		Polisulfón	Polisulfón	Polisulfón	Tecnopolímero	Polisulfón	Termopolímero
Eje		Cerámica	Inox. 14305	Cerámica-Inox. 14201	Acero inoxidable templado	Cerámica-Inox. 14401	Acero Inox.
Cojinetes		Cerámica	Cerámica	Grafito	Grafito	Cerámica	Rodamientos
Juntas		EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM
Caja de conexiones		Material sintético con junta de goma	Material sintético con junta de goma	Material sintético con junta de goma	Material sintético con junta de goma	Material sintético con junta de goma	Norma I EC con junta de goma
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS							
Alimentación		1x230V, 50 Hz (*) 3x400V, 50 Hz	Motor Polycom Enchufable A = 3x400V-50Hz Enchufable B = 3x230V-50Hz Enchufable B = 1x230V-50Hz	1x230V, 50 Hz	1x230V, 50Hz	R' = 1x230V-50Hz DN = Motor Polycom Enchufable A = 3x400V,50Hz Enchufable B = 3x230V,50Hz Enchufable B = 1x230V,50 Hz	3x230V, 50 Hz 3x400V, 50 Hz
Regulación velocidad		Eléctrica	Eléctrica	Electrónica	Electrónica	No tiene	No tiene
Grado de protección		IP 42	IP 44	IP 42	IP 44	IP 42 / IP 44	IP 44 / IP 55
Aislamiento (clase)		F / H	H	H	F	H	F
Protección sobrecargas		Incorporada	Clixón	Incorporada	Incorporada	R' = Incorporada DN = Clixón	- - -
Protección térmica motor		No precisa	Precisa	No precisa	No precisa	R' = No precisa DN = Precisa	Precisa
Pasacables		PG 11	PG 16	PG 11 / PG 16	PG 16	PG 11 : PG 16	PG 11
Construcción		Rotor húmedo	Rotor húmedo	Rotor húmedo con variador de frecuencia	Rotor húmedo con variador de frecuencia	Rotor húmedo	Rotor seco

BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO

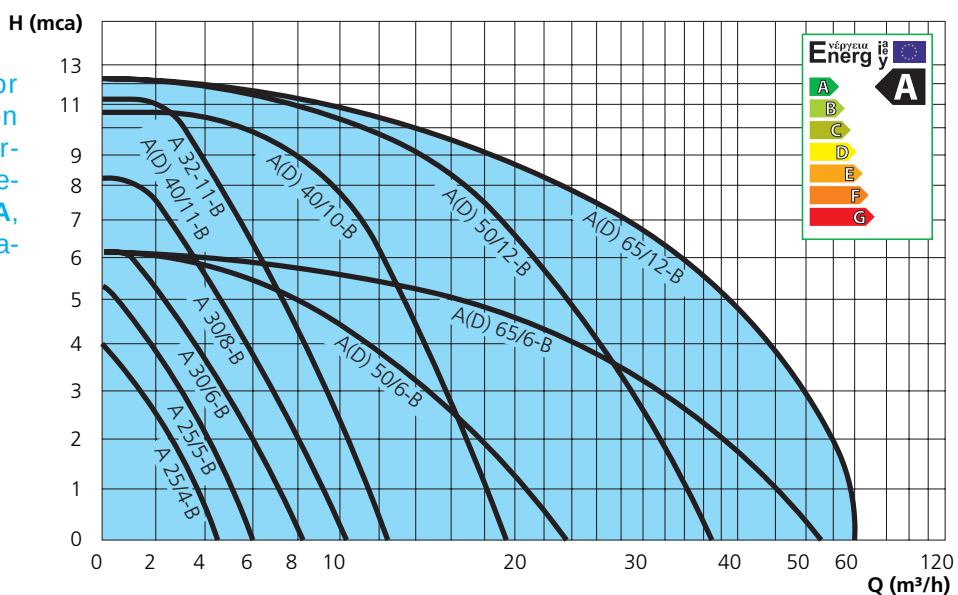
Bombas **SP** y **SP(D)** de rotor húmedo simples y dobles para calefacción y climatización a 2.900 rpm



Bombas **SM** y **SM(D)** de rotor húmedo simples y dobles para calefacción y climatización a 1.400 rpm

