



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Análisis cualitativo de la aplicabilidad de instalaciones FV/T en
los buques, unidades e instalaciones de la Armada Española*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Hugo Fajardo Abenza

DIRECTORES: Carlos Ulloa Sande
Andrés Suarez García

CURSO ACADÉMICO: 2015-2016

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Análisis cualitativo de la aplicabilidad de instalaciones FV/T en
los buques, unidades e instalaciones de la Armada Española*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) realizó un estudio cualitativo sobre la aplicabilidad de la tecnología solar híbrida o fotovoltaica/térmica (PV/T) en los buques, unidades e instalaciones (BUIs) de la Armada Española. El estudio se centró sobre todo en la aplicación de esta tecnología en los buques y consistió en una primera aproximación que evalúa distintos aspectos tanto de la propia tecnología como de los factores directamente relacionados con los buques, que terminarán determinando la posibilidad del siguiente paso, que es un estudio particularizado de un buque en concreto. La metodología se centrará en la definición de una escala Likert con diversos factores de aplicabilidad y la valoración de los mismos para llegar a un valor final que defina la idoneidad de aplicación de la tecnología PV/T estudiada. El objeto último de este TFG es por lo tanto determinar que unidades son candidatas y los motivos, de cara a dejar como líneas futuras de investigación la aplicación real en un buque, unidad o instalación.

PALABRAS CLAVE

Armada, solar, fotovoltaica, térmica, FV/T, PV/T

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar este trabajo a todos y cada uno de los miembros de mi familia: Juan María, Victoriana, Sara, Eva, Domingo, Esteban J, Fernando, Esteban, Paula y Pilar. Sin su constante ayuda y apoyo, ingresar, superar y salir de la Escuela Naval Militar hubiera sido una tarea imposible.

CONTENIDO

Contenido	5
Índice de Figuras	7
Índice de Tablas.....	9
1 Introducción y objetivos.....	12
1.1 Introducción	12
1.2 Objetivos	12
1.3 Estructura	13
2 Estado del arte	14
2.1 Descripción general.....	14
2.2 Taxonomía de buques, unidades e instalaciones.....	14
2.2.1 Buques	16
2.2.2 Instalaciones	25
2.2.3 Unidades	27
2.3 Fundamentos teóricos PV/T.....	29
2.3.1 Introducción	29
2.3.2 Evolución de la tecnología PV/T	31
2.4 Tipos de tecnologías PV/T	31
2.4.1 Paneles integrados refrigerados por aire (BIPVT/a).....	31
2.4.2 Paneles integrados refrigerados por liquido (BIPVT/w)	32
2.4.3 Paneles refrigerados por aire (PVT/a)	33
2.4.4 Paneles refrigerados por liquido (PVT/w)	34
3 Aplicabilidad PV/T en BUIs	35
3.1 Descripción general.....	35
3.2 Caracterización de BUIs	35
3.2.1 Buques	35
3.2.2 Unidades	36
3.2.3 Instalaciones	36
3.3 Método	44
3.3.1 Escala de Likert	44
3.3.2 Criterios utilizados para la medición de la aplicabilidad.....	45
3.4 Desarrollo.....	50
3.4.1 Descripción general	50
3.4.2 Aplicabilidad en buques	50

3.4.3 Criterios en instalaciones	63
4 Resultados: Aplicabilidad.....	66
4.1 Aplicabilidad por tecnologías	66
4.1.1 BIPVT/a y BIPVT/w	66
4.1.2 PVT/a y PVT/w	69
5 Conclusiones y líneas futuras	72
5.1 Conclusiones	72
5.2 Líneas futuras	73
6 Bibliografía.....	74
Anexo I: Fichas de caracterización de buques	76
Anexo II: Tablas de aplicabilidad en BUI's	84
Anexo III: Catálogos de placas PVT	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Árbol taxonómico	15
Figura 2-2 LHD L61 'Juan Carlos I' [1]	16
Figura 2-3 Buque Anfibio L52 'Castilla' [1].....	17
Figura 2-4 Fragata F105 'Cristóbal Colón' [2]	18
Figura 2-5 BAC A14 'Patiño' [1]	18
Figura 2-6 BAM P41 'Meteoro' [2]	19
Figura 2-7 Cazaminas M31 'Segura' [1]	20
Figura 2-8 Buque Auxiliar A20 'Neptuno' [2].....	20
Figura 2-9 BIO A33 'Hespérides' [1].....	21
Figura 2-10 BE A71 'J.S. Elcano' [2]	22
Figura 2-11 Submarino S72 'Siroco' [1]	22
Figura 2-12 Velero A76 'Giralda' [2]	23
Figura 2-13 Buque Hidrográfico A31 'Malaspina' [1].....	24
Figura 2-14 Transporte Ligero A01 'Contramaestre Casado' [2]	24
Figura 2-15 Arsenal de Cartagena [2]	25
Figura 2-16 Escuela de Especialidades Fundamentales en Ferrol [2]	26
Figura 2-17 Comandancia Naval de Algeciras [1]	26
Figura 2-18 Destacamento naval de la Isla de Alborán [1]	27
Figura 2-19 Infantería de Marina durante adiestramiento [2]	27
Figura 2-20 Unidad de Buceadores de Canarias [2].....	28
Figura 2-21 Cessna Citation II de la 4ª Escuadrilla de Aeronaves [1]	28
Figura 2-22 Ejemplos de placa solar térmica y placa solar fotovoltaica. [3]	29
Figura 2-23 Efecto fotoeléctrico y efecto Compton	30
Figura 2-24 Esquema de placa PVT [5]	30
Figura 2-25 Esquema de instalación BIPVT/a [3]	31
Figura 2-26 Sistema BIPVT/a [9]	32
Figura 2-27 Esquema de instalación BIPVT/w [3]	32
Figura 2-28 Modulo PVT encapsulado [9].....	33
Figura 2-29 Modulo PVT no encapsulado [3].....	33
Figura 2-30 Ejemplo de estructura de un panel PV [1].....	33
Figura 2-31 Ejemplo de PVT/w no encapsulada [1]	34
Figura 3-1 Plano del Arsenal de Cartagena [12]	40
Figura 3-2 Plano de la Escuela Naval Militar [13].....	43

Figura 3-3 Valores de orientación de una placa solar [14].....45

Figura 3-4 Radiación solar directa global [15].....46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Ejemplo de ficha de caracterización: Caracterización de buques anfibios	36
Tabla 3-2 Superficies por edificio arsenal de Cartagena.....	37
Tabla 3-3 Demanda eléctrica por edificio arsenal de Cartagena.....	38
Tabla 3-4 Demanda térmica por edificio arsenal de Cartagena	39
Tabla 3-5 Superficies por edificio escuela naval militar	41
Tabla 3-6 Demanda eléctrica por edificio escuela naval ENM.....	41
Tabla 3-7 Demanda térmica por edificio ENM.....	42
Tabla 3-8 Asignación de valores a clasificaciones en escala Likert	44
Tabla 3-9 Características placa Grammer Solar	47
Tabla 3-10 Características placa Solator	48
Tabla 3-11 Características placa DualSun.....	49
Tabla 3-12 Aplicabilidad Clase Álvaro de Bazán	52
Tabla 3-13 Aplicabilidad Clase Santa María.....	53
Tabla 3-14 Aplicabilidad Clase Galicia	53
Tabla 3-15 Aplicabilidad Juan Carlos I.....	54
Tabla 3-16 Aplicabilidad Clase Patiño.....	54
Tabla 3-17 Aplicabilidad Clase Cantabria	55
Tabla 3-18 Aplicabilidad Clase Descubierta.....	55
Tabla 3-19 Aplicabilidad BAM.....	56
Tabla 3-20 Aplicabilidad Clase Chilreu	56
Tabla 3-21 Aplicabilidad Clase Serviola.....	57
Tabla 3-22 Aplicabilidad Clase Segura.....	57
Tabla 3-23 Aplicabilidad Contramaestre Casado.....	58
Tabla 3-24 Aplicabilidad Camino Español	58
Tabla 3-25 Aplicabilidad Martin Posadillo	59
Tabla 3-26 Aplicabilidad Alerta.....	59
Tabla 3-27 Aplicabilidad Neptuno	60
Tabla 3-28 Aplicabilidad Malaspina	60
Tabla 3-29 Aplicabilidad J.S. Elcano	61
Tabla 3-30 Aplicabilidad Hespérides	61
Tabla 3-31 Aplicabilidad Las Palmas.....	62
Tabla 3-32 Aplicabilidad Arsenal de Cartagena	64
Tabla 3-33 Aplicabilidad Escuela Naval Militar.....	65

Tabla 4-1 Aplicabilidad BIPVTa.....	67
Tabla 4-2 Porcentajes por valoración BIPVTa.....	67
Tabla 4-3 Aplicabilidad BIPVTw	68
Tabla 4-4 Porcentajes por valoración BIPVTw	68
Tabla 4-5 Aplicabilidad PVTa.....	69
Tabla 4-6 Porcentaje por valoración PVTa	70
Tabla 4-7 Aplicabilidad PVTw	70
Tabla 4-8 Porcentaje por valoración PVTw	71
Tabla I-1 Caracterización de fragatas.....	76
Tabla I-2 Caracterización de Buques Anfibios	77
Tabla I-3 Caracterización de Juan Carlos I	77
Tabla I-4 Caracterización de Buques Logísticos.....	78
Tabla I-5 Caracterización de MCM.....	78
Tabla I-6 Caracterización de Patrulleros	79
Tabla I-7 Caracterización de Transportes Ligeros	80
Tabla I-8 Caracterización BIO	81
Tabla I-9 Caracterización de BH.....	82
Tabla I-10 Caracterización Buque Escuela	82
Tabla I-11 Caracterización de BA.....	83
Tabla II-1 Aplicabilidad en F100	84
Tabla II-2 Aplicabilidad en F80	84
Tabla II-3 Aplicabilidad en buques anfibios	85
Tabla II-4 Aplicabilidad en Juan Carlos I	85
Tabla II-5 Aplicabilidad en Clase Patiño	85
Tabla II-6 Aplicabilidad en Clase Cantabria	86
Tabla II-7 Aplicabilidad en Clase Descubierta	86
Tabla II-8 Aplicabilidad en BAM	86
Tabla II-9 Aplicabilidad en Clase Chilreu	87
Tabla II-10 Aplicabilidad en Clase Serviola	87
Tabla II-11 Aplicabilidad en Clase Segura	87
Tabla II-12 Aplicabilidad en Contramaestre Casado	88
Tabla II-13 Aplicabilidad en Martin Posadillo.....	88
Tabla II-14 Aplicabilidad en Camino Español.....	88
Tabla II-15 Aplicabilidad en Alerta	89
Tabla II-16 Aplicabilidad en Neptuno.....	89
Tabla II-17 Aplicabilidad en Malaspina.....	89

Tabla II-18 Aplicabilidad en J.S. Elcano	90
Tabla II-19 Aplicabilidad en Hespérides.....	90
Tabla II-20 Aplicabilidad en Las Palmas	90
Tabla II-21 Aplicabilidad en Arsenal de Cartagena	91
Tabla II-22 Aplicabilidad en Escuela Naval Militar	91

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

En los últimos años, la opinión pública y los gobiernos han sido conscientes de que nos enfrentamos a grandes desafíos en lo que a materia medioambiental se refiere.

Propiciado por el cambio climático, han sido muchas las iniciativas por parte de los gobiernos para impulsar el desarrollo de las llamadas energías renovables. Un gran mercado se ha abierto y cada día son más las empresas dedicadas a la producción, instalación o desarrollo de nuevos sistemas.

El sol, directa o indirectamente es la principal fuente de energía del planeta y en su aprovechamiento está el futuro energético de todos.

La Armada Española, siempre en vanguardia en el ámbito tecnológico nacional e internacional puede y debe de estudiar la aplicación de las nuevas tecnologías energéticas en su ámbito de actuación. Ya hemos visto ejemplos de ello en el uso de propulsión eléctrica o en el desarrollo de pilas de hidrogeno para los nuevos submarinos S80.

El presente trabajo analizará las características de la tecnología solar hibrida o fotovoltaica-térmica para determinar si existe cierto grado de aplicabilidad en los buques, unidades e instalaciones de la Armada.

1.2 Objetivos

Los objetivos de este TFG son:

1. Definir y caracterizar los buques, unidades e instalaciones a analizar
2. Crear unos factores de aplicabilidad que permitan el correcto análisis del problema planteado.
3. Utilizar un método adecuado para estudiar la aplicabilidad.
4. Dejar claras unas líneas futuras de actuación para otros TFG.

1.3 Estructura

La estructura que seguirá el trabajo será la siguiente:

1. Estado del arte: Definiremos los BUIs objetivo del estudio de aplicabilidad e introduciremos la tecnología PV/T.
2. Desarrollo: Caracterizaremos los BUIs, explicaremos el método a seguir para la valoración y definiremos los factores de aplicabilidad.
3. Resultados: Se comentaran los resultados del estudio.
4. Conclusión: Se concluirá con una reflexión sobre el trabajo y se discutirán las líneas futuras de trabajo.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Descripción general

En el estado del arte pasaremos a describir los buques, unidades e instalaciones que forman la Armada. También haremos una introducción sobre la tecnología fotovoltaica-térmica, sus orígenes, su evolución y la tipología de esta.

2.2 Taxonomía de buques, unidades e instalaciones

En este apartado se detallarán cuáles son los buques, unidades e instalaciones (a partir de ahora BUIs) que forman parte de la Armada Española, también se definirán las características más importantes de los BUIs considerados como aptos en una primera criba, para la realización del estudio cualitativo de aplicabilidad.

A la hora de clasificar los elementos de los que la Armada dispone para llevar a cabo su actividad, nos valdremos de 3 grandes categorías:

- Buques: Todas las embarcaciones tanto de superficie como submarinas que la Armada opera en la actualidad.
- Unidades: Cualquier otro elemento operativo que no entre en la clasificación de buque.
- Instalaciones: Cualquier dependencia de la Armada ubicada en territorio español.

Dentro de estas, también encontramos otras subcategorías enumeradas en Figura 2-1 Árbol taxonómico.

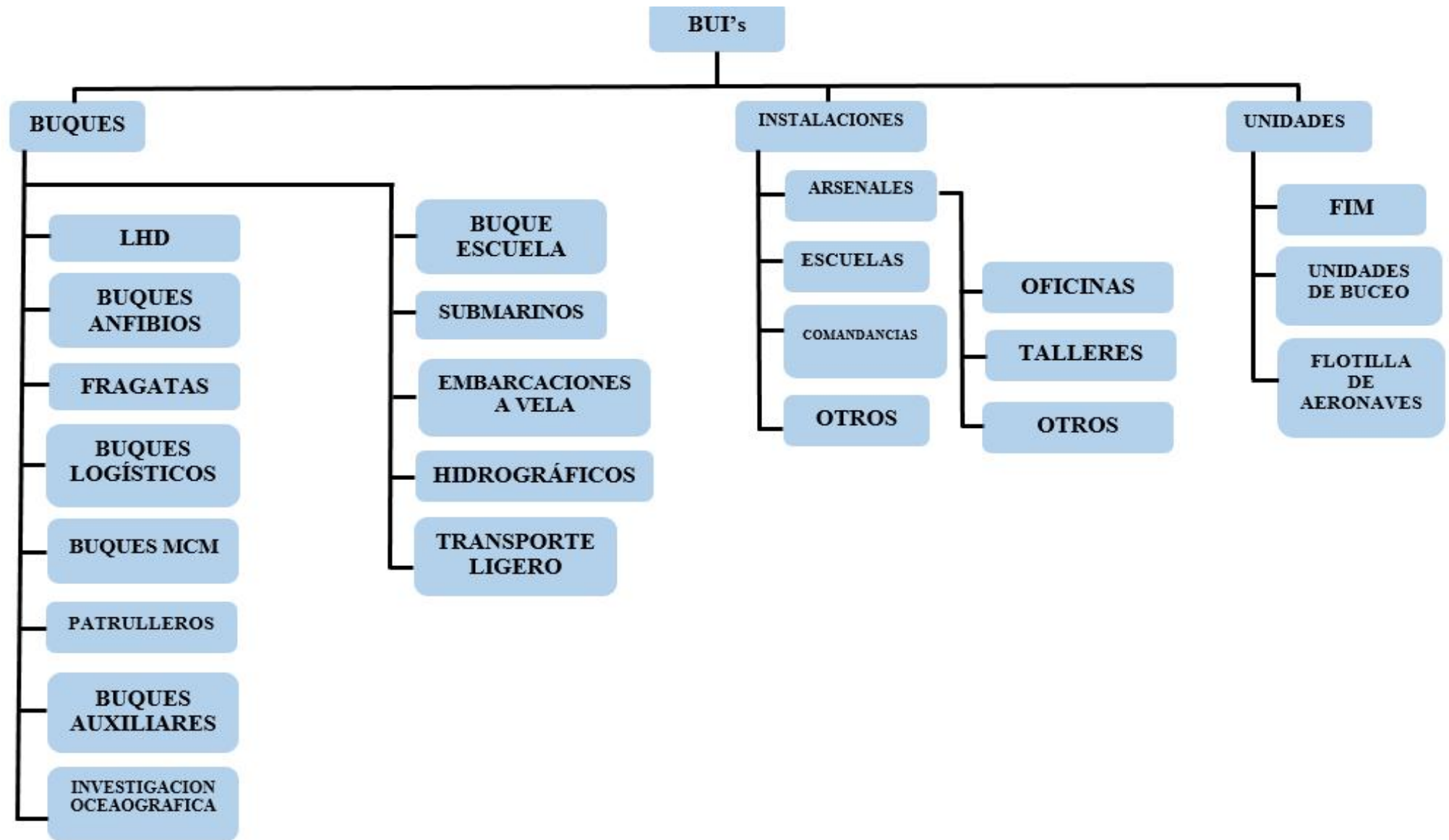


Figura 2-1 Árbol taxonómico

2.2.1 Buques

2.2.1.1 LHD

El buque anfibio portaaviones "Juan Carlos I" es un buque multipropósito y el mayor buque de guerra construido en España. Su denominación OTAN es LHD (Landing Helicopter Dock).

El buque se ha diseñado con cuatro perfiles de misión:

- Como buque anfibio, capaz de transportar a una Fuerza de Infantería de Marina para realizar un desembarco, apoyando a las operaciones en tierra.
- Como buque de proyección de fuerza, transportando fuerzas de cualquier ejército a un teatro de operaciones.
- Como plataforma eventual para la aviación embarcada, sirviendo de plataforma a los vectores aéreos de proyección estratégica.
- Como buque para operaciones no bélicas: apoyo humanitario, evacuación de personal de zonas de crisis, buque-hospital en zonas afectadas por catástrofes, etc.

El buque fue dado de alta en la Lista Oficial de Buques de la Armada el día 30 de septiembre de 2010, con la numeral de costado "L-61", en una ceremonia presidida por S.M El Rey.



Figura 2-2 LHD L61 'Juan Carlos I' [1]

2.2.1.2 Buques Anfibios

Los buques anfibios han sido diseñados para transportar tropas y vehículos y para operar con embarcaciones anfibias en su dique y con helicópteros en su cubierta de vuelo. La misión principal de los buques de esta clase es llevar a cabo operaciones anfibias. Sus misiones incluyen también operaciones de mantenimiento de la paz y de ayuda humanitaria, mediante apoyo médico y quirúrgico, en catástrofes naturales, ya que cuenta con un hospital a bordo de grandes prestaciones.

En su vida operativa hay que destacar las labores de transporte del personal y material en las que participó en la KFOR en la ex-Yugoslavia, su participación en las labores de ayuda tras las inundaciones causadas por el huracán "Mitch" en Centroamérica (noviembre 1998-enero 1999), la limpieza en la contaminación causada por el hundimiento del petrolero "Prestige" (diciembre 2002-enero 2003), la Operación "SJ" (marzo-julio 2003) de ayuda humanitaria a Irak, la Operación "Respuesta Solidaria" (enero-abril 2005) de ayuda humanitaria en Banda Aceh y costa NW de Sumatra (Indonesia) para contribuir a paliar los efectos del tsunami que afectó a la zona y la Operación "Libre Hidalgo" de apoyo a la misión de NN.UU para el mantenimiento de la paz en el Líbano (septiembre-

noviembre 2006), también ha participado en la Operación Atalanta de lucha contra la piratería en aguas del Océano Índico y la cuenca de Somalia en dos ocasiones (2010-2011).



Figura 2-3 Buque Anfibio L52 'Castilla' [1]

2.2.1.3 Fragatas

Las fragatas son buques multipropósito, en los que se han cuidado fundamentalmente los siguientes aspectos:

- Escolta oceánico de tamaño medio.
- Optimizadas para actuar como buque de mando y control en un escenario de conflicto, capaz de operar integrado en una flota aliada y de proporcionar cobertura a fuerzas expedicionarias.
- Capaz de operar tanto en zonas costeras y como en alta mar de una forma flexible, según las demandas de cada situación de conflicto.
- Elevada capacidad antiaérea y antisubmarina.

En este grupo encontramos las fragatas Clase 'Santa María' y Clase 'Álvaro de Bazán'. Los escoltas son la espina dorsal de la Fuerza de Acción Naval y han participado en multitud de despliegues y misiones, como la Operación Libertad Duradera, la toma del islote de Perejil, Operación Atalanta y siempre suelen estar presentes en las agrupaciones permanentes de la OTAN, SNMG1.



Figura 2-4 Fragata F105 'Cristóbal Colón' [2]

2.2.1.4 Buques Logísticos

La función primordial de los buques logísticos es la de proporcionar combustible, agua, munición, víveres, repuestos, pertrechos, vestuario, farmacia y asistencia sanitaria a las unidades de combate en la mar.

El diseño del buque, contempla la capacidad de apoyar a un Grupo de Combate (un portaaviones, cinco fragatas y veinte aeronaves embarcadas) durante un periodo continuado de 21 días. Además de lo anterior, el buque cuenta con un buen número de capacidades que puede desarrollar de forma similar a la de un escolta, como son todas las relativas a operaciones de vuelo o las relacionadas con la interdicción marítima (control del tráfico marítimo, visita y registro, contra-piratería) También pueden proporcionar apoyo logístico operativo a una Fuerza Naval o a una Fuerza Expedicionaria, que puede incluir una Fuerza de Desembarco o de Transporte y en operaciones no bélicas como son la ayuda humanitaria y la defensa medioambiental.

El ámbito geográfico de actuación es cualquier lugar del mundo, con la excepción de aguas árticas. Los buques 'Cantabria' y 'Patiño' son de esta clase.



Figura 2-5 BAC A14 'Patiño' [1]

2.2.1.5 Patrulleros

Las misiones para la que estos buques están diseñados son:

- Presencia naval
- Vigilancia marítima (incluye, medioambiental y control pesca)
- Interdicción marítima
- Control del actividades y tráfico marítimo (mercancías peligrosas y tráfico de armas)
- Protección del tráfico mercante
- Apoyo a otras unidades
- Control y neutralización de operaciones terroristas
- Operaciones contra el tráfico de personas
- Operaciones de respuesta de crisis (ayuda humanitaria y rescate)
- Inteligencia.

Los Buques de Acción Marítima Clase ‘Meteoro’ son los más modernos patrulleros de los que dispone la Armada y actualmente participan en multitud de despliegues y misiones internacionales.



Figura 2-6 BAM P41 'Meteoro' [2]

2.2.1.6 Buques MCM

La misión principal de este tipo de buques es la de contribuir a mantener abiertos al tráfico nuestros puertos principales y bases navales, así como posibilitar las operaciones anfibias de proyección del poder naval sobre tierra, siendo por tanto su cometido principal la detección, localización, identificación y neutralización de minas de fondo y orínque.

Son buques construidos en plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), lo que les proporciona una reducida firma magnética a la vez que una gran resistencia al choque producido por las explosiones submarinas. Su sistema de combate es de fabricación íntegramente nacional y es de destacar su discreción magneto-acústica. La maniobrabilidad de estos buques es excelente gracias a sus propulsores Voith Schneider y a su sistema de posicionamiento dinámico.

Está integrada plenamente en la OTAN y mantiene una unidad permanentemente en la Agrupación SNMCMG2 (Standing Naval Force MCM Group Two), cuyo escenario natural de actuación son las aguas del Mar Mediterráneo. Los Clase Segura son los buques de este tipo.



Figura 2-7 Cazaminas M31 'Segura' [1]

2.2.1.7 Buques Auxiliares

Como buques auxiliares encontramos a los remolcadores de altura, buques de apoyo a buceadores o los buques de recolección de inteligencia. En un futuro próximo, muchos de estos buques que ya se encuentran al final de su vida operativa, serán sustituidos por buques de la Clase 'Meteoro' adaptados a las necesidades de cada misión.

- Remolcadores de altura: La principal misión de este buque es estar preparado para proporcionar remolque a los buques de la Armada y a aquellos buques civiles que se designen según el convenio de colaboración existente entre la Armada y el ministerio de Fomento dentro del plan Nacional de Salvamento.
- Buques de apoyo a buceadores: Su cometido es el planeamiento y ejecución de operaciones de apoyo al salvamento y rescate de submarinos accidentados, la localización, exploración y rescate de objetos sumergidos, buque escuela de buzos y buceadores, apoyo a operaciones de caza de minas y con submarinos y auxilio exterior.
- Buque de recolección de inteligencia: La principal misión del buque es el transporte logístico entre puertos nacionales e internacionales, así como contribuir a la acción del Estado en la mar para ejercer la soberanía y proteger los intereses marítimos nacionales.



Figura 2-8 Buque Auxiliar A20 'Neptuno' [2]

2.2.1.8 *Investigación Oceanográfica*

La Armada cuenta con 2 buques para esta misión, el BIO Hespérides y el BIO las Palmas, ambos con base en Cartagena.

La actividad principal de estos buques se centra en los veranos australes, durante los cuales realizan Campañas Científicas en La Antártida y colabora puntualmente en el apoyo logístico y de personal a las Bases Antárticas Españolas (BAE) "Juan Carlos I" y "Gabriel de Castilla", así como en proyectos de investigación programados en éstas.

El resto del año su actividad se extiende por todos los océanos y mares del planeta, principalmente Atlántico, Pacífico y Mediterráneo, prestando apoyo a todo tipo de campañas científicas.



Figura 2-9 BIO A33 'Hespérides' [1]

2.2.1.9 *Buque Escuela*

La misión primordial del Buque Escuela "Juan Sebastián de Elcano" es la de mantener a los Guardias Marinas cursando el cuarto Curso de su carrera en la Escuela Naval Militar de los diferentes Cuerpos de la Armada, en íntimo y constante contacto con la mar, donde están llamados a desarrollar sus principales cometidos profesionales.

Ello, unido a la eminentemente práctica enseñanza recibida a bordo, ha de contribuir a la consolidación y ampliación de sus conocimientos técnicos y marinos, a la adquisición de un mayor grado de cultura general, y a la asimilación de los principios, hábitos y virtudes que constituyen el alma de esta gran profesión.



Figura 2-10 BE A71 'J.S. Elcano' [2]

2.2.1.10 Submarinos

Los submarinos son unidades de una gran capacidad ofensiva, que poseen la ventaja de operar de forma encubierta durante largos períodos de tiempo.

Podemos destacar las siguientes misiones:

- La libertad de acción de las Fuerzas de Superficie (amenazas de superficie y submarinas).
- Misiones de recolección de inteligencia.
- Misiones de reconocimiento e información en zonas avanzadas para apoyo a una Fuerza Naval.
- Misiones de infiltración en la costa de comandos de operaciones especiales.

En la actualidad la Armada cuenta con 3 submarinos de la Clase 'Galerna', en un futuro cercano se entregara el primer submarino de la Clase 'Isaac Peral', que cuenta con un novedoso sistema de propulsión basado en el uso de una pila de hidrogeno.



Figura 2-11 Submarino S72 'Siroco' [1]

2.2.1.11 *Embarcaciones a vela*

La Armada cuenta en sus escuelas y bases de multitud de embarcaciones menores a vela. La función de estas puede ser de adiestramiento de alumnos y de competición en eventos deportivos.



Figura 2-12 Velero A76 'Giralda' [2]

2.2.1.12 *Hidrográficos*

La principal misión de estos buques es efectuar levantamientos hidrográficos con recubrimiento total del fondo marino desde el veril de 20 a 300 metros, aunque también se desarrollan los siguientes trabajos durante las campañas hidrográficas:

- Levantamientos hidrográficos, trabajos oceanográficos y exploraciones del relieve submarino en las zonas nacionales o en otras en las que el Estado español accediere a realizarlos como resultado de Convenios Internacionales.
- Actualización de Derroteros, Libros de Faros, Libro de ayudas Radioeléctricas.
- Instalación de reglas de Marea y Mareógrafos para el cálculo del Cero Hidrográfico.
- Toma de fotografía de costas.
- Comprobación marcas de corrida de la milla.
- Presencia en los espacios de soberanía e interés para contribuir a la protección de los intereses marítimos nacionales.
- Colaboración con otros organismos e instituciones del Estado (Salvamento Marítimo, Puertos del Estado, etc.).
- Participación eventual en operaciones R.E.A, en cometidos de Flota, nacionales o multinacionales.
- Toma de datos meteorológicos.

Estos buques suelen trabajar con botes hidrográficos para trabajar en aguas someras para efectuar levantamientos con recubrimiento total en puertos, canales de acceso y fondeaderos. Los buques hidrográficos están basados en Cádiz, donde se encuentra el Instituto Hidrográfico de la Marina.



Figura 2-13 Buque Hidrográfico A31 'Malaspina' [1]

2.2.1.13 Transporte Ligero

Se trata de tres buques de distinta clase cuyas misiones principales son:

- Apoyo a las guarniciones de Ceuta, Melilla, Islas y Peñones en el norte de África y archipiélagos de Baleares y Canarias, y en general todas aquellas actividades operativas que contribuyan a la defensa del territorio nacional.
- Transporte de recursos y apoyo en general a contingentes (Unidades) del Ejército de Tierra desplegadas en Zonas de Operaciones fuera del territorio nacional.
- Transporte de unidades del Ejército de Tierra para instrucción y adiestramiento entre puertos nacionales o entre éstos y puertos extranjeros.
- Transporte de material y equipos derivados de compromisos de cooperación internacional adquiridos por España.



Figura 2-14 Transporte Ligero A01 'Contraestre Casado' [2]

2.2.2 Instalaciones

2.2.2.1 Arsenales

Un Arsenal es un conjunto de personas, medios de apoyo e instalaciones periféricas de la Armada, organizados permanentemente bajo un mando, que en un recinto o en recintos dispersos realizan actividades de apoyo logístico a la fuerza e instalaciones navales.

El Arsenal Militar de Cartagena es la base del apoyo logístico para los buques e instalaciones de la Armada en el Mediterráneo que se extienden desde Almería hasta Gerona, incluyendo las Islas Baleares.

El Arsenal de Ferrol es la principal base de apoyo logístico para los buques de guerra e instalaciones de la Armada en la Zona Marítima del Cantábrico, que se extiende entre las fronteras de Francia y Portugal con España

La principal misión del Arsenal de Las Palmas es prestar apoyo logístico a las Buques y Unidades que se encuentran en la Comunidad Autónoma de Canarias, así como a aquellos Buques que se encuentren en tránsito o efectuando operaciones en la zona.

La misión de la Base Naval de Rota es el apoyo a las unidades operativas de la Armada que están estacionadas en esta base y a las que en sus maniobras o tránsitos recalen en la misma.

Los Arsenales y Bases Navales son organismos que forman parte del Apoyo a la Fuerza bajo la dependencia de la Jefatura del Apoyo Logístico.



Figura 2-15 Arsenal de Cartagena [2]

2.2.2.2 Escuelas

La Armada cuenta con escuelas repartidas por toda la geografía nacional, su misión es tanto la enseñanza de formación como la enseñanza de perfeccionamiento. Las escuelas y centros de formación son los siguientes:

- Escuela Naval Militar
- Escuela de Especialidades de la Estación Naval de la Graña
- Escuela de Especialidades Antonio de Escaño

- Centro de Estudios Superiores de Intendencia
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales
- Escuela de Guerra Naval
- Centro del Programas Tácticos y de Instrucción y Adiestramiento
- Escuela de Dotaciones Aeronavales
- Escuela de Hidrografía
- Escuela de Suboficiales
- Escuela de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas de la Armada
- Escuela de Buceo de la Armada
- Escuela de Infantería de Marina General Albacete Fuster
- Escuela de Submarinos



Figura 2-16 Escuela de Especialidades Fundamentales en Ferrol [2]

2.2.2.3 Comandancias Navales

Tienen competencias relativas al conocimiento del entorno marítimo, la vigilancia y la seguridad marítima y realizan tareas de representación institucional de la Armada. Se encuentran repartidas por todo el litoral Español, sus instalaciones se utilizan como oficinas y en ocasiones como residencia eventual de personal.



Figura 2-17 Comandancia Naval de Algeciras [1]

2.2.2.4 Otros

En otros incluiremos otras instalaciones no englobadas en las anteriores categorías, como por ejemplo el archivo-museo Álvaro de Bazán en Ciudad Real, las estaciones de radio o el destacamento permanente en la Isla de Alborán.



Figura 2-18 Destacamento naval de la Isla de Alborán [1]

2.2.3 Unidades

2.2.3.1 Fuerza de Infantería de Marina

Comprende el TEAR (Tercio de Armada), la FUPRO (Fuerza de protección), la Compañía Mar Océano de la Guardia Real y la FGNE (Fuerza de Guerra naval especial). Sus 2 misiones principales son la seguridad física de buques e instalaciones de la Armada y la de proyectar y mantener una fuerza de combate en tierra.



Figura 2-19 Infantería de Marina durante adiestramiento [2]

2.2.3.2 Unidades de buceadores

Existe una por cada Arsenal y buque de la Armada, en el caso de los buques se encuentran integradas en la organización operativa de este. Sus misiones van desde la protección del patrimonio histórico submarino a la desactivación de artefactos explosivos submarinos.



Figura 2-20 Unidad de Buceadores de Canarias [2]

2.2.3.3 Flotilla de Aeronaves

Está formada por 7 escuadrillas de aeronaves, todas ella con base en Rota. Durante sus despliegues se integran en los buques como Unidades Aéreas Embarcadas (UNAEM).



Figura 2-21 Cessna Citation II de la 4ª Escuadrilla de Aeronaves [1]

2.3 Fundamentos teóricos PV/T

2.3.1 Introducción

El resultado de unir la tecnología fotovoltaica con la tecnología solar térmica es lo que hoy día conocemos como tecnología fotovoltaica-térmica o solar híbrida (A partir de ahora PV/T por sus siglas en ingles).

Un sistema de placas PV/T es más que la combinación física de ambos tipos de placas, se trata de un sistema que integra ambas tecnologías y que actualmente consigue rendimientos superiores a los obtenidos por las tecnologías fotovoltaicas y térmicas por separado.

Los fotones, al impactar en la placa pueden rebotar, traspasarla o ser absorbidos por el semiconductor del que está hecha la placa, que suele tratarse de Silicio. De estos fotones absorbidos, una parte generara energía eléctrica (4-17% de la radiación recibida) y otra parte (más del 50% de la radiación recibida) generará calor en la placa, llegando a alcanzarse en esta temperaturas 50º centígrados por encima de la temperatura ambiente.



Figura 2-22 Ejemplos de placa solar térmica y placa solar fotovoltaica. [3]

Una placa fotovoltaica obtiene la energía eléctrica aprovechando el efecto fotoeléctrico, cuya definición más elemental es la producción de una corriente eléctrica por parte de un material, cuando en este incide la luz, es decir, fotones con una determinada frecuencia consiguen expulsar del material electrones que generan una corriente.

Este efecto fue descubierto por el físico Alexadre-Edmond Becquerel en 1839 y demostrado teóricamente por Albert Einstein en el año 1904 en su obra [4].

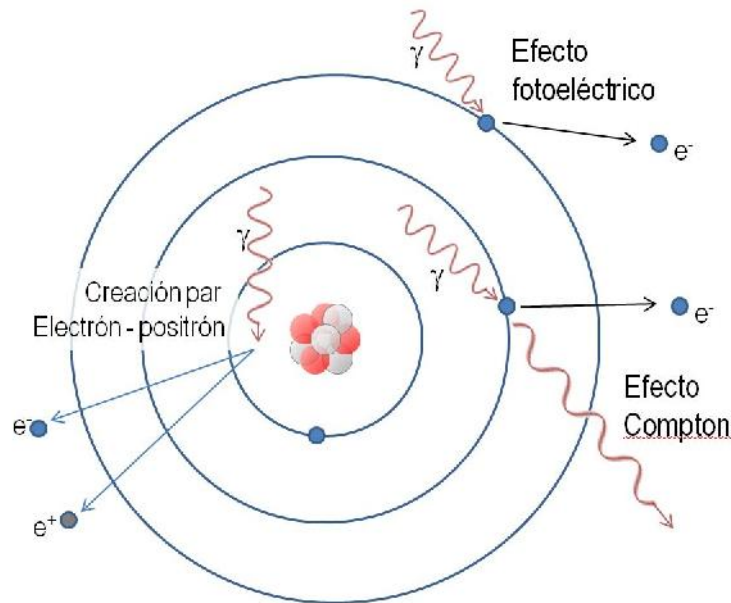


Figura 2-23 Efecto fotoeléctrico y efecto Compton

Las placas térmicas obtienen su energía aprovechando directamente el aumento de temperatura en la placa consecuencia de la radiación solar, este calor puede aprovecharse para ACS, calefacción de instalaciones o refrigeración mediante una máquina de absorción.

Este incremento de calor tiene un efecto muy perjudicial cuando se trata de aprovechar el potencial fotovoltaico de la placa, la eficiencia de esta se ve reducida un 0.4% por grado centígrado en el caso de las placas de silicio monocristalino. Pero por otra parte, este calor generado por la radiación solar es muy útil si se consigue aprovechar adecuadamente.

De la necesidad de refrigerar el sistema y de la posibilidad de aprovechar esa energía térmica nacen las placas PV/T, mientras que el calor se puede aprovechar para otras aplicaciones mediante la disipación del calor generado en la placa, la bajada de temperatura de esta mantiene su eficiencia fotovoltaica en cotas más elevadas que las obtenidas en las no refrigeradas.

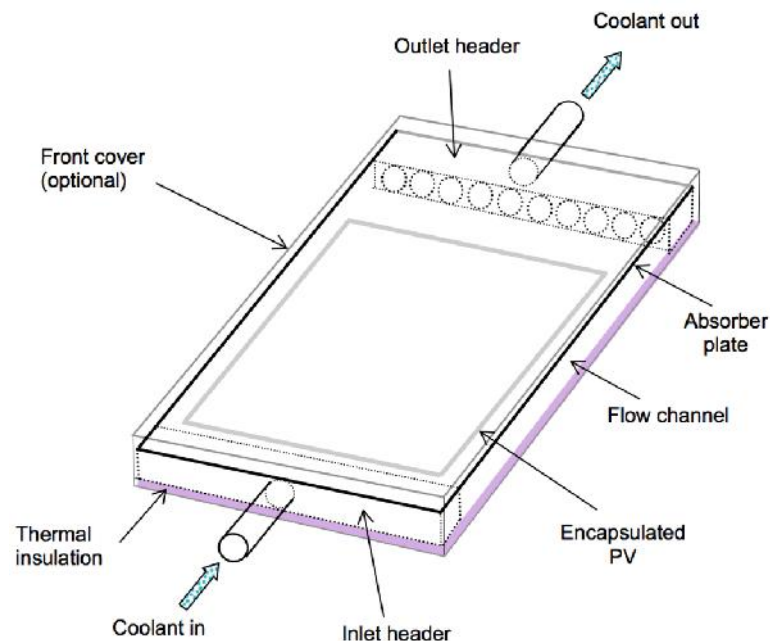


Figura 2-24 Esquema de placa PVT [5]

2.3.2 Evolución de la tecnología PV/T

La investigación en lo referente a la tecnología PV/T da comienzo a mitad de los años 70, distintos investigadores presentaron los primeros prototipos con distintos sistemas de refrigeración, es decir, tanto con agua como con aire.

Durante los años 80 se investigan los rendimientos obtenidos al utilizar paneles PV/T con concentradores de luz, también se estudian los sistemas de calefacción PV/T mediante aire o líquido, siendo los que utilizan agua más eficientes debido a la mayor transmisión térmica de este fluido [6] y el aprovechamiento de los paneles con distintas configuraciones de cubierta exterior, llegando a la conclusión de que el mejor equilibrio entre eficiencia térmica y eléctrica se encontraba con los paneles de cubierta simple [7].

En los años 90 la investigación en el campo de la energía fotovoltaica-térmica aumenta considerablemente como respuesta al deterioro medioambiental que se viene observando en los últimos años, también crece el interés de la industria de la construcción por el uso de placas solares híbridas integradas en las fachadas y tejados de los edificios, esta manera de integrar la tecnología solar-térmica en las construcciones permite un mayor aprovechamiento de la superficie disponible en términos de W/m^2 y no deteriora estéticamente las fachadas y tejados tanto como situar dos tipos de paneles distintos.