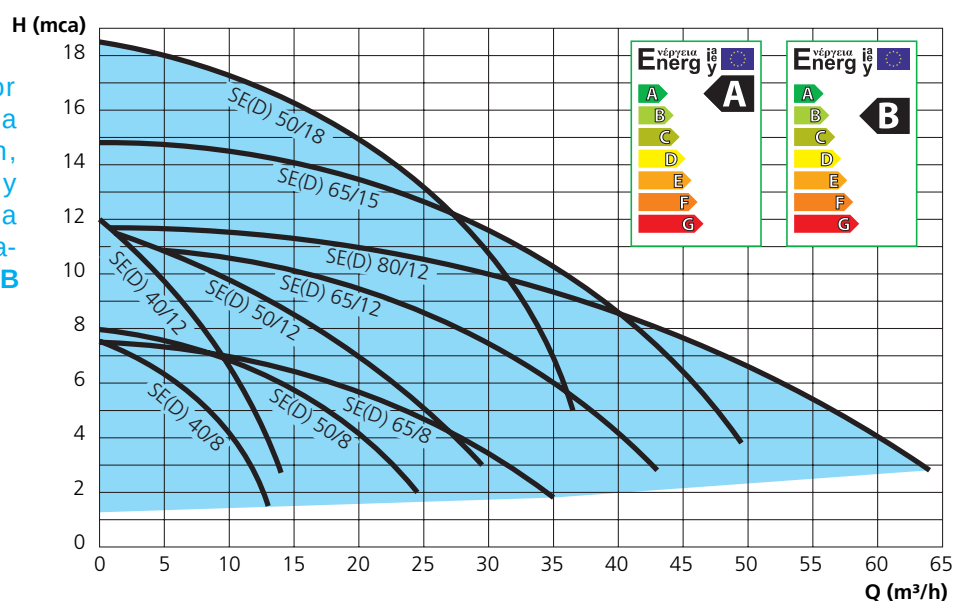


Bombas **A** y **A(D)** de rotor húmedo simples y dobles con motor síncrono de imán permanente y variación de frecuencia, **clase energética A**, para calefacción y climatización