Respecto a los paneles con concentradores, Akbarzadeh y Wadowski [8] idean un sistema de refrigeración tubular que consigue reducir la temperatura de $84^{\circ}C$ a $46^{\circ}C$ con una concentración de factor 20, lo cual en términos de eficiencia fotovoltaica supone un incremento del 15% en una primera aproximación.

2.4 Tipos de tecnologías PV/T

2.4.1 Paneles integrados refrigerados por aire (BIPVT/a)

Los sistemas BIPVT/a funcionan como cubierta de una edificación, además genera energía térmica y eléctrica simultáneamente. Estos sistemas pueden ser también una segunda cubierta en un edificio, con lo que conseguiremos gracias al calor generado en las placas, mejorar las características térmicas de la construcción.

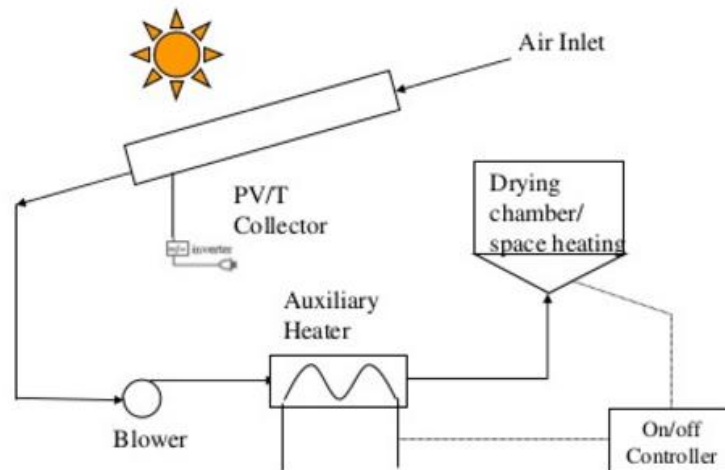


Figura 2-25 Esquema de instalación BIPVT/a [3]

La eficiencia energética del edificio variará de acuerdo a la energía que obtengamos de los paneles BIPVT/a. La temperatura de trabajo del módulo fotovoltaico es un factor determinante en el rendimiento energético del sistema. La temperatura varía en función del tipo de célula PV, la configuración del módulo PV, la forma de instalación y según ciertas condiciones de la edificación.

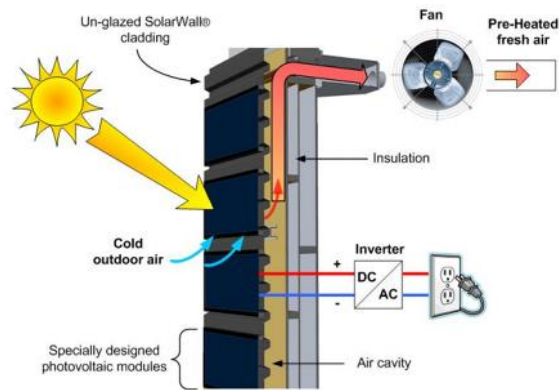


Figura 2-26 Sistema BIPVT/a [9]

Se han realizado multitud de estudios sobre la transmisión de calor en las construcciones con doble fachada. Brinkworth [10] descubre que situar un espacio ventilado detrás de los paneles PV es un método muy efectivo para limitar el incremento de temperatura en el panel y evitar por lo tanto la bajada de rendimiento.

2.4.2 Paneles integrados refrigerados por liquido (BIPVT/w)

Como ya explicamos en el apartado anterior, el concepto de los sistemas BIPVT se basa en aumentar tanto el rendimiento eléctrico gracias a la refrigeración como las características térmicas de la edificación. Un sistema BIPVT/w conseguirá mejores rendimientos térmicos del sistema, además, el calor extraído puede utilizarse para proporcionar ACS además de para calefacción.

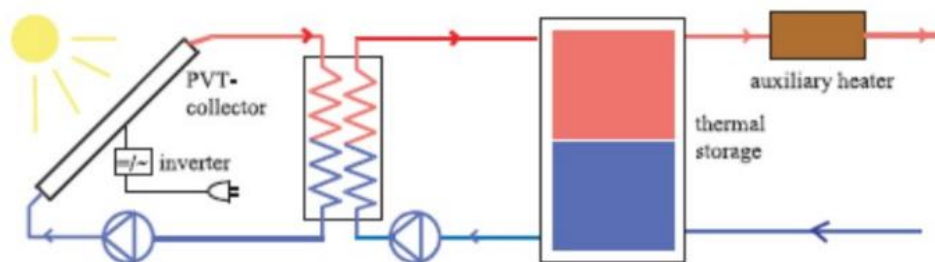


Figura 2-27 Esquema de instalación BIPVT/w [3]

Entre los sistemas BIPVT/w distinguiremos 2 tipos, los encapsulados, que tienen un mejor rendimiento térmico y los no encapsulados, que tienen un mejor rendimiento eléctrico.

Los encapsulados son similares en aspecto a las placas solar térmicas, estando formados por un panel PV que actúa absorbiendo el calor de la radiación y generando energía eléctrica, todo ello cubierto por un apantallamiento de cristal que crea un espacio vacío, consiguiendo elevar la temperatura dentro de la carcasa del módulo PVT. Este aumento de temperatura nos dará un mayor aporte térmico pero también reducirá la eficiencia eléctrica.

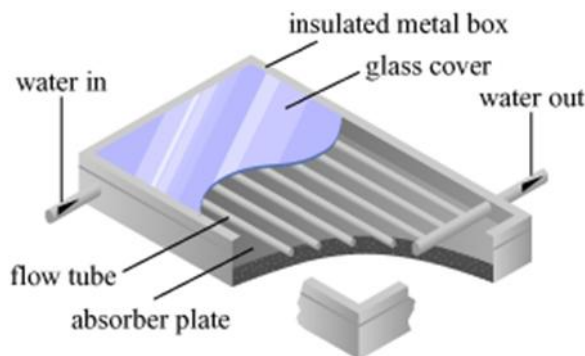


Figura 2-28 Módulo PVT encapsulado [9]

Los no encapsulados son similares en aspecto a un panel fotovoltaico normal, consisten en una placa PV con su consiguiente sistema de refrigeración pero a diferencia del encapsulado, esta no está cubierta en ningún momento por un cristal. Debido a esto, la refrigeración del panel PV es mayor, consiguiendo aumentar la eficiencia eléctrica.

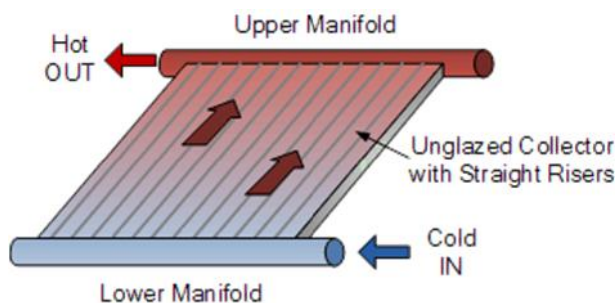


Figura 2-29 Módulo PVT no encapsulado [3]

2.4.3 Paneles refrigerados por aire (PVT/a)

Los paneles no integrados siguen la misma mecánica que sus homólogos fotovoltaicos o térmicos, un panel montado sobre un soporte que le proporciona la orientación demandada.



Figura 2-30 Ejemplo de estructura de un panel PV [1]

Las placas PVT/a son una alternativa más barata y simple que las PVT/w, la temperatura del aire puede ser controlada en función del flujo de aire, que podremos variar en el caso de que optemos por una ventilación forzada. Este tipo de ventilación es más eficiente que la ventilación natural pero la energía eléctrica que obtendremos será menor al tener que alimentar los ventiladores.

Tripanagnostopoulos [11] realizó ensayos con paneles planos refrigerados tanto por agua como por aire, llegando a la conclusión de que los PVT/a son un 5% más caros de producir que los paneles PV normales y los PVT/w un 8% más caros que los PV normales.

También se estudió la eficiencia térmica cuando los paneles se distribuían en filas paralelas y se colocaban reflectores a los paneles en los huecos que se quedaban libres para evitar que unos paneles ensombrecieran a otros, el resultado fue un incremento de dicha eficiencia de un 38% a un 75% en los PVT/a y de un 55% a un 80% en los PVT/w.

2.4.4 Paneles refrigerados por liquido (PVT/w)

Los paneles no integrados refrigerados por liquido ofrecen los mejores rendimientos eléctricos entre otros tipos de sistemas PV/T. Gracias al uso de un líquido como refrigerante, normalmente agua o agua glicolada, se consigue extraer más calor y por lo tanto aumentar tanto la eficiencia térmica como eléctrica. La forma de hacer circular el agua por el circuito de refrigeración también es importante, sobre todo si se hace mediante el uso de una bomba hidráulica, que requerirá de una energía que reducirá la eficiencia eléctrica de la placa.



Figura 2-31 Ejemplo de PVT/w no encapsulada [1]

La oferta comercial de paneles PVT es más amplia en este tipo de paneles, por ser los más adecuados para ofrecer agua caliente sanitaria, calefacción y además trabajar mejor en zonas de altas temperaturas, donde los paneles refrigerados por aire no consiguen mantener temperaturas de trabajo en las células fotovoltaicas tan óptimas, recordemos que a partir de la temperatura óptima de trabajo (25°C), el rendimiento se reduce a razón de un 0.4% por °C.

3 APLICABILIDAD PV/T EN BUIS

3.1 Descripción general

En este apartado se explicarán las consideraciones usadas para la caracterización de los BUIs, el método usado para medición de aplicabilidad mediante escalas de Likert, los factores de aplicabilidad elaborados para la valoración y se mostraran los resúmenes de aplicabilidad resultantes.

3.2 Caracterización de BUIs

3.2.1 Buques

Se va a estimar como superficie para el cálculo del aporte energético, el resultado de multiplicar la manga por la eslora y este por un factor corrector de superficie utilizable. Siendo consciente de que para obtener un dato más preciso se necesitaría un estudio en profundidad de cada buque, lo cual no es objeto de este TFG. Se trata de conocer el orden de magnitud de los valores a obtener.

La aproximación de la demanda eléctrica y térmica del buque se calculará con datos extraídos de IDAE y del censo poblacional, se estimará utilizando el consumo típico residencial por persona, teniendo en cuenta que el objetivo de aplicar el PV/T es la satisfacción de este tipo de demanda.

Prescindiremos ya en este punto de BUIs en los que es evidente la no aplicación de la tecnología PV/T. Las razones de no estudiar dichos BUIs son:

- Particularidades operativas: Ciertos buques y unidades, por su medio de trabajo no son candidatos a utilizar la tecnología PV/T de ninguna manera, el ejemplo más claro son los submarinos. Otros directamente no disponen de equipos con una demanda energética de tipo residencial.
- Despliegues de corta duración: Algunos buques no realizan despliegues superiores a 24 horas, durante los mismos la demanda energética de tipo residencial se puede considerar nula por lo que no serán objeto de estudio de este trabajo.
- Buques de pequeño porte: Los veleros o lanchas hidrográficas no tienen espacio físico para ni siquiera pensar en la instalación de estos equipos.

Los buques no caracterizados son:

- Submarinos Clase ‘Galerna’
- Lanchas de Desembarco LCM-1-E
- Buque Auxiliar ‘Mar Caribe’

- Remolcador ‘Mahón’
- Remolcador ‘La Graña’
- Patrulleros Clase ‘Toralla’
- Patrulleros Clase ‘Anaga’
- Patrulleros de Vigilancia Litoral e Interior
- Buque Hidrográfico ‘Antares’
- Veleros de la Armada
- Lanchas Hidrográficas
- Lanchas de Instrucción

3.2.1.1 Ejemplo de ficha de caracterización de buques

En la siguiente tabla vemos un ejemplo de ficha de caracterización para un buque, en ella tenemos la dotación del buque más el personal embarcado, las demandas energéticas calculadas como explicamos en el apartado 35 y la superficie teórica antes de aplicarle el factor corrector de superficie utilizable. El resto de tablas están disponibles en el Anexo I.

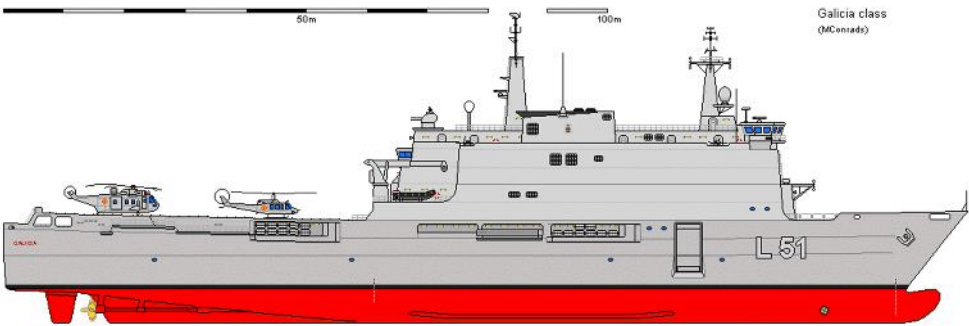
BUQUES ANFIBIOS				
	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
CLASE GALICIA	185 Dotación 615 Transporte	133,70 kWh	177,11 kWh	3680 m ²
				

Tabla 3-1 Ejemplo de ficha de caracterización: Caracterización de buques anfibios

3.2.2 Unidades

La caracterización de las unidades, que se reducen a la fuerza de Infantería de Marina, es objeto del TFG del Alférez Alumno Diego Villaverde Guldreis. En el mismo se definen los requerimientos energéticos de un campamento de infantería, único elemento con posibilidad de estudio. Por ello se omitirá dicho apartado.

3.2.3 Instalaciones

Para el estudio de aplicabilidad se tomaran como muestra de edificaciones el Arsenal de Cartagena y la Escuela Naval Militar.

La superficie utilizada para el cálculo del aporte energético teórico será la de los tejados de las edificaciones. Se han calculado mediante daftlogi, una herramienta de medición de áreas basada en google earth.

Para la demanda energética se usaran los criterios extraídos del documento de IDAE y la superficie de los tejados antes mencionada.

3.2.3.1 Arsenal de Cartagena

Superficies:

EDIFICIO	SUPERFICIE
1. Residencias. E/OAJ/Punto Control OTAN/CECOM/Detail/PRL	596.41 m ²
2.3.4. Oficial de Guardia/Cuerpo de Guardia/Ayudantía Mayor/Habilitación/Cámara de Suboficiales	447.4 m ²
5. Cámara de Oficiales/ Residencia Oficiales	267.19 m ²
6. Carpintería/Albañilería	723.71 m ²
7. EOSA/Farmacia Buques	394.54 m ²
8. Almacén/Pinturas	1133.74 m ²
9. C.I/Velas/Pañol Electricidad	1288.99 m ²
10. Caja Postal	471.93 m ²
11. Residencia Marinería	602.26 m ²
12. Junta de Deportes/Piscina/Gimnasio	2418.58 m ²
13. Estafeta	826.64 m ²
14. Archivo	816.06 m ²
15. Residencia 'Chereguini'	855.34 m ²
16. Cuartel San Pedro/Peluquería/Cantina	1806.14 m ²
17. Control Cámaras/Convertidora	500.88 m ²
18. Taller de Cañones/Punto Limpio	1251.08 m ²
19. Paños de Buques	1937.62 m ²
20. Comedor/Cocina	1798.8 m ²
CASI	1974.22 m ²
Locales de M.C.M	1591.84 m ²
Servicio de Repuestos	3886.26 m ²
Central Telefónica	841.02 m ²
Servicio de Movimiento	3277.72 m ²
R.E.E	3217.22 m ²
Ramo de Casco	6153.82 m ²
Aprovisionamiento/UEP/Enfermería/Seguridad/Intervención/ICO/CESADAR	5317.57 m ²
Viviendas	723.16 m ²
Ramo Armas/Almacén	5267.22 m ²
Prácticos/Tren Naval	627.17 m ²
JIN	1920.25 m ²
CAI	991.6 m ²
TOTAL	53 926.38 m²

Tabla 3-2 Superficies por edificio arsenal de Cartagena

Demanda energética eléctrica utilizando los criterios extraídos del documento ‘Evaluación del potencial de energía solar térmica y fotovoltaica derivado del cumplimiento del Código Técnico de Edificación’, IDAE:

EDIFICIO	DEMANDA
1. Residencias. E/OAJ/Punto Control OTAN/CECOM/Detail/PRL	34568 kWh/año
2.3.4. Oficial de Guardia/Cuerpo de Guardia/Ayudantía Mayor/Habilitación/Cámara de Suboficiales	41124 kWh/año
5. Cámara de Oficiales/ Residencia Oficiales	15486 kWh/año
6. Carpintería/Albañilería	66516 kWh/año
7. EOSA/Farmacia Buques	36248 kWh/año
8. Almacén/Pinturas	113 kWh/año
9. C.I/Velas/Pañol Electricidad	129 kWh/año
10. Caja Postal	43332 kWh/año
11. Residencia Marinería	34916 kWh/año
12. Junta de Deportes/Piscina/Gimnasio	16926 kWh/año
13. Estafeta	75992 kWh/año
14. Archivo	81.6 kWh/año
15. Residencia ‘Chereguini’	49590 kWh/año
16. Cuartel San Pedro/Peluquería/Cantina	104748 kWh/año
17. Control Cámaras/Convertidora	46000 kWh/año
18. Taller de Cañones/Punto Limpio	115092 kWh/año
19. Pañoles de Buques	194 kWh/año
20. Comedor/Cocina	451298 kWh/año
CASI	197 kWh/año
Locales de M.C.M	146372 kWh/año
Servicio de Repuestos	389 kWh/año
Central Telefónica	77372 kWh/año
Servicio de Movimiento	328 kWh/año
R.E.E	295964 kWh/año
Ramo de Casco	615 kWh/año
Aprovisionamiento/UEP/Enfermería/Seguridad/Intervención/ICO/CESADAR	489164 kWh/año
Viviendas	41934 kWh/año
Ramo Armas/Almacén	526 kWh/año
Prácticos/Tren Naval	57684 kWh/año
JIN	176640 kWh/año
CAI	91172 kWh/año
TOTAL	2510712 kWh/año

Tabla 3-3 Demanda eléctrica por edificio arsenal de Cartagena

Demanda energética térmica utilizando los criterios extraídos del documento ‘Evaluación del potencial de energía solar térmica y fotovoltaica derivado del cumplimiento del Código Técnico de Edificación’, IDAE:

EDIFICIO	DEMANDA
1. Residencias. E/OAJ/Punto Control OTAN/CECOM/Detail/PRL	75096 kWh/año
2.3.4. Oficial de Guardia/Cuerpo de Guardia/Ayudantía Mayor/Habilitación/Cámara de Suboficiales	53640 kWh/año
5. Cámara de Oficiales/ Residencia Oficiales	33642 kWh/año
6. Carpintería/Albañilería	86760 kWh/año
7. EOSA/Farmacia Buques	47280 kWh/año
8. Almacén/Pinturas	340 kWh/año
9. C.I/Velas/Pañol Electricidad	386 kWh/año
10. Caja Postal	56520 kWh/año
11. Residencia Marinería	75852 kWh/año
12. Junta de Deportes/Piscina/Gimnasio	2758938 kWh/año
13. Estafeta	99120 kWh/año
14. Archivo	245 kWh/año
15. Residencia ‘Chereguini’	107730 kWh/año
16. Cuartel San Pedro/Peluquería/Cantina	227556 kWh/año
17. Control Cámaras/Convertidora	60000 kWh/año
18. Taller de Cañones/Punto Limpio	150120 kWh/año
19. Pañoles de Buques	581 kWh/año
20. Comedor/Cocina	244528 kWh/año
CASI	592 kWh/año
Locales de M.C.M	190920 kWh/año
Servicio de Repuestos	1166 kWh/año
Central Telefónica	100920 kWh/año
Servicio de Movimiento	983 kWh/año
R.E.E	386040 kWh/año
Ramo de Casco	1846 kWh/año
Aprovisionamiento/UEP/Enfermería/Seguridad/Intervención /ICO/CESADAR	638040 kWh/año
Viviendas	91098 kWh/año
Ramo Armas/Almacén	1580 kWh/año
Prácticos/Tren Naval	75240 kWh/año
JIN	230400 kWh/año
CAI	118920 kWh/año
TOTAL	5916080 kWh/año

Tabla 3-4 Demanda térmica por edificio arsenal de Cartagena



Figura 3-1 Plano del Arsenal de Cartagena [12]

3.2.3.2 Escuela Naval Militar

Superficies:

EDIFICIO	SUPERFICIE
1. Edificios Muelle de Torpedos	1414.79 m ²
2. Isaac Peral	2242.11 m ²
3. Cuartel Francisco Moreno	3135.27 m ²
4. Cuartel Marques de la Victoria	2696.67 m ²
5. Cuartel de Marinería	2202.84 m ²
6. Hospital	2171.89 m ²
7. Casino de Alumnos	1856.03 m ²
8. Jefatura de Instrucción	1439.64 m ²
9. Barrio Industrial	4820.02 m ²
10. Residencia Oficiales	1212.79 m ²
11. Edificios Patio de Aulas	3998.28 m ²
12. Gimnasio	2463.22 m ²
TOTAL	29653.55 m²

Tabla 3-5 Superficies por edificio escuela naval militar

Demanda energética eléctrica utilizando los criterios extraídos del documento ‘Evaluación del potencial de energía solar térmica y fotovoltaica derivado del cumplimiento del Código Técnico de Edificación’, IDAE:

EDIFICIO	DEMANDA
1. Edificios Muelle de Torpedos	130088 kWh/año
2. Isaac Peral	206264 kWh/año
3. Cuartel Francisco Moreno	181830 kWh/año
4. Cuartel Marques de la Victoria	156368 kWh/año
5. Cuartel de Marinería	127716 kWh/año
6. Hospital	130260 kWh/año
7. Casino de Alumnos	465856 kWh/año
8. Jefatura de Instrucción	83462 kWh/año
9. Barrio Industrial	279560 kWh/año
10. Residencia Oficiales	70296 kWh/año
11. Edificios Patio de Aulas	367816 kWh/año
12. Gimnasio	17241 kWh/año
TOTAL	2216757 kWh/año

Tabla 3-6 Demanda eléctrica por edificio escuela naval ENM

Demanda energética térmica utilizando los criterios extraídos del documento ‘Evaluación del potencial de energía solar térmica y fotovoltaica derivado del cumplimiento del Código Técnico de Edificación’, IDAE:

EDIFICIO	DEMANDA
1. Edificios Muelle de Torpedos	169680 kWh/año
2. Isaac Peral	269040 kWh/año
3. Cuartel Francisco Moreno	395010 kWh/año
4. Cuartel Marques de la Victoria	339696 kWh/año
5. Cuartel de Marinería	277452 kWh/año
6. Hospital	466765 kWh/año
7. Casino de Alumnos	252416 kWh/año
8. Jefatura de Instrucción	181314 kWh/año
9. Barrio Industrial	607320 kWh/año
10. Residencia Oficiales	152712 kWh/año
11. Edificios Patio de Aulas	503748 kWh/año
12. Gimnasio	2810283 kWh/año
TOTAL	6425436 kWh/año

Tabla 3-7 Demanda térmica por edificio ENM



Figura 3-2 Plano de la Escuela Naval Militar [13]

3.3 Método

3.3.1 Escala de Likert

Para medir la aplicabilidad en cada BUI utilizaremos una escala Likert de 5 valores, desde el -2 al +2. Esta herramienta estadística nos permite clasificar cada factor de aplicabilidad de una manera gradual, visual y sencilla.

La escala de Likert es una escala psicométrica utilizada normalmente en cuestionarios y encuestas de investigación. Al responder especificamos el nivel de acuerdo o desacuerdo, en nuestro caso estaremos indicando que un factor es más o menos favorable. Al asociar cada valor a una característica objetiva conseguimos suprimir el carácter subjetivo que tienen este tipo de cuestionarios. Toma su nombre de su creador Rensis Likert, quien publicó un informe en 1932 detallando su uso.

Escala Likert	
Valor	Clasificación
-2	Muy Desfavorable
-1	Desfavorable
0	Neutral
+1	Favorable
+2	Muy Favorable

Tabla 3-8 Asignación de valores a clasificaciones en escala Likert

Cuando asignemos una clasificación de muy desfavorable querrá decir que el factor evaluado dificulta mucho o impide la aplicabilidad de la tecnología. Una clasificación de desfavorable implica que la aplicabilidad traerá dificultades. La clasificación de neutral quiere decir que o bien no se sabe o no es significativo al hablar de aplicabilidad. Si es favorable es que la aplicabilidad es posible. Por último, si hablamos de una clasificación muy favorable estaremos ante un factor de evidente aplicabilidad.

Al evaluar todos los factores, se realizara la mediana con los distintos valores para tener un valor numérico que represente la aplicabilidad. Finalmente se integraran los resultados en una matriz general de aplicabilidad distribuida por tecnologías PV/T.

3.3.2 Criterios utilizados para la medición de la aplicabilidad

3.3.2.1 Orientación

Este factor determina la posibilidad de orientar las placas en azimut e inclinación de la manera más óptima posible. La orientación de una placa PV/T determinará en parte cuanta radiación incidirá sobre esta y es un factor determinante por lo tanto para obtener la potencia nominal de la placa. La orientación se realiza según su situación geográfica en función de la latitud, siendo en el ecuador donde la posición del sol alcanza el zenit, cuanto más cerca nos encontremos del ecuador, menor será la inclinación.

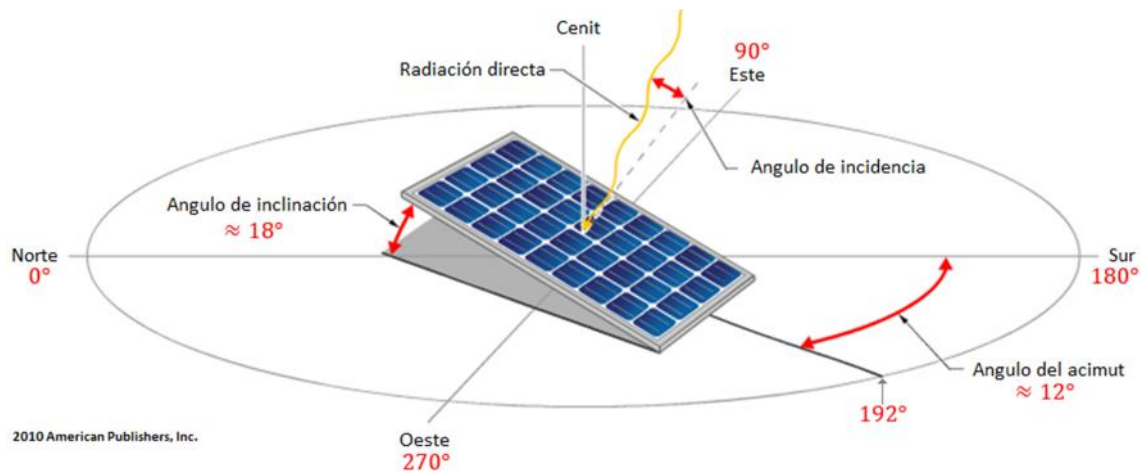


Figura 3-3 Valores de orientación de una placa solar [14]

La orientación no supone un problema de aplicabilidad cuando se trata de edificaciones puesto que a no ser que se trate de una placa integrada, es posible orientarla como se desee, sin embargo en una instalación a bordo de un buque nos encontraremos con los problemas propios de un medio que está en constante movimiento.

3.3.2.2 Condiciones Ambientales

Este factor determina si los factores ambientales van a influir positiva o negativamente en el funcionamiento normal del sistema. Teniendo en cuenta las condiciones particulares en lo que a meteorología se refiere, si nos encontramos en un entorno que es propenso a sufrir lluvias, presencia continuada de nubosidad, nieblas, nevadas u otros fenómenos, nos será más difícil aprovechar el potencial de las instalaciones PV/T. Por otro lado, en climas de altas temperaturas, la eficiencia eléctrica disminuirá a razón de un 0,4% por cada grado centígrado de incremento si los sistemas de refrigeración/aprovechamiento de calor no son capaces de reducir la temperatura de trabajo a 25°C, que se considera óptima.

3.3.2.3 Radiación Solar

Este factor determina si los sistemas PV/T están recibiendo la radiación solar adecuada para funcionar según las especificaciones del fabricante. La radiación solar varía a lo largo y ancho del planeta, debido principalmente a la forma en la que los rayos solares inciden en la superficie de la tierra.

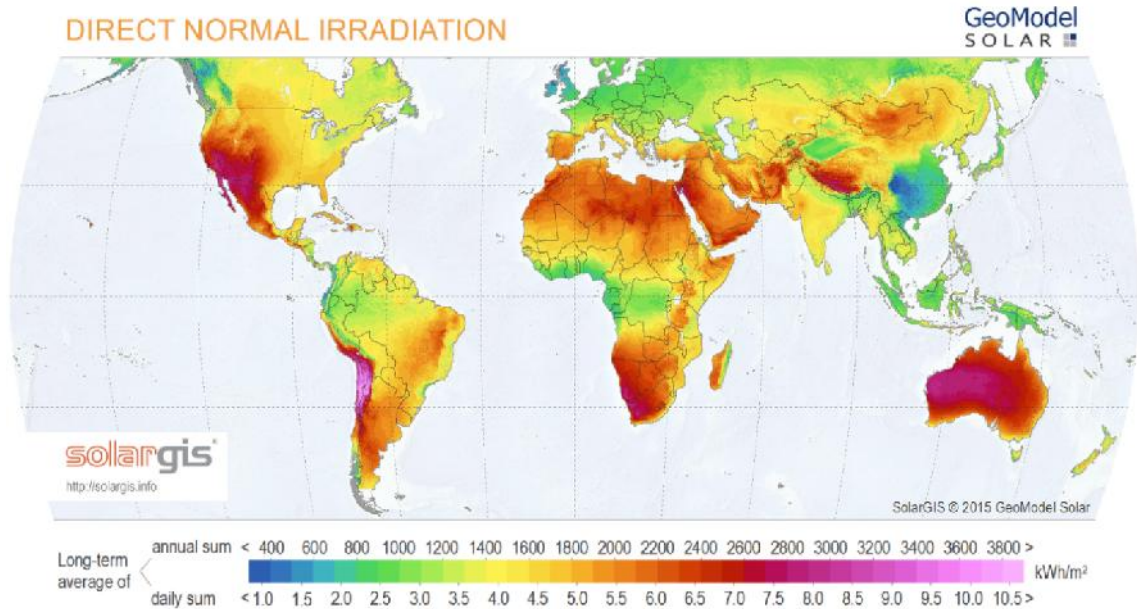


Figura 3-4 Radiación solar directa global [15]

Por ello, en según qué zonas nos encontremos la potencia desarrollada por una placa PV/T variará, estando las potencias nominales eléctricas y térmicas medidas en unas condiciones estándar de trabajo con una radiación solar de 1000 W/m^2 , 25°C de temperatura de la célula fotovoltaica un coeficiente AM (Air Mass) de valor 1.5.

3.3.2.4 Características de la instalación

Este factor estudia la complejidad técnica de acometer la instalación en un BUI. Se tendrán en cuenta las instalaciones ya existentes y sobre las cuales nos podremos apoyar, las posibilidades de reforma de la plataforma o edificio objeto del análisis y la viabilidad técnica de la instalación.

3.3.2.5 Ratio Aporte/Demanda Eléctrica y Térmica

Un aspecto fundamental es la relación entre potencia demandada y aportada por el sistema. Se teorizará una demanda y aporte en cada caso de estudio y se calificará partiendo de la base de que en los buques se pretende que la instalación sea un apoyo a las ya existentes, no así en los edificios, donde dada la posibilidad de ello, se pretende supla los requerimientos energéticos lo máximo posible. La demanda energética tanto eléctrica como térmica será la determinada por el número de personas que compongan la dotación.

3.3.2.6 Efecto en operatividad

Dada la naturaleza de las misiones encargadas a las FAS, hay que estudiar si una instalación PV/T va a poner en compromiso algún aspecto operativo del BUI. Este aspecto tiene un papel más relevante en el caso de los buques, donde deberemos analizar si los sistemas de armas, sensores, estabilidad de la plataforma u otras características podrían verse afectados.

3.3.2.7 Superficie disponible

El principal requisito para que una instalación sea viable es que exista una superficie disponible para la misma, también que esta sea suficiente para conseguir un ratio aporte/demanda significativo, el cual es otro factor de viabilidad.

3.3.2.8 Modelos PV/T seleccionados

Para la obtención de los datos de aporte energético según superficie se seleccionan de entre el catálogo de placas PV/T comerciales encontrado un modelo para cada tipo de placa. Dada la similitud tanto constructiva como de características técnicas de las placas encontradas, se seleccionaron las que más información técnica detallaban en sus catálogos, disponibles en el Anexo III.

Placas BIPVT/a y PVT/a

GRAMMER SOLAR: HYBRID-AIR COLLECTOR

Características:

Dimensiones	1732 x 1000 x 175 mm
Superficie	1.73 m ²
Eléctrica	230 W
Eficiencia Eléctrica	13%
Térmica	690 W
Eficiencia Térmica	40%
Flujo de Aire	40-100 m ³ /h
Eléctrica/m ²	132.9 W/m ²
Térmica/m ²	398.8 W/m ²
T. Max de trabajo	100 °C

Tabla 3-9 Características placa Grammer Solar

Placas BIPVT/w

Solator®: PV + THERM INROOF PVTHERMIN190EU

Características:

Dimensiones	836 x 1580 x 36 mm
Superficie	1.32 m ²
Eléctrica	190 W
Eficiencia Eléctrica	15.4%
Térmica	943 W
Eficiencia Térmica	67.7%
Flujo de Refrigerante	90-200 l/h
Eléctrica/m²	158.3 W/m ²
Térmica/m²	786 W/m ²
T. Max de trabajo	80 °C

Tabla 3-10 Características placa Solator

Placas PVT/w

DUALSUN: DUALSUN

Características:

Dimensiones	1677 x 990 x 40 mm
Superficie	1.66 m ²
Eléctrica	250 W
Eficiencia Eléctrica	15.4%
Térmica	912 W
Eficiencia Térmica	55%
Flujo de Refrigerante	Hasta 200 l/h
Eléctrica/m²	150.6 W/m ²
Térmica/m²	549.39 W/m ²
T. Max de trabajo	74.7 °C

Tabla 3-11 Características placa DualSun

3.4 Desarrollo

3.4.1 Descripción general

El método para determinar la aplicabilidad ha consistido en el uso de una escala Likert. Con los resultados arrojados de esta, se han construido las gráficas de aplicabilidad, donde se muestran los valores para cada factor divididos por tecnología. Las gráficas de aplicabilidad se encuentran en esta misma sección. Las tablas con los factores de aplicabilidad determinados numéricamente se encuentran disponibles en el Anexo II.

3.4.2 Aplicabilidad en buques

3.4.2.1 Orientación de paneles

La orientación en los buques está determinada por el rumbo del buque y en menor medida por el balance y la cabezada, por ello se considerará un factor neutral (0) en el caso de las placas integradas por la imposibilidad de reorientar las mismas y como favorable (1) en el caso de las no-integradas por la posibilidad de modificar la orientación reajustando los soportes. No se considerarán el resto de valoraciones por ser un factor muy variable en función del buque.

3.4.2.2 Superficie disponible

El principal problema a la hora de instalar estos sistemas en buques es el poco espacio realmente disponible para estos sistemas, un buque está proyectado con un aprovechamiento total del espacio. Haremos una distinción en este factor entre los buques de guerra y los buques con misiones de no-combate, en este segundo caso y en relación con el factor de 'Efecto en la operatividad', la modificación de elementos o movimiento de sensores y sistemas no es tan crítico como en los buques de guerra.

También la tipología del panel es importante a la hora de poder aprovechar la superficie, un sistema integrado optimiza más la superficie disponible al no necesitar de elementos de sujeción y de estar toda la instalación de cables o tuberías también integrados, es decir, afectará menos a la actividad que se desarrolle en el buque.

En este factor daremos un valor de muy desfavorable (-2) a la total indisponibilidad de superficie útil para la instalación, un valor de desfavorable (-1) a un 2,5% de superficie, un valor de neutral (0) para un 5% de superficie, un valor de favorable para un 7.5% de superficie y un valor de muy favorable (2) para un 10% de superficie. Estos porcentajes son resultado de una valoración general de las cubiertas de los buques de cada clase, siendo una décima parte del buque la aproximación de superficie libre para la instalación de los paneles.

3.4.2.3 Condiciones ambientales

La actividad de un buque puede desarrollarse por todo el mundo. En la mar, que es el medio natural del buque y donde hará uso de sus sistemas, las condiciones ambientales pueden considerarse muy similares por todo el globo, siendo los factores más variables por zona la temperatura, la nubosidad y las precipitaciones. Considerando que los escenarios actuales donde la Armada opera sus buques van a mantenerse en un futuro a medio plazo, se realizará el análisis en función de estas.

En zonas de altas temperaturas, los sistemas PV/T que usan un fluido refrigerante líquido van a conseguir extraer más calor y por lo tanto mantener temperaturas de trabajo en los paneles que

consigan buenas eficiencias eléctricas. En zonas templadas y frías la diferencia entre sistemas que trabajen con líquido o aire no va a ser crítica, aunque siempre el agua va a conseguir mejores rendimientos térmicos.

La valoración entonces, será de desfavorable (-1) para los sistemas que trabajan con aire en buques que operen en zonas cálidas, favorable para los sistemas que trabajan con aire en zonas templadas y frías (1) y de muy favorable (2) para los sistemas que trabajen con líquido en cualquier zona climática. No se contempla la valoración de muy desfavorable (-2) por significar esta la total inutilidad del sistema.

3.4.2.4 Radiación Solar

La radiación solar que reciba el sistema va a determinar que potencia tanto eléctrica como térmica tenga disponible la placa. Las potencias que los fabricantes indican son las calculadas en condiciones estándar, que determinan como 1000 W/m^2 la radiación solar.

La valoración de este apartado será de desfavorable (-1) para sistemas que operen en zonas con radiación menor a la estándar, neutral (0) para los sistemas que trabajen con radiación entorno a la estándar y favorable (1) para los sistemas que trabajen con radiación superior a la estándar. No se consideran las valoraciones de muy desfavorable (-2) por significar la ausencia de radiación y de muy favorable (+2) por simetría en la valoración.

3.4.2.5 Características de la instalación

En cualquier caso de análisis, la instalación de estos sistemas en buques entraña un gran desafío técnico. En este aspecto son las placas no integradas las que tienen ventaja debido a las amplias posibilidades de soportes que encontramos en el mercado. El principal problema con las placas integradas será la instalación sobre cubiertas de tránsito, tanto por la necesidad de añadir una cubierta protectora que modificará las características técnicas de la placa como por el tendido de cables y tuberías.

Sin embargo, la integración de los sistemas eléctricos y térmicos no es un problema mayor, puesto que el interior de un buque está repleto de tuberías y cableado y por lo tanto tenemos la infraestructura necesaria para la instalación de más sistemas, se puede considerar que existe una ‘preinstalación’ para estos elementos.

Otro elemento a tener en cuenta son los sistemas que una placa PV/T trae consigo: Acumuladores, inversores, reguladores, baterías, etc. Estos sistemas necesitan de un espacio que podría obtenerse de las cámaras de máquinas y equipos auxiliares o de otros compartimentos infrautilizados o no utilizados.

La valoración quedara como neutral (0) para los sistemas no integrados y de desfavorable (-1) para los sistemas integrados. No se consideran las valoraciones de muy desfavorable (-2) por significar la imposibilidad técnica de la instalación, ni de favorable (1) o muy favorable (2) porque cualquier integración de un elemento nuevo en un buque supone una dificultad añadida.

3.4.2.6 Ratio Aporte/Demanda Eléctrica/Térmica

El ratio aporte demanda nos da un indicador orientativo sobre si el sistema va a cumplir con las expectativas. El aporte ha sido calculado mediante la superficie teorizada del buque, un factor de disponibilidad de uso de la cubierta, las características de las placas PV/T y la demanda energética calculada para la dotación, tomando datos de consumo energético en España en el año 2013 de la IDAE. En este factor la valoración ha sido de desfavorable (-1) para un ratio menor de 0.5, neutral (0)

para un ratio entre 0.5 y 0.9 y de favorable para un ratio mayor que 0.9. No se han considerado el resto de valoraciones por haberse hallado en las matrices de aplicabilidad que esos 3 tramos son los más representativos.

$$R = \frac{S_{\text{superficie}} \cdot T_{\text{temperatura}} \cdot (m^2) \times F_{\text{factor}}}{D_{\text{distancia}} \cdot E_{\text{eficiencia}} \cdot f_{\text{factor}} \times A_{\text{area}} \cdot p_{\text{potencia}} \cdot u_{\text{unidades}} \cdot d_{\text{densidad}} \cdot \sup\left(\frac{k}{m^2}\right)} \quad (k)$$

3.4.2.7 Efecto en operatividad

La adición de nuevos elementos a un buque militar debe siempre de hacerse teniendo en cuenta cual es la misión para la que dicho buque se ha construido, si añadir un sistema PV/T a un buque pone en compromiso alguna capacidad operativa, deberá de replantearse la necesidad de este. Este factor será muy desfavorable (-2) en el caso de buques diseñados para operar en escenarios de alta y media intensidad por la incompatibilidad de situar los paneles cerca de sistemas de armas y por la alteración de la sección radar equivalente del buque, que depende de la forma y materiales del casco. En el caso de buques con cubierta de vuelo, será desfavorable (-1), al dejarla inutilizable para su uso original. En el resto de buques la valoración será de neutral (0). No se contemplan las valoraciones de favorable (1) y muy favorable (2) porque al ser un añadido no proyectado originalmente en el buque, siempre habrá una merma en la operatividad aunque sea minúscula.