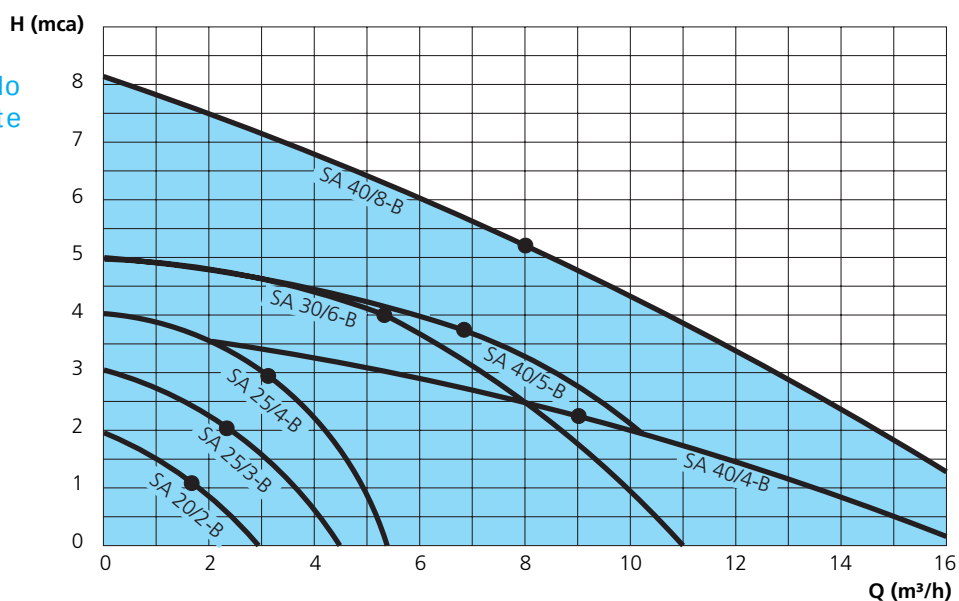


BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO

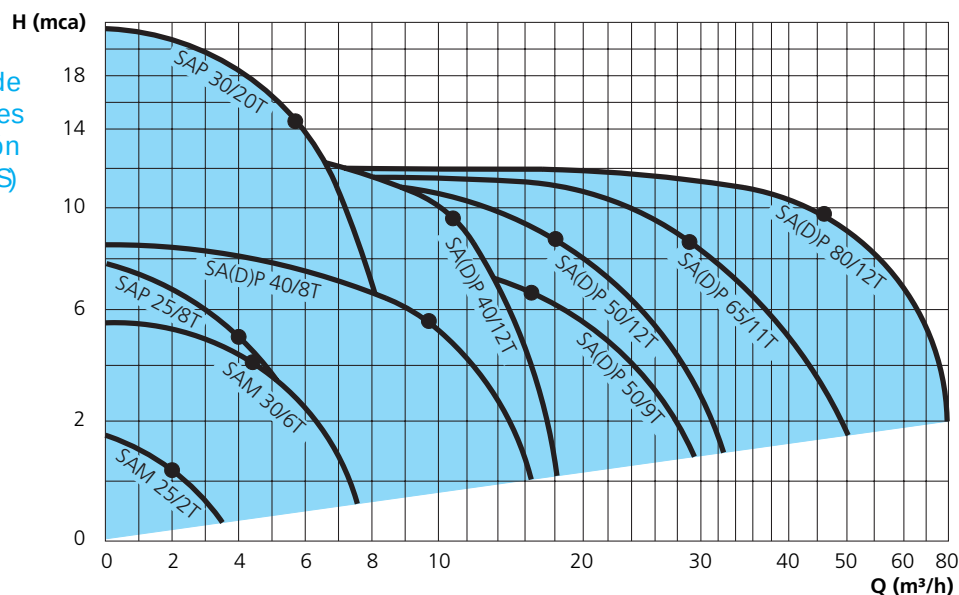
Bombas **SE** y **SE(D)** de rotor húmedo simples y dobles para calefacción y climatización, con variador de frecuencia y sonda de presión incorporada con display de parametrización, **dase energética A o B** según modelos



Bombas **SA** de rotor húmedo simples para agua caliente sanitaria (ACS) a 2.900 rpm



Bombas **SAM**, **SAP** y **SA(D)P** de rotor seco simples y dobles para calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (ACS)