3.4.2.8 Resumen aplicabilidad

- Fragatas

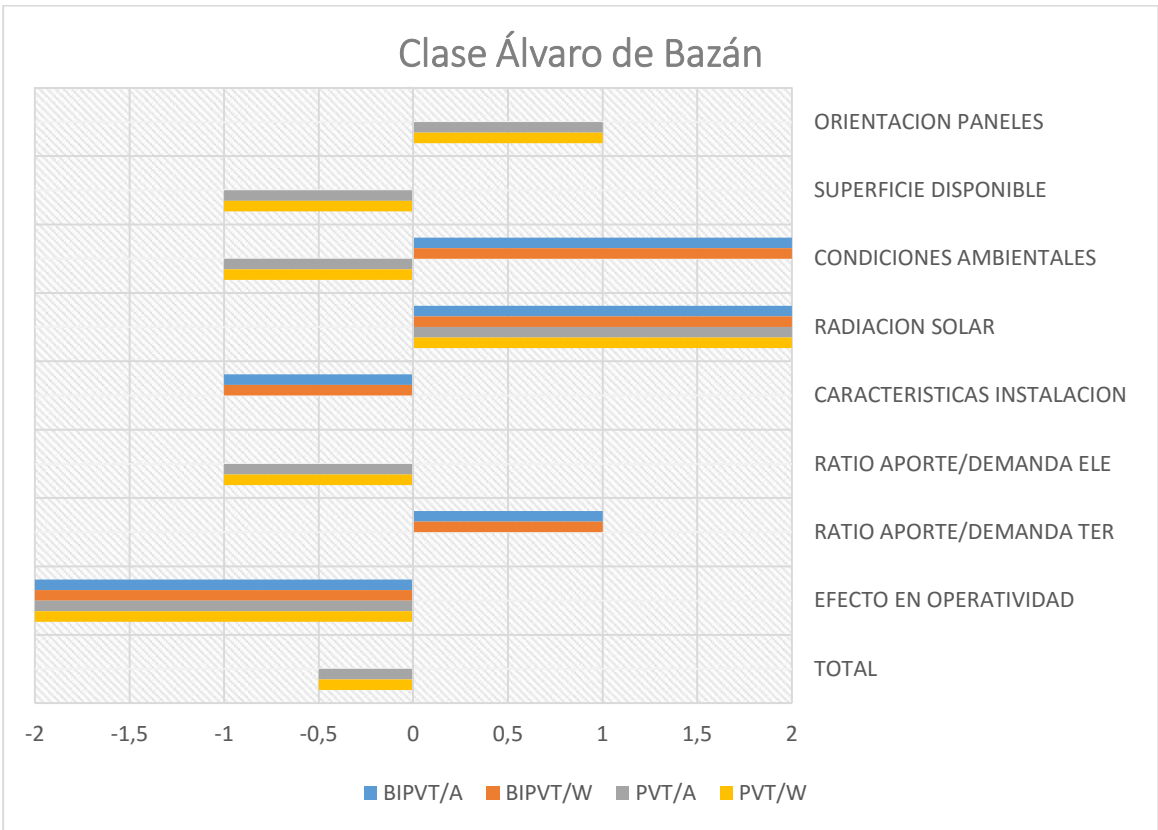


Tabla 3-12 Aplicabilidad Clase Álvaro de Bazán

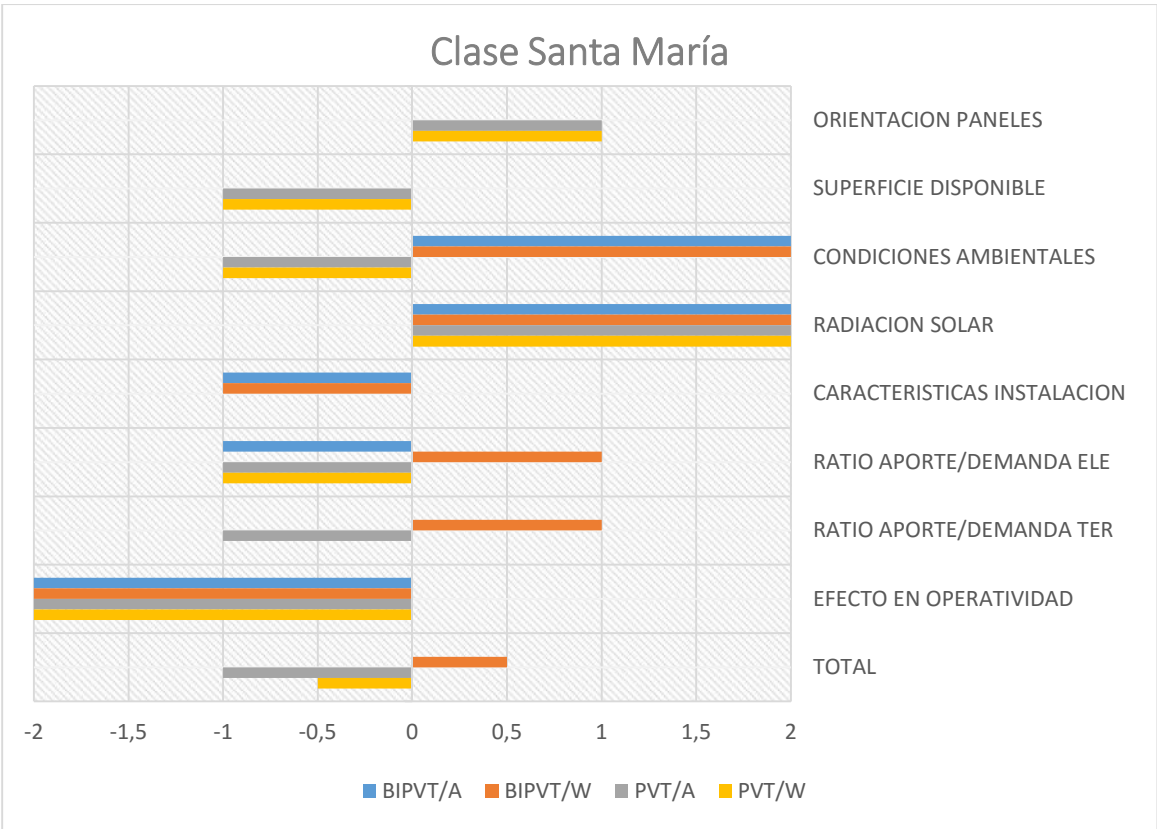


Tabla 3-13 Aplicabilidad Clase Santa María

- Buques anfibios y Juan Carlos I

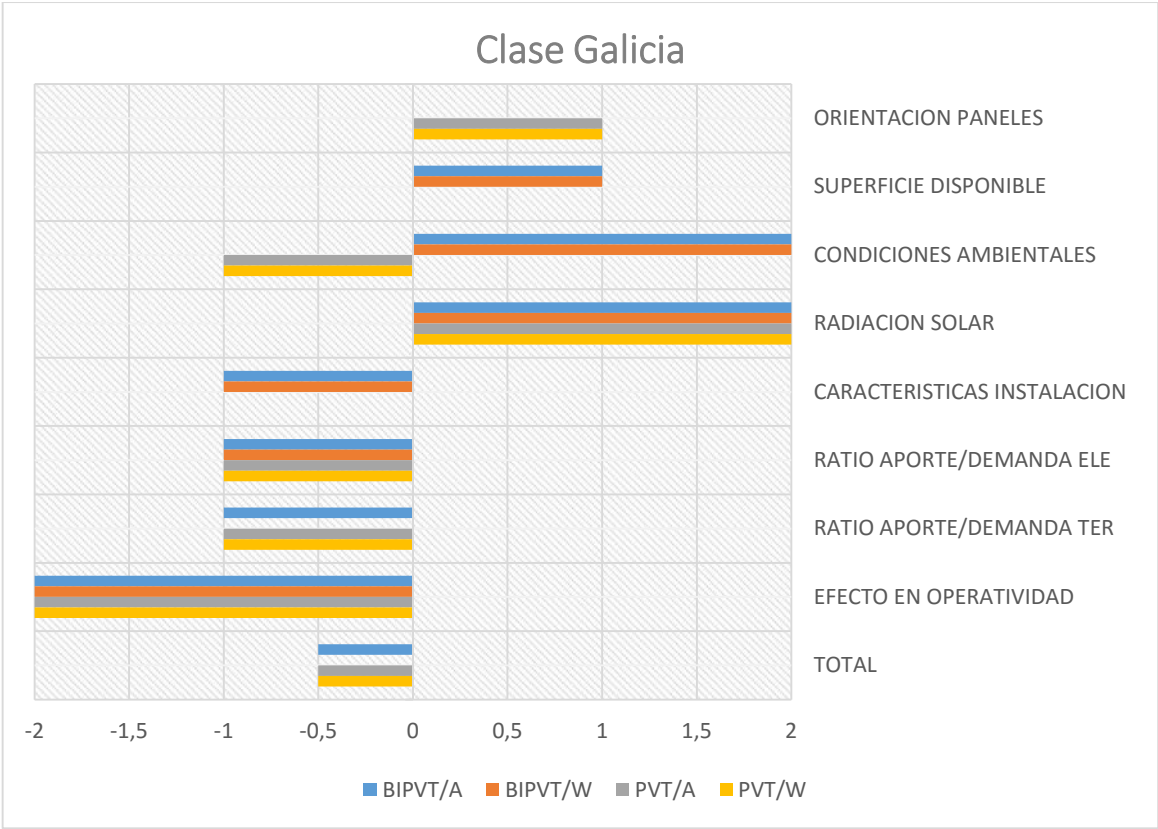


Tabla 3-14 Aplicabilidad Clase Galicia

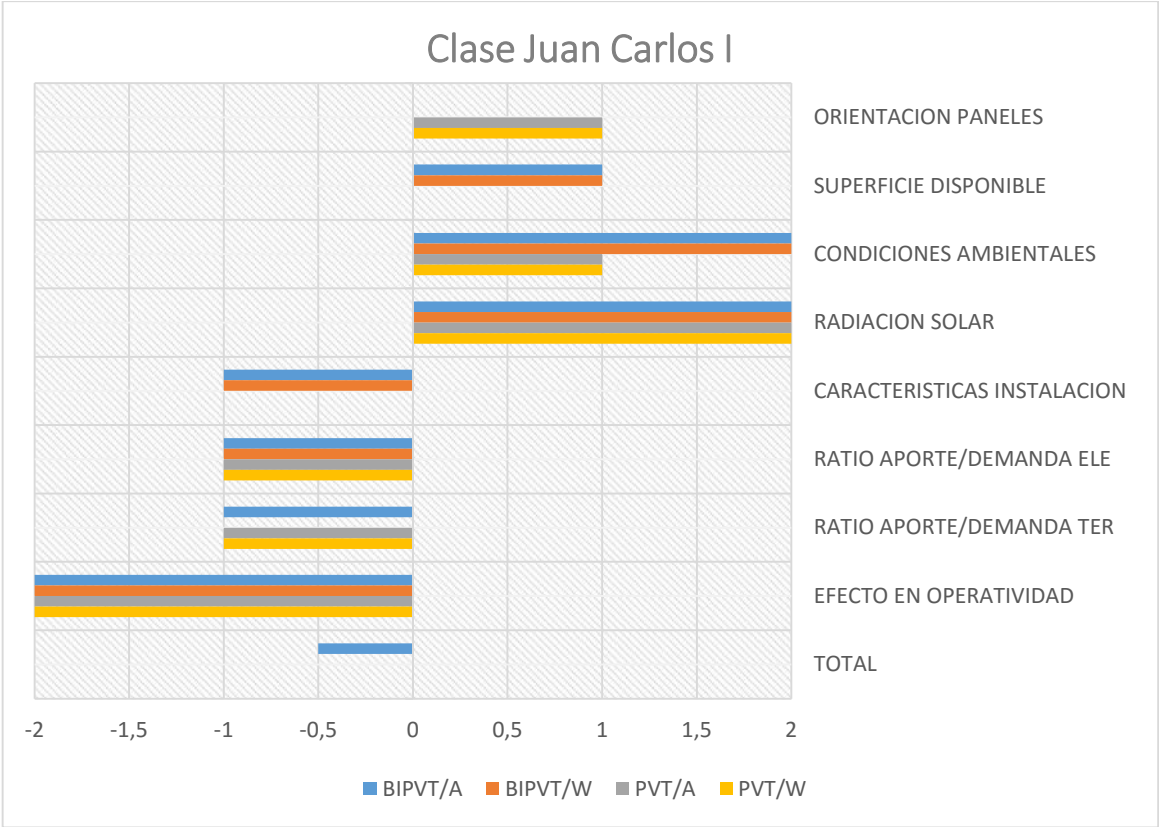


Tabla 3-15 Aplicabilidad Juan Carlos I

- Buques logísticos

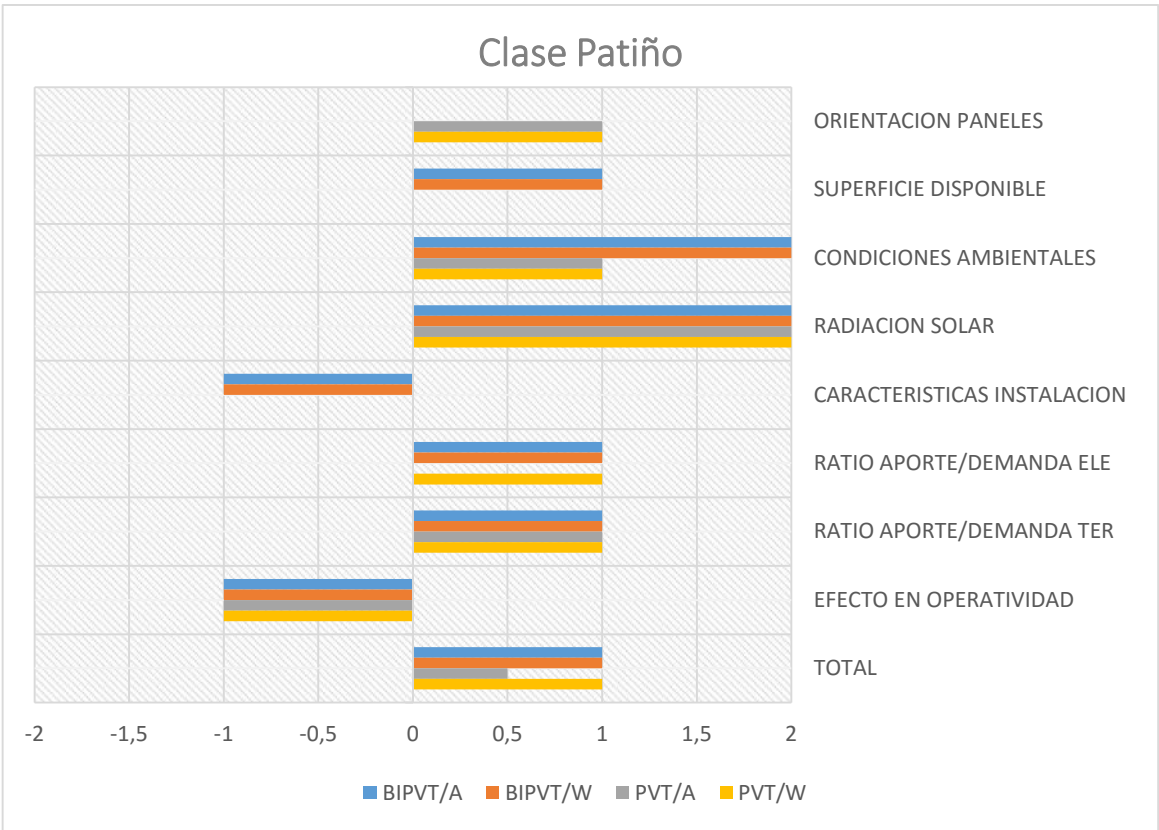


Tabla 3-16 Aplicabilidad Clase Patiño

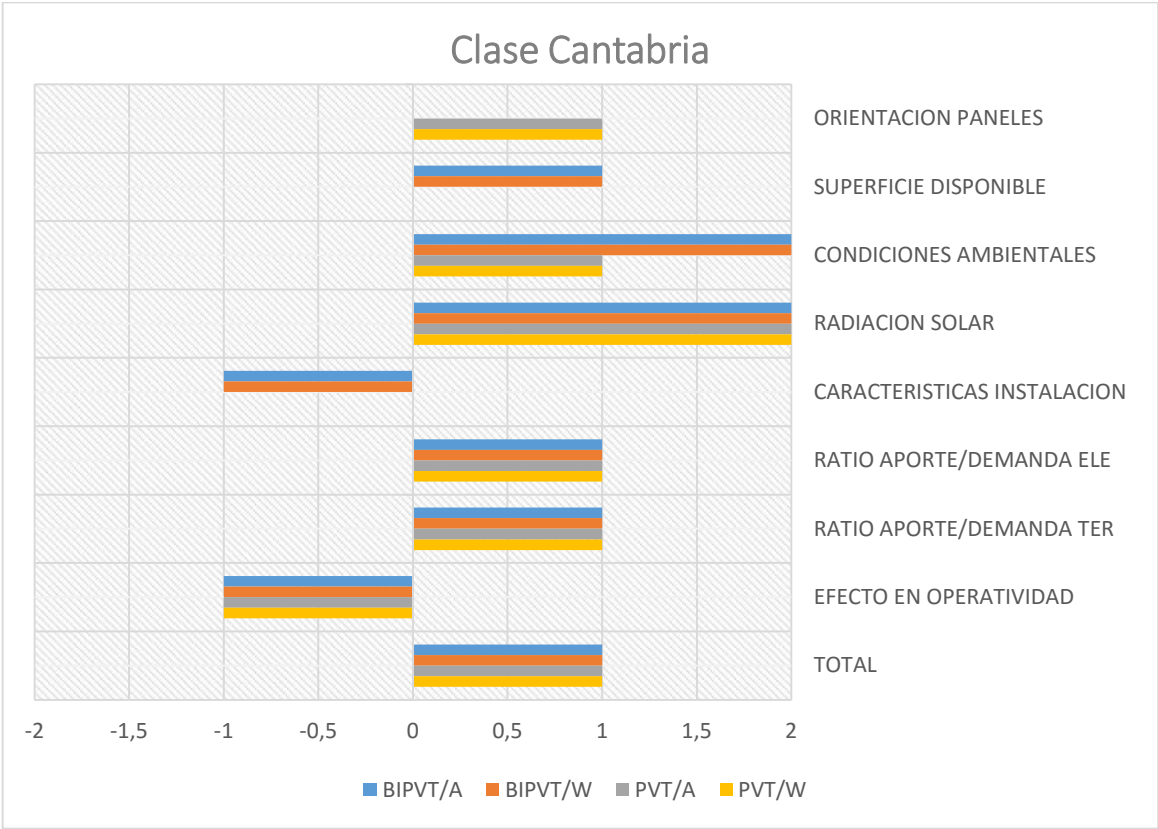


Tabla 3-17 Aplicabilidad Clase Cantabria

- Patrulleros

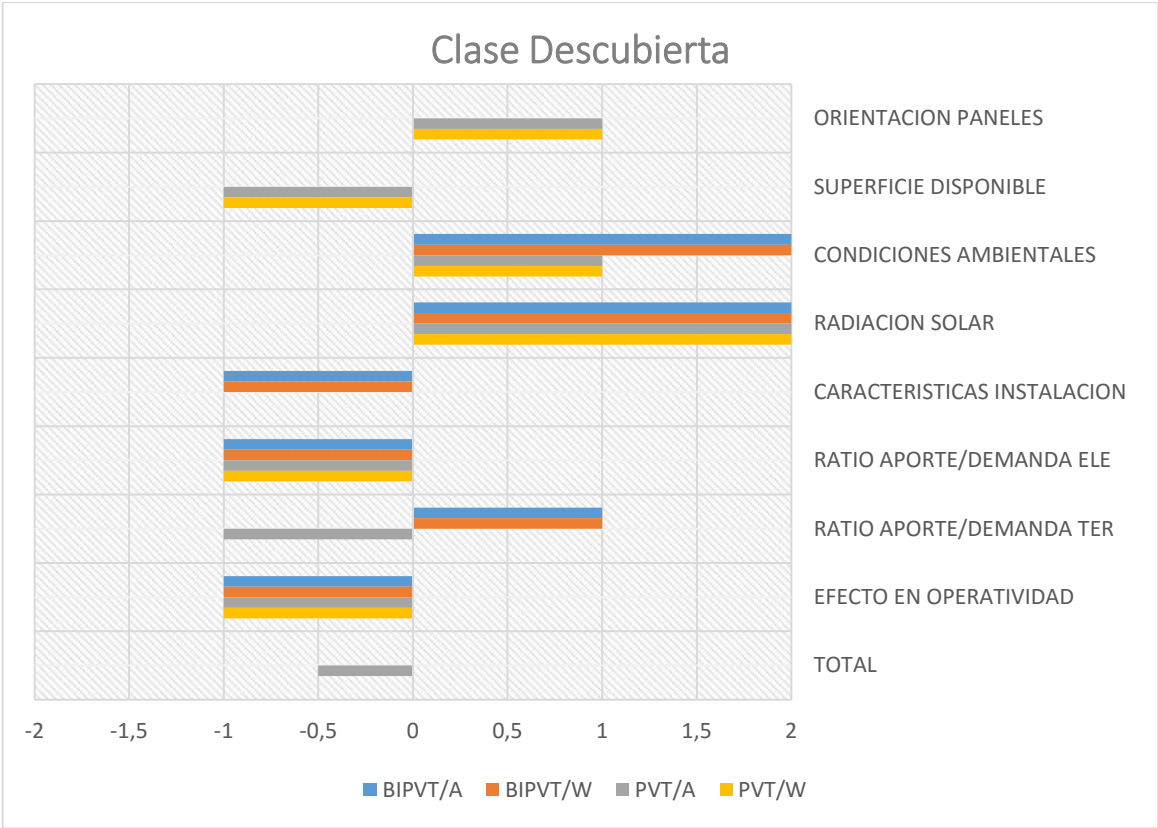


Tabla 3-18 Aplicabilidad Clase Descubierta

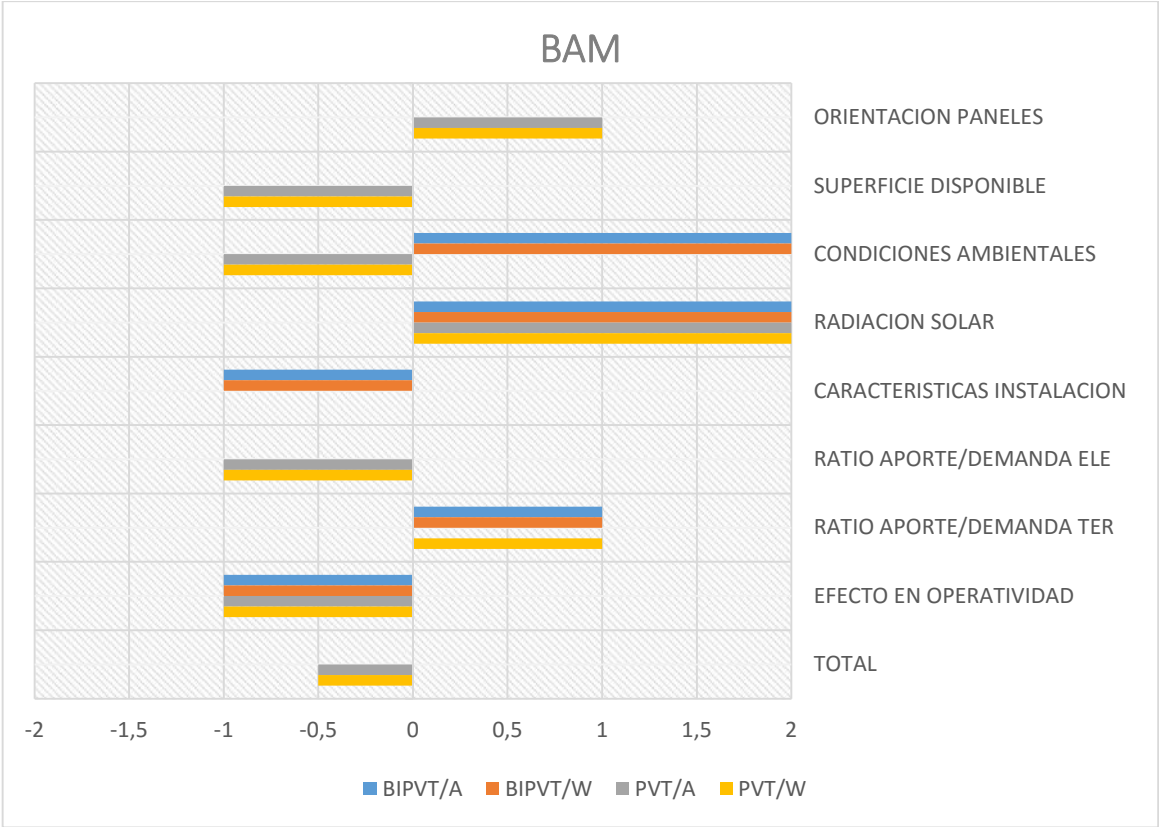