BOMBAS DE ROTOR HÚMEDO Y SECO

TIPO	DN		Distancia entre bridas mm	P1 (máx.) W			Consumo / l máx. A			Peso Simple	Peso Doble	Condens.
	Con racores	Sn racores		3 x 400 V	3 x 230 V	1 x 230 V	3 x 400 V	3 x 230 V	1 x 230 V	kg	kg	μF
SP 25/4-B SP 25/6-B	1" H	1 1/2" M	180	---	---	50 96	---		0,2 0,5	2,8 3,0	---	1,5 2,0
SP 30/6-B SP(D) 30/7T-B SP 30/7-B SP(D) 30/8T-B SP 30/8-B	1 1/4" M	2" H	180	---	---	96 210 215 285 250	---	---	0,5 ---	3,0 4,5 4,5 4,5 4,5	---	2,0 ---
SP(D) 40/8-B SP(D) 40/10-B	40		250		330 460		0,6 0,8	1,3 1,7	1,9 2,5	11,0 14,5	29,0 29,0	8,0 14,0
SP(D) 50/10-B SP(D) 50/12-B	50		280		820 1.020		1,5 1,8	2,6 3,8	4,5 5,3	20,0 20,0	40,0 40,0	40,0 30,0
SP(D) 65/13-B	65		340		1.550		2,7	5,4	8,2	26,0	51,0	35,0
SP(D) 80/12-B	80		360		2.000		3,4	6,6	12,8	34,5	63,0	25,0
SM (D) 32/3-B	1 1/4" H	2" M	190	---	---	145	---		0,7	4,5	11,5	5,0
SM (D) 40/3-B SM (D) 40/4-B	40		220 250		105 235		0,3 0,8	0,6 1,7	0,7 1,7	14,5 14,5	25,0 28,0	4,0 12,0
SM 50/2-B SM (D) 50/5-B SM (D) 50/6-B	50		220 270 270		95 250 350		0,2 0,6 0,7	0,5 1,2 1,5	0,6 1,6 1,9	16,0 19,5 19,5	---	4,0 10,0 15,0
SM 65/3-B SM (D) 65/5-B SM (D) 65/6-B SM (D) 65/7-B	65		270 300 340 340		290 490 721 980		0,7 0,9 1,7 2,7	1,6 2,0 3,8 6,8	1,8 2,5 4,4 7,4	19,5 23,5 28,5 32,0	---	14,0 20,0 30,0 50,0
SM (D) 80/5-B SM (D) 80/9-B SM (D) 80/11-B	80		370 400 400		845 1.600 1.750		1,8 4,5 5,0	4,0 8,4 9,3	4,7 9,5 11,0	31,0 41,0 46,0	58,0 74,0 87,0	30,0 100,0 100,0
SM (D) 100/6-B SM (D) 100/11-B SM (D) 100/12-B	100		450		1.900 3.000 3.300	---	4,5 9,0 9,0	8,4 17,0 17,0	---	47,0 65,0 65,0	96,0 128,0 128,0	---
A 25/4-B A 25/5-B	1" H	1 1/2" M	180	---		33 50	---		0,2 0,3	3,8 3,8	---	
A 30/6-B A 30/8-B A 32/11-B	1 1/4" H	2" M	180	---		70 110 176	---		0,5 1,0 1,2	3,8 3,8 3,8	---	
A (D) 40/10-B A (D) 40/11-B	40		250	---		420 176	---		2,0 1,2	7,7 17,0	30,0 45,0	---
A (D) 50/6-B A (D) 50/12-B	50		270	---		275 720	---		1,3 3,4	21,0 21,0	45,0 55,0	---
A (D) 65/6-B A (D) 65/12-B	65		340	---		515 930	---		2,4 4,3	24,0 24,0	55,0 55,0	---
SE (D) 40/8 SE (D) 40/12	40		250	---		344 528	---		2,0 3,0	17,7 21,7	42,7 42,9	---
SE (D) 50/8 SE (D) 50/12 SE (D) 50/18	50		280	---		606 893 1.693	---		3,3 4,8 9,2	24,2 30,3 30,3	67,2 67,2 73,2	---
SE (D) 65/8 SE (D) 65/12 SE (D) 65/15	65		340	---		744 1.262 1.767	---		4,1 6,7 9,2	34,8 36,9 36,9	72,9 77,9 77,9	---
SE (D) 80/12	80		360	---		1.789	---		9,2	44,4	89,9	---
SA 20/2-B	3/4" H	1 1/4" H	120	---		40	---		0,2	2,4	---	2,0
SA 25/3-B SA 25/4-B	1" H	1 1/4" H	150	---		70 85	---		0,4 0,4	2,4 2,6	---	2,0 2,0
SA 30/6-B	1 1/4" H	2" M	180	190	---		0,4	---		4,5	---	
SA 40/4-B SA 40/5-B SA 40/8-B	40		250		235 225 330		0,8 0,5 0,6	1,7 1,0 1,3	1,7 1,3 1,9	14,5 14,5 15,7	---	12,0 8,0 8,0
SAM 25/2T SAP 25/8T	1" H	1 1/2" M	180		80 200	---	0,3 0,7	0,5 1,2	---	7,5 7,5	---	---
SAM 30/6T SAM 30/20T	1 1/4" H	2" M	250		190 660	---	0,6 1,3	1,0 2,3	---	14,5 14,5	---	---
SA (D)P 40/8T SA (D)P 40/12T	40		250		350 600	---	1,0 1,2	1,7 2,0	---	21,3 21,3	38,1 43,3	---
SA (D)P 50/9T SA (D)P 50/12T	50		280		700 750	---	1,6 1,8	2,8 3,2	---	28,0 28,0	57,5 57,0	---
SA (D)P 65/11T	65		340		1.300	---	2,7	4,7	---	38,5	79,7	---
SA (D)P 80/12T	80		360		2.100	---	3,8	6,6	---	43,4	79,5	---

SEDICAL, S. A.