Tabla 3-19 Aplicabilidad BAM

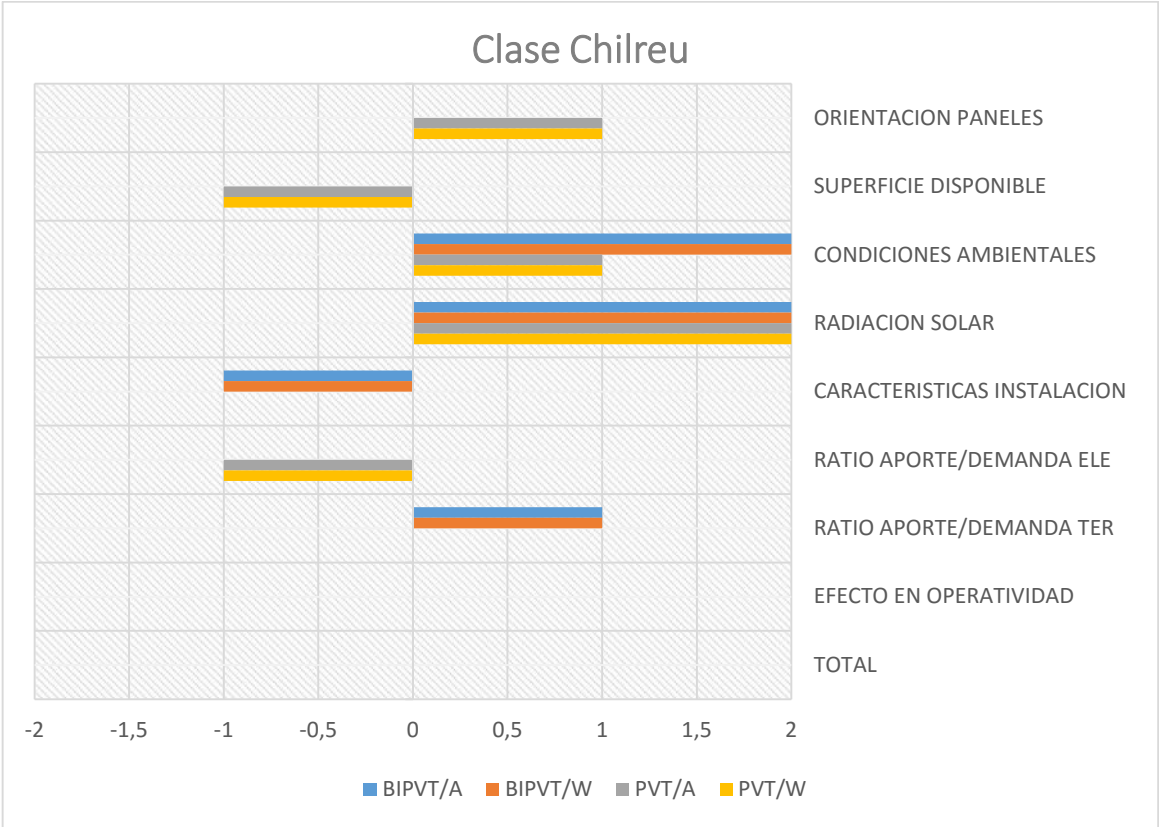


Tabla 3-20 Aplicabilidad Clase Chilreu

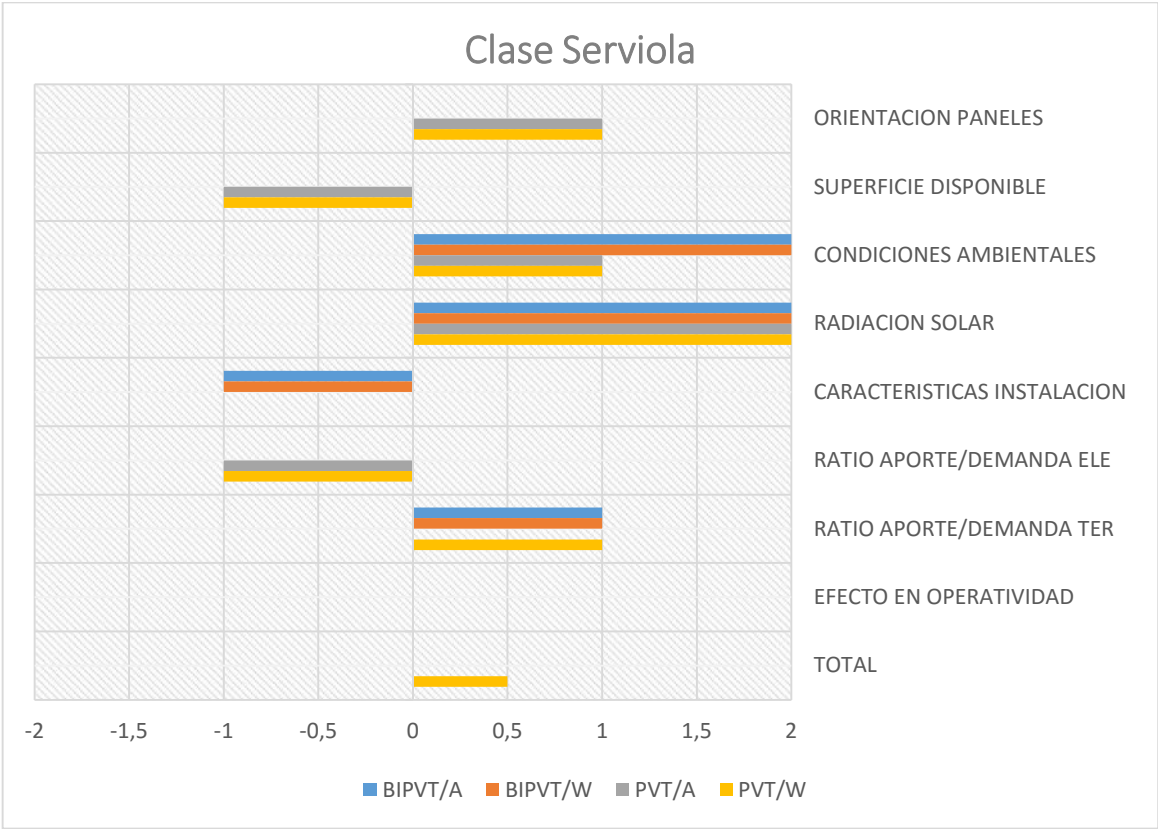


Tabla 3-21 Aplicabilidad Clase Serviola

- Clase Segura

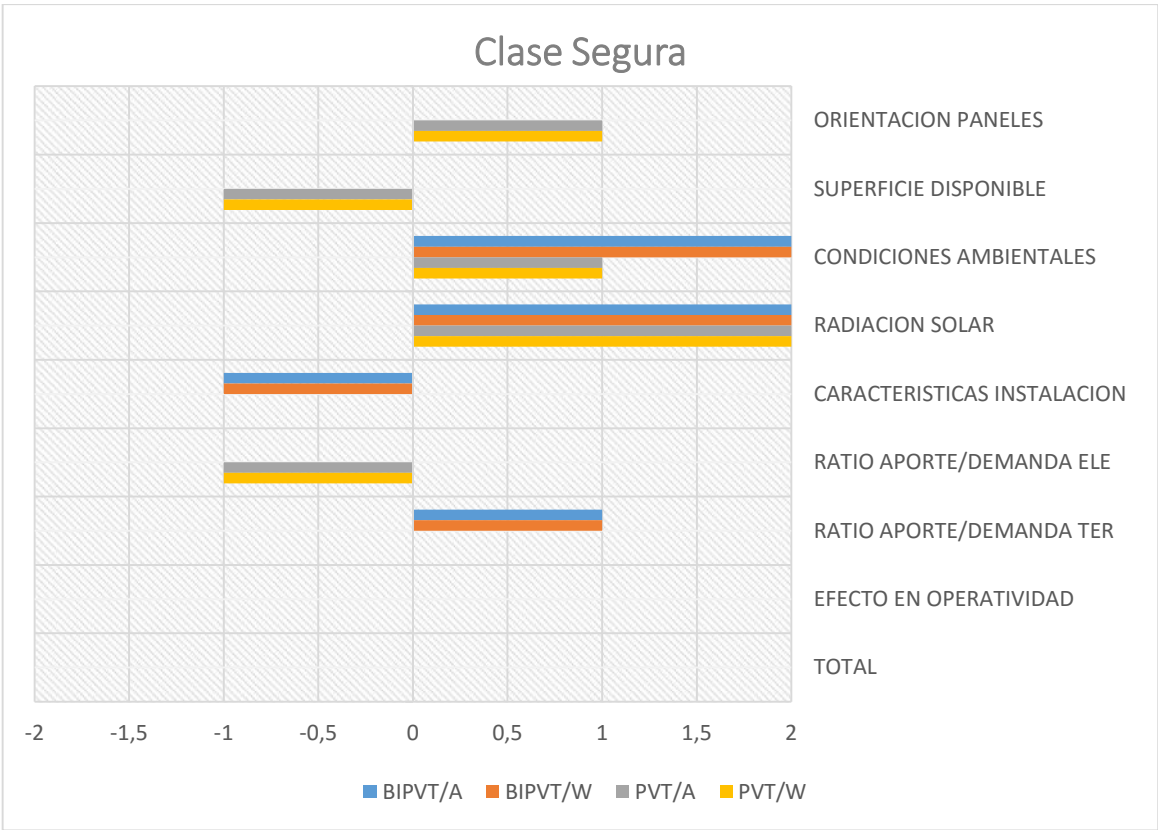


Tabla 3-22 Aplicabilidad Clase Segura

- Transportes ligeros

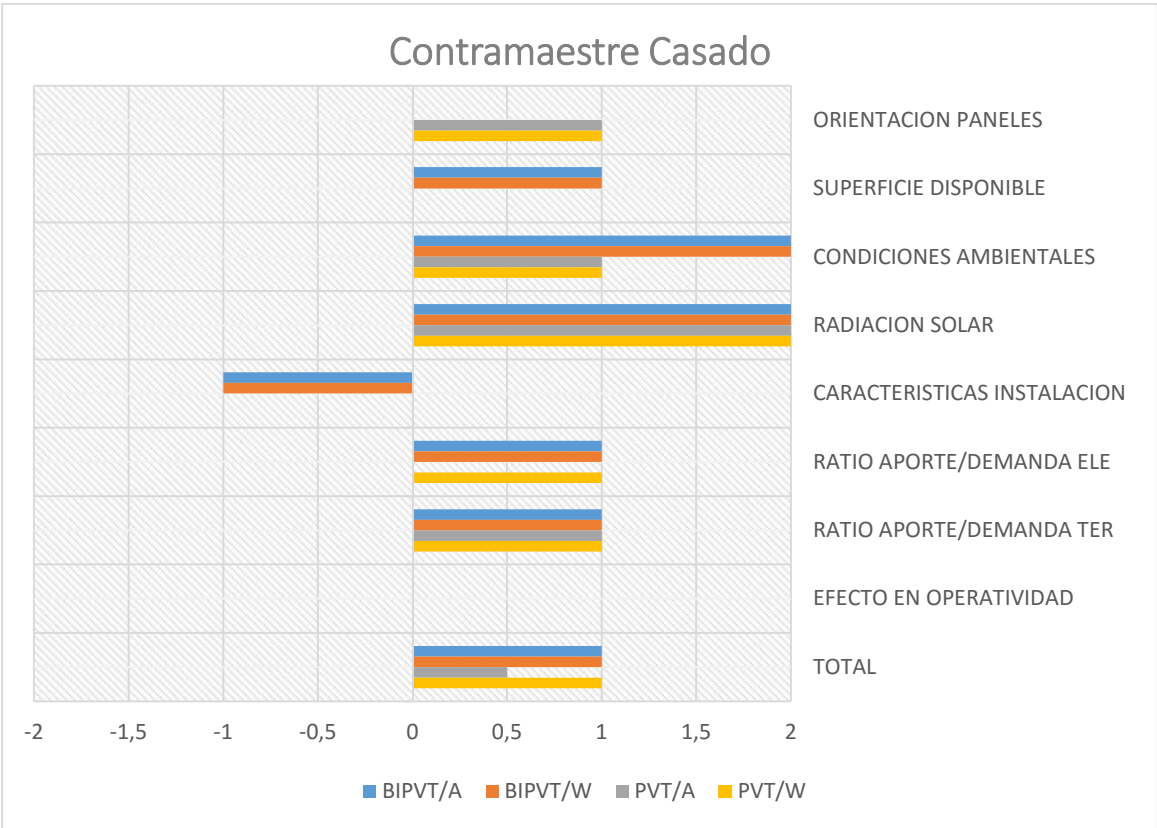


Tabla 3-23 Aplicabilidad Contramaestre Casado

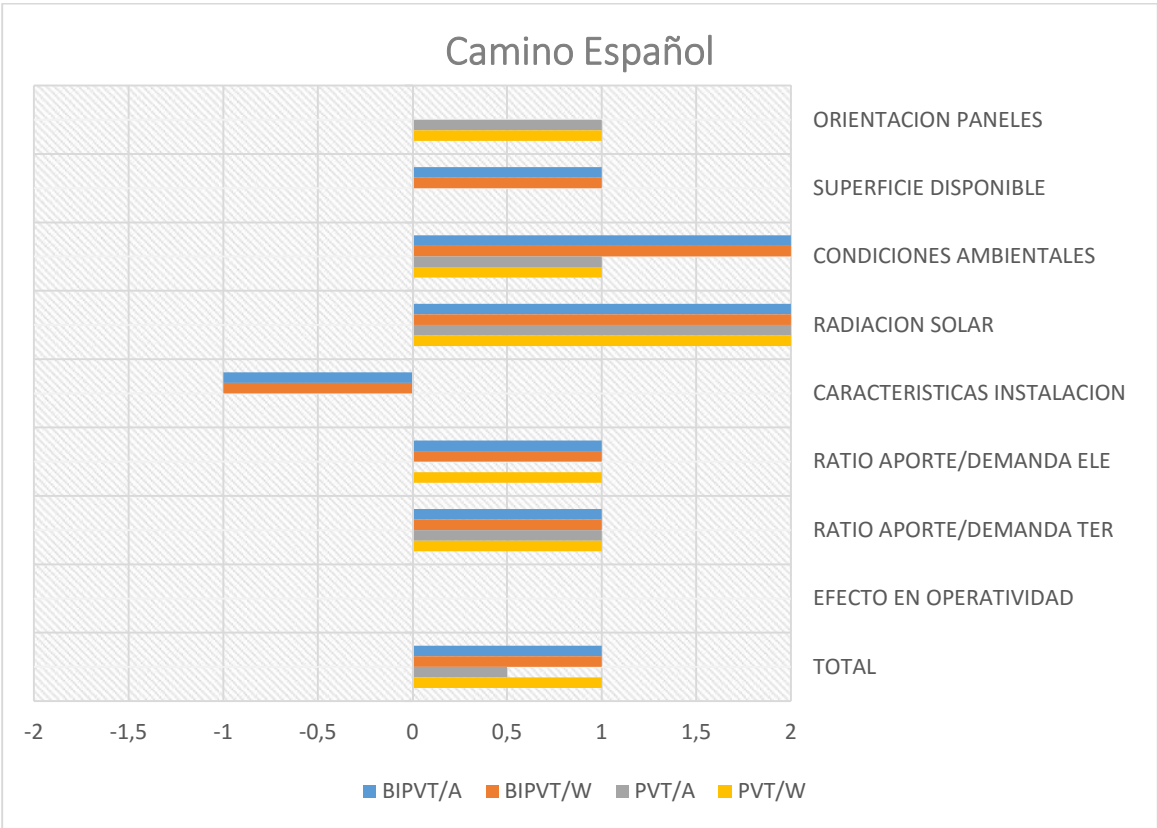


Tabla 3-24 Aplicabilidad Camino Español

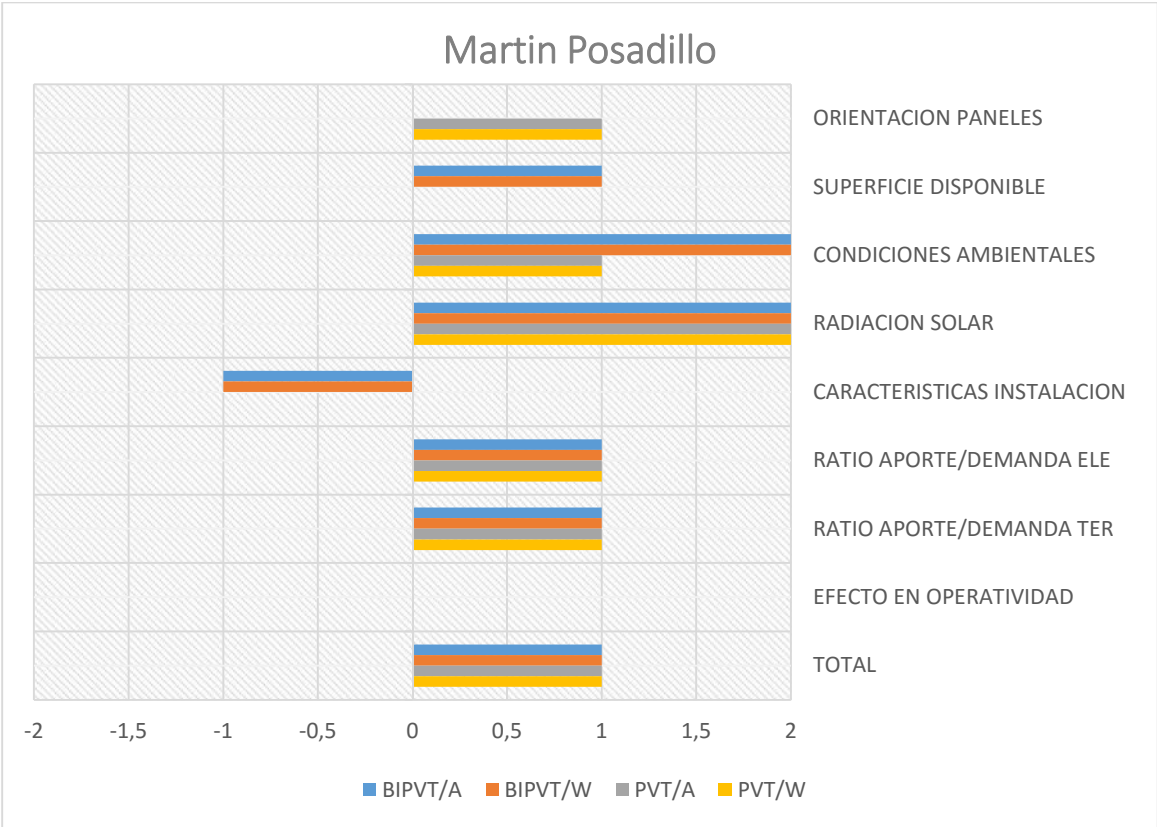


Tabla 3-25 Aplicabilidad Martin Posadillo

- Buques auxiliares e hidrográficos

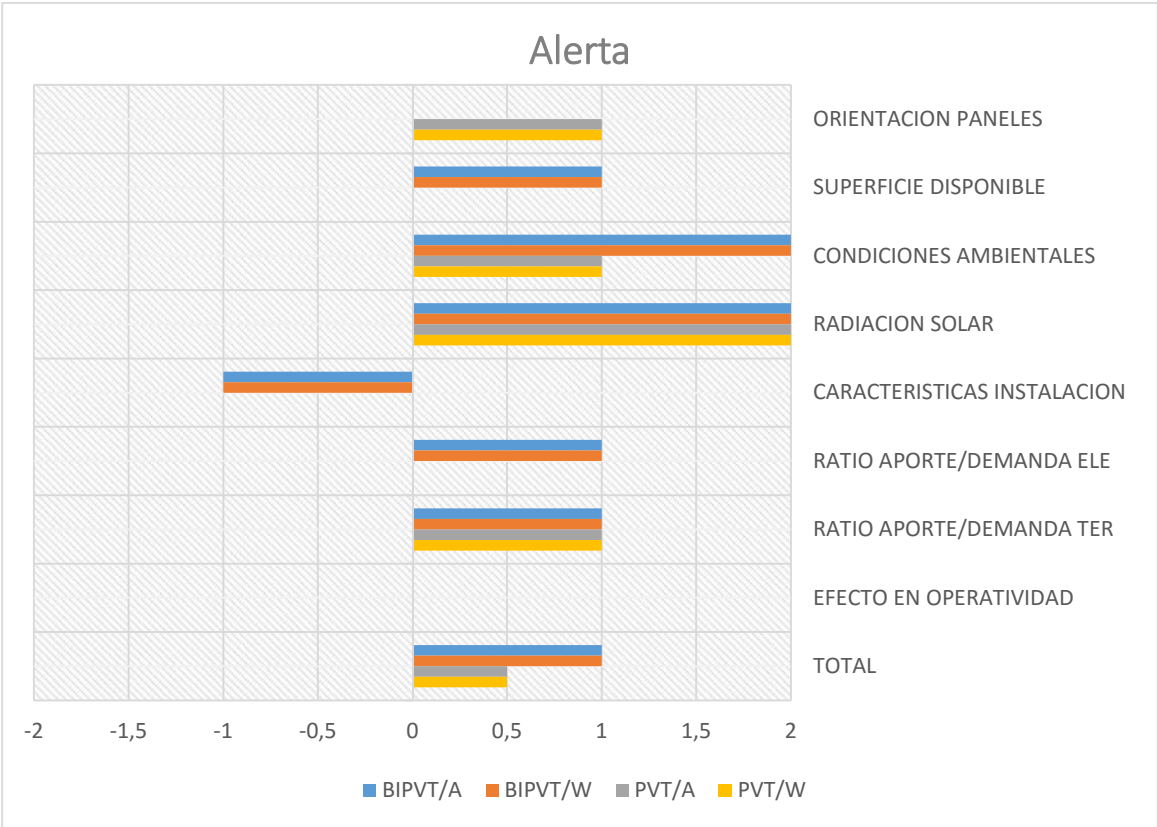


Tabla 3-26 Aplicabilidad Alerta

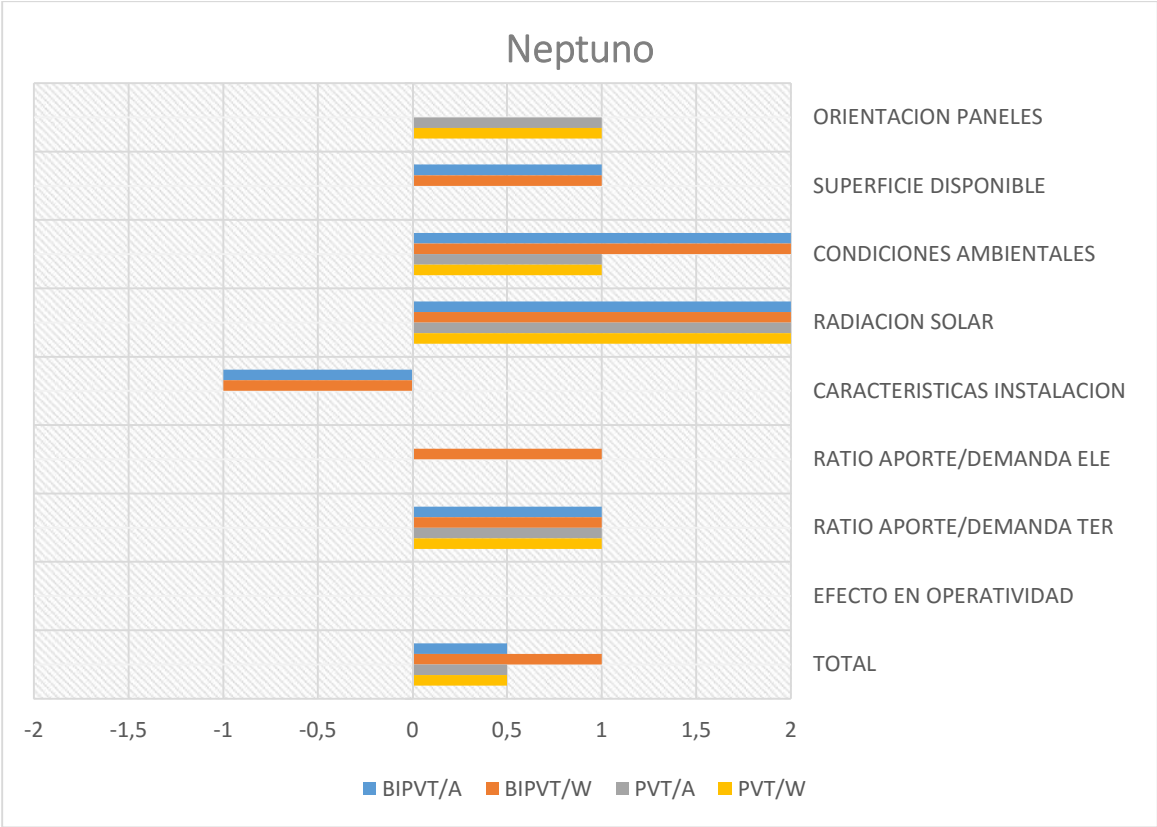