Txorierra Etorbidea 46 - Pab. 12

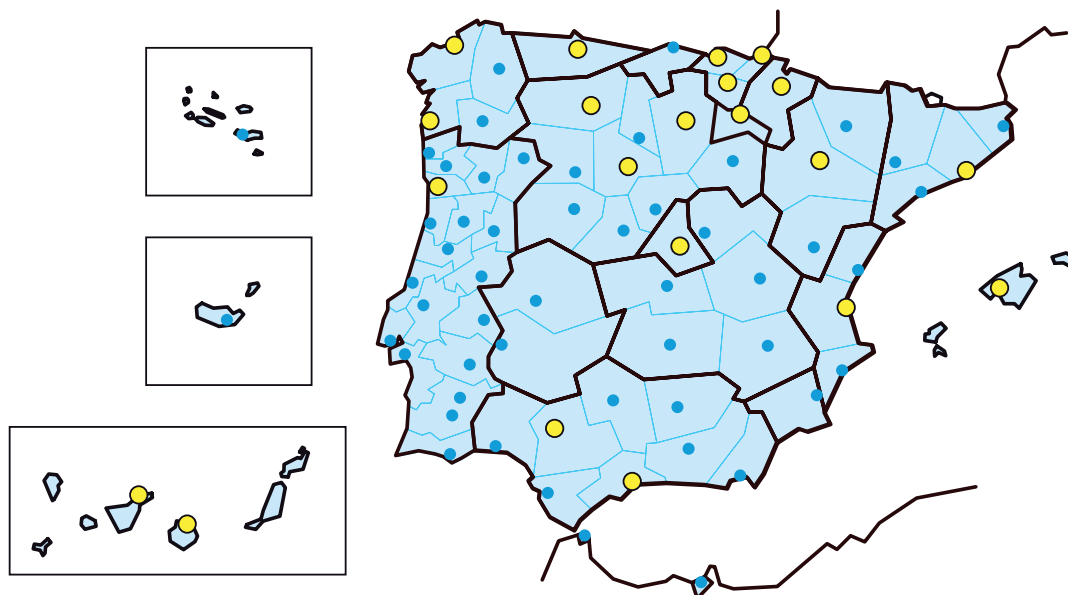
Apartado de Correos 22

E-48150-SONDIKA (VIZCAYA)E-mail: sedical@sedical.comwww.sedical.com

Telf.: 944 710 460

Fax: 944 710 009

944 710 132

**RED DE DISTRIBUCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS AUTORIZADOS PARA TODA ESPAÑA Y PORTUGAL**

CÓDIGO POSTAL	CIUDAD	FIRMA	DIRECCIÓN	TELÉFONO	TFNO. MÓVIL	TELEFAX
08830	BARCELONA-SANT BOI DE LLOBREGAT	SEDICAL, S.A.	L'Alguer 11 - Pol. Ind. Les Salines	936 525 481		936 525 476
48150	BILBAO-SONDIKA	SEDICAL, S.A.	Apartado de correos 22	944 710 460		944 535 322
09006	BURGOS	COMACAL, S.L.	Federico Olmeda 7, bajo	947 220 034		947 222 818
15010	A CORUÑA	SEDICAL, S.A.	Gramela 17 - Oficina 8	981 160 279	629 530 193	981 145 485
35008	LAS PALMAS	ALFA 90, S.L.	Entre Ríos 9 - Urbanización El Cebadal	928 476 600		928 476 601
24001	LEÓN	SEDICAL, S.A.	Alcázar de Toledo 16 - Oficina 3	987 236 551	629 420 888	987 236 551
26007	LOGROÑO	SEDICAL, S.A.	Avda. Club Deportivo 96 bajo	941 509 247	699 313 733	941 509 248
28700	MADRID-S.S. DE LOS REYES	SEDICAL, S.A.	Avenida Somosierra 20	916 592 930		916 636 602
29004	MÁLAGA	DYSCAL, S.L.	P.E. Santa Bárbara - C/ Licurgo 46	952 240 640	629 256 363	952 242 731
33013	OVIEDO	SEDICAL, S.A.	Luis Fdez. Castañón 2-1º - Oficina 2	985 270 988	618 111 627	985 963 694
07010	P. MALLORCA	VALDECO, S.L.	Carretera Valldemossa 25	971 759 228	607 955 526	971 295 115
31011	PAMPLONA	SEDICAL, S.A.	Monasterio Fitero 34 - 14º	948 263 581	629 530 191	948 170 613
20018	SAN SEBASTIÁN	SEDICAL, S.A.	Pilotegui Bidea 12 - Barrio Igara	943 212 003	618 948 912	943 317 351
38009	SANTA CRUZ DE TENERIFE	CONTROLES TENERIFE, S.L.	Pol. Costa Sur, C/ 304 nº 5 y 7	922 212 121		922 222 343
41007	SEVILLA	SEDICAL, S.A.	Pol. Industrial Calonge - C/ Terbio 8	954 367 170	616 089 172	954 252 900
46980	VALENCIA-PATERNA	VALDECO, S.L.	Parc Tecnologic - C/ Thomas Alva Edison 8	963 479 892		963 484 678
47008	VALLADOLID	SEDICAL, S.A.	Ribera del Carrión 4	983 247 090	609 834 455	983 247 159
36202	VIGO	TADECAL, S.L.	Conde de Torrecideira 49, bajo	986 201 416		986 208 135
01013	VITORIA	SEDICAL, S.A.	C/ San Prudencio 27-4º Of. 4	945 252 120	669 785 779	945 121 814
50003	ZARAGOZA/LA CARTUJA BAJA	SEDICAL, S.A.	Pol. Empresarium - C/ Sisallo, 33 nave 9	976 442 644	629 844 282	976 445 675
4485-010	PORTO/AVELEDA-VILA DO CONDE	SEDICAL, S.A.	P. I. de Aveleda, Nave C - Travessa do Bairro 40	229 996 220	911 960 550	229 965 646