Tabla 3-27 Aplicabilidad Neptuno

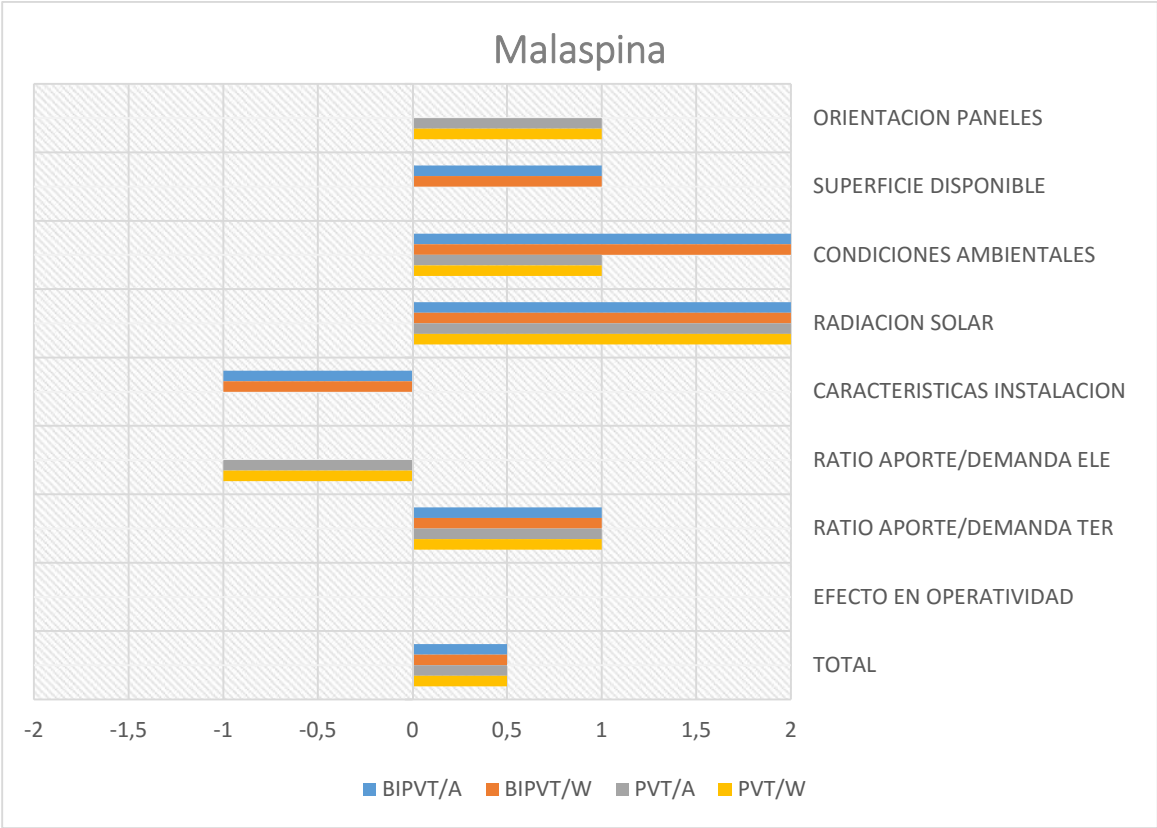


Tabla 3-28 Aplicabilidad Malaspina

• **J.S. Elcano**

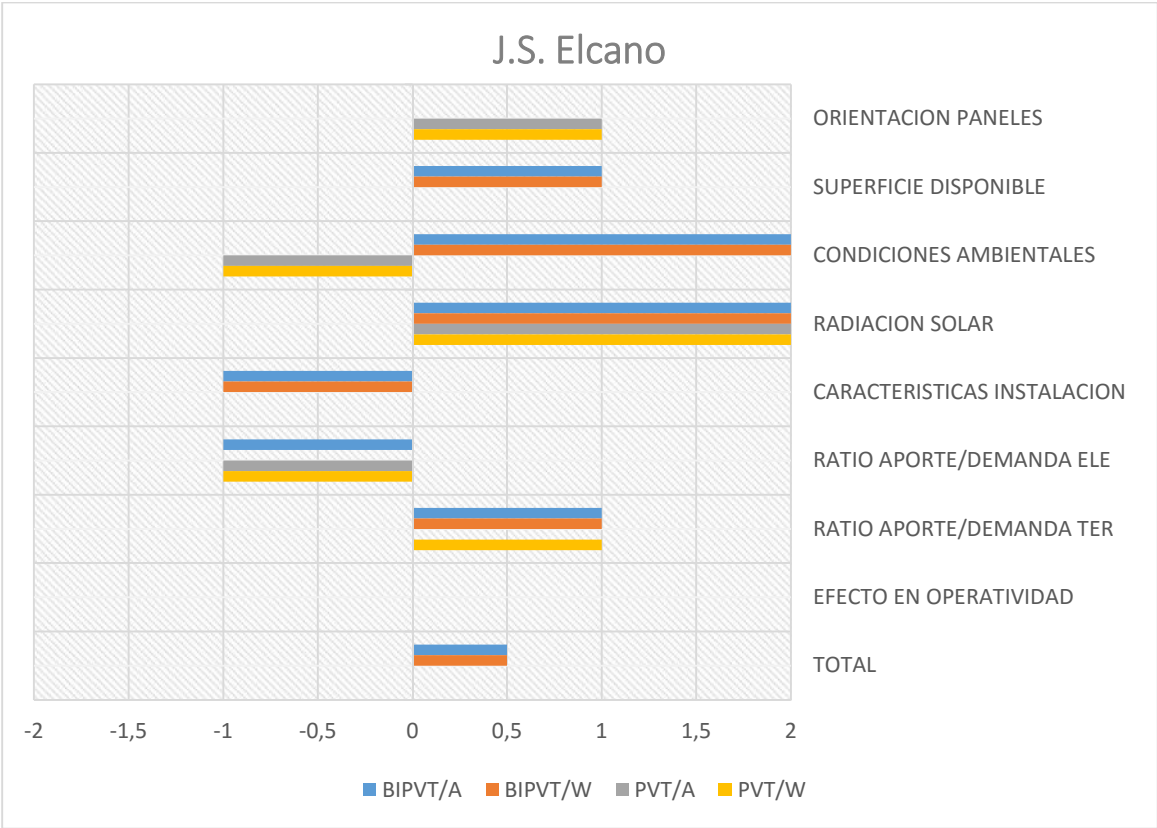


Tabla 3-29 Aplicabilidad J.S. Elcano

• **B.I.O**

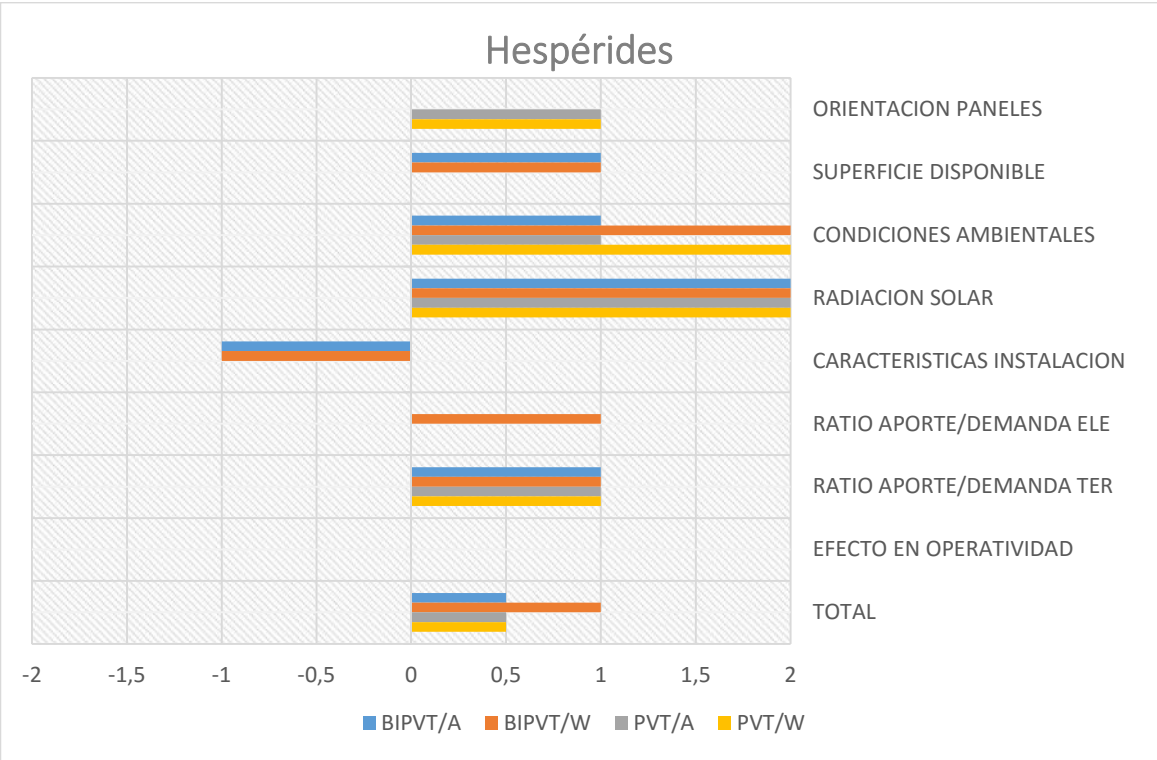


Tabla 3-30 Aplicabilidad Hespérides

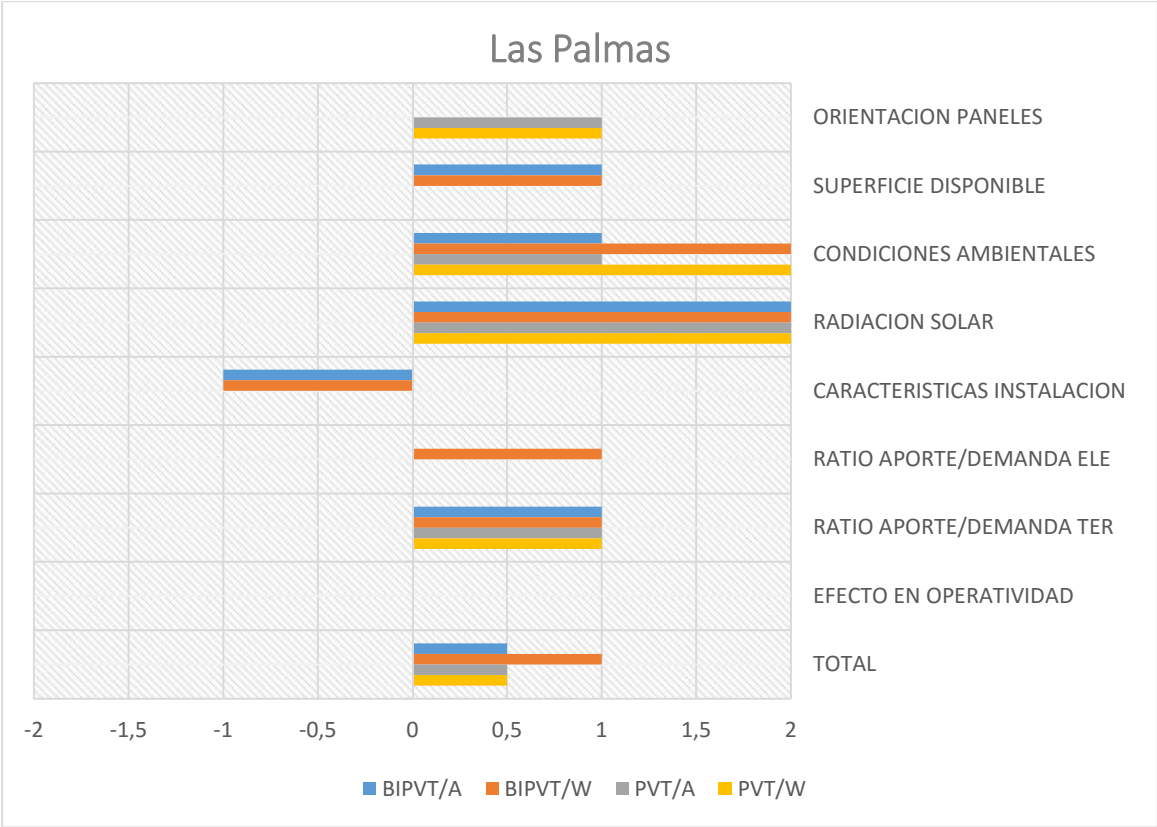


Tabla 3-31 Aplicabilidad Las Palmas

3.4.3 Criterios en instalaciones

3.4.3.1 Orientación

Al tratarse de edificios y disponer de tejados libres para la instalación de placas, daremos un valor de muy favorable (2) a las no integradas por la capacidad total de orientarlas en azimut e inclinación optimas y un valor de favorable (1) a las integradas por no poder ser orientadas.

3.4.3.2 Condiciones Ambientales

En los casos estudiados, uno en Cartagena y otro en Marín, los factores ambientales varían por temperatura, precipitaciones o días de sol. Si miramos los días de precipitaciones superiores a 1 mm, que según históricos de la AEMET en Murcia ascienden a 131.3 días y en Pontevedra a 32.9 días, supone 4 veces más de días lluviosos en Marín que en Cartagena y por lo tanto nublados. A Cartagena se le pondrá una clasificación muy favorable (1) y a Marín una neutral (0).

3.4.3.3 Radiación Solar

La radiación solar en la península ibérica es óptima para la instalación de placas solares, siendo la mínima de $1.7 \frac{k \cdot h \cdot m^2}{d}$ según histórico de la AEMET, superando así las condiciones estándar con el que se caracterizan los equipos. Se les dará a todas las instalaciones por lo tanto una clasificación de favorable (1).

3.4.3.4 Características de la instalación

La instalación en edificaciones es un método común y probado de uso de los sistemas de placas solares, además, desde la suspensión del servicio militar obligatorio, muchos edificios se encuentran infrautilizados, motivo por el cual el espacio para los equipos está garantizado. Se les dará un valor de muy favorable (1) a todas las instalaciones.

3.4.3.5 Efecto en operatividad

Los edificios de las instalaciones de la Armada tienen un uso administrativo y logístico, el aspecto operativo queda para los buques. No se verá afectada por lo tanto la operatividad de las instalaciones en ningún momento por el uso de estos sistemas. Se les dará una clasificación de muy favorable (2) a todas las instalaciones.

3.4.3.6 Superficie disponible

Como principal superficie para la instalación, contamos con los tejados de las edificaciones. A dichos tejados se les puede dar uso casi en su totalidad, por lo que este factor se considera favorable (1) para todas las instalaciones.

3.4.3.7 Ratio Aporte/Demanda Eléctrica y Térmica

El ratio aporte demanda nos da un indicador orientativo sobre si el sistema va a cumplir con las expectativas. El aporte ha sido calculado mediante la superficie disponible en los tejados de las

distintas y las características de las placas PV/T y la demanda energética, tomando datos de consumo energético del documento ‘Evaluación del potencial de energía solar térmica y fotovoltaica derivado del cumplimiento del Código Técnico de Edificación’ de IDAE En este factor la valoración ha sido de desfavorable (-1) para un ratio menor de 0.5, neutral (0) para un ratio entre 0.5 y 0.9 y de favorable para un ratio mayor que 0.9.

$$R = \frac{S_{\text{t}} \cdot T_{\text{ó}} \cdot (m^2) \times A_{\text{p}} \cdot u_{\text{d}} \cdot \sup\left(\frac{k}{m^2}\right)}{D_{\text{e}} \cdot E_{\text{éc}} / T_{\text{ér}} \cdot (k)} \quad (k)$$

3.4.3.8 Resumen aplicabilidad

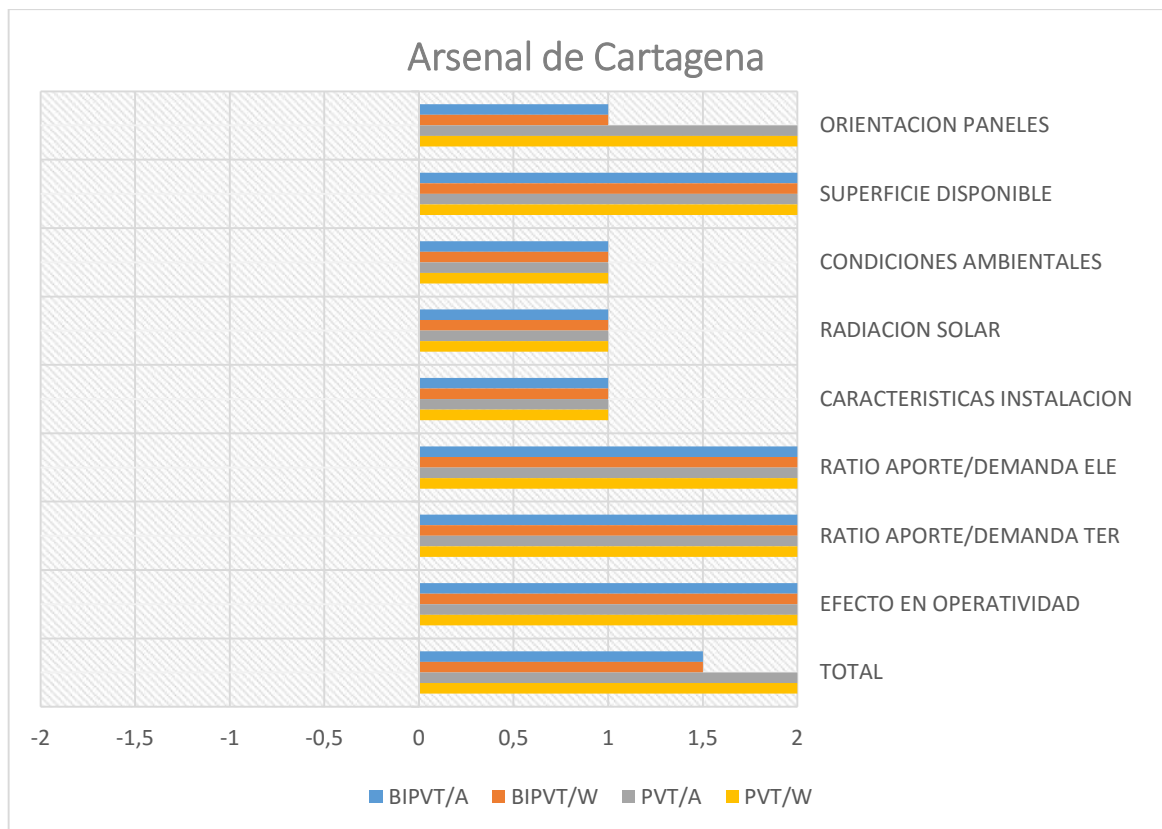


Tabla 3-32 Aplicabilidad Arsenal de Cartagena

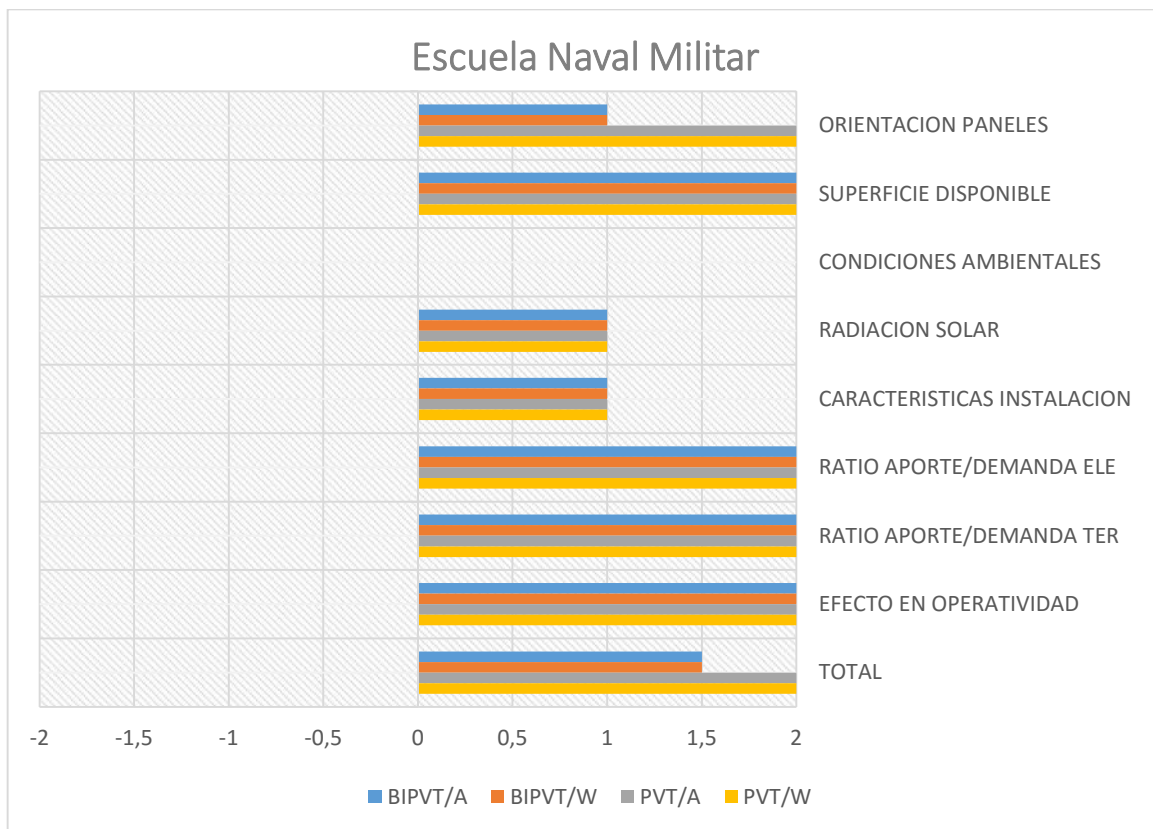


Tabla 3-33 Aplicabilidad Escuela Naval Militar

4 RESULTADOS: APLICABILIDAD

4.1 Aplicabilidad por tecnologías

4.1.1 BIPVT/a y BIPVT/w

Los factores que convierten a la tecnología BIPVT/a en la menos aplicable son como puede comprobarse en las tablas de los anexos la poca flexibilidad a la hora de orientar los paneles por su integración en la construcción, la mayor dificultad de instalación por su integración y en el caso particular del BIPVT/a los peores rendimientos térmicos y eléctricos respecto a los PV/T refrigerados por líquido.

Lo que determina la mejor aplicabilidad del BIPVT/w respecto al anterior son los mejores ratios energéticos, al igual que el BIPVT/a, la orientación y la integración son factores en contra.

La tecnología de integración está pensada para ser usada en tejados y fachadas, por ello su integración en buques es más complicada. Hay que tener en cuenta que alterar la cubierta de un buque supone un reto técnico que no va a estar compensado por las ventajas que obtenemos de una instalación BIPVT. Por otro lado, sí que sería factible pensar en su instalación durante la proyección del buque, siempre pensando en que habría que disponer de algún tipo de cubierta para proteger las placas de las cargas producidas en la superficie por las actividades desarrolladas, la posibilidad de golpes por caídas de objetos y los estándares de construcción de buques en cuanto a resbaladricidad en zonas de tránsito.

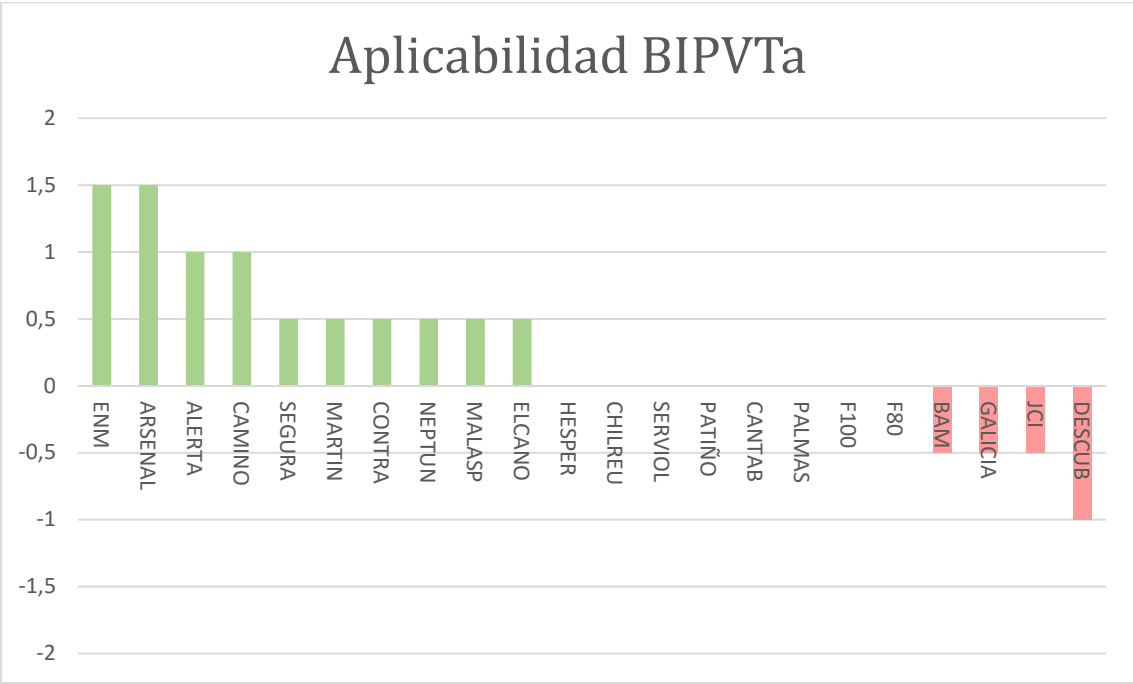


Tabla 4-1 Aplicabilidad BIPVTa

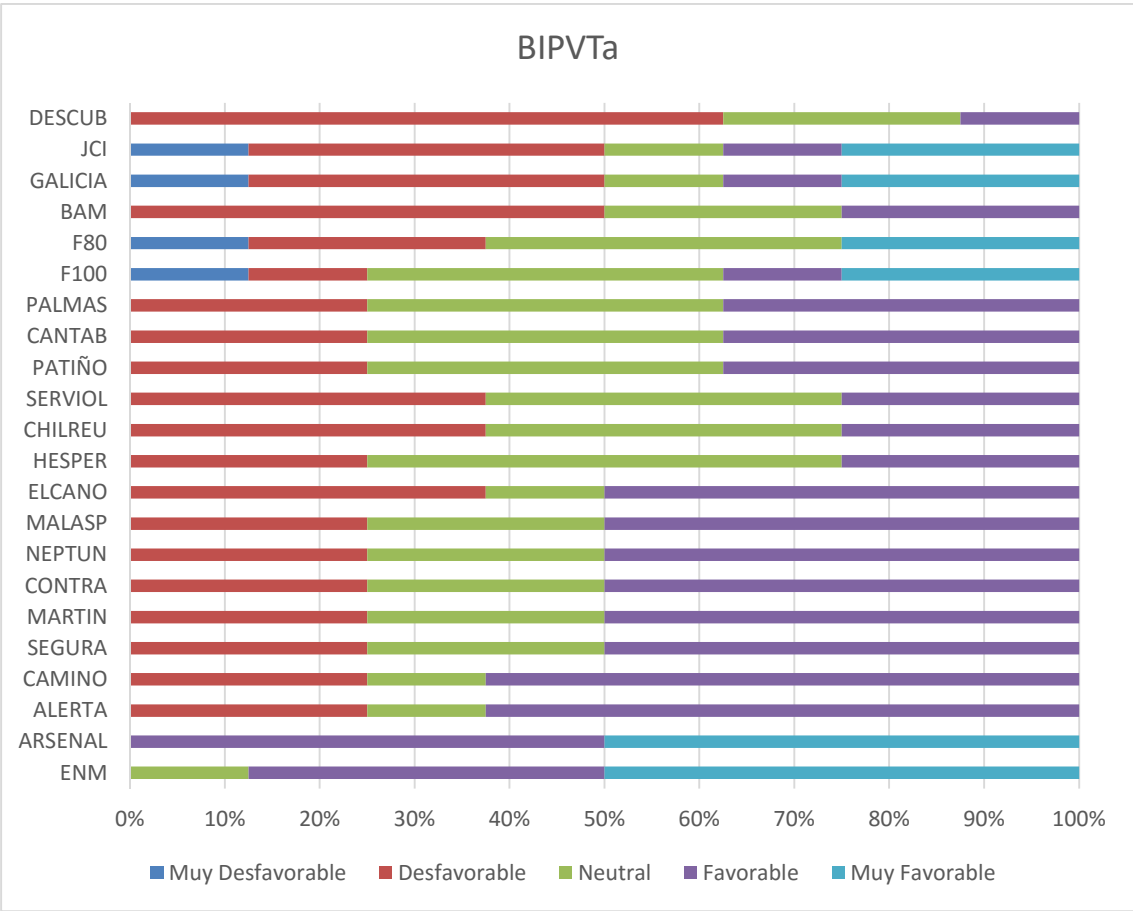


Tabla 4-2 Porcentajes por valoración BIPVTa

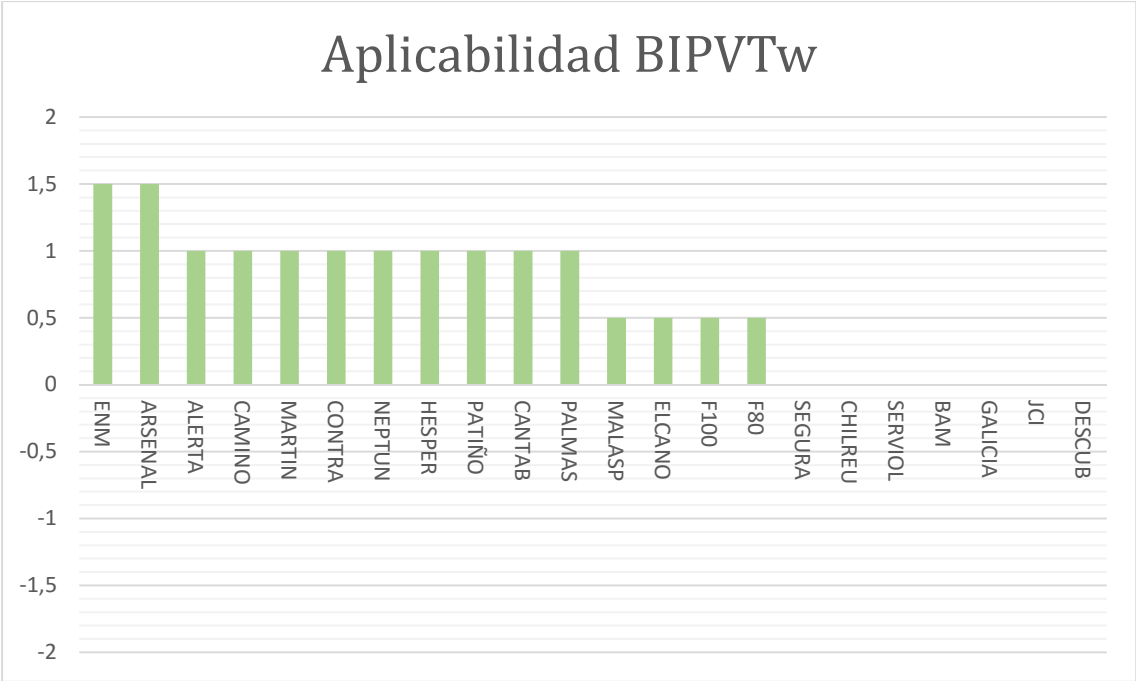


Tabla 4-3 Aplicabilidad BIPVTw

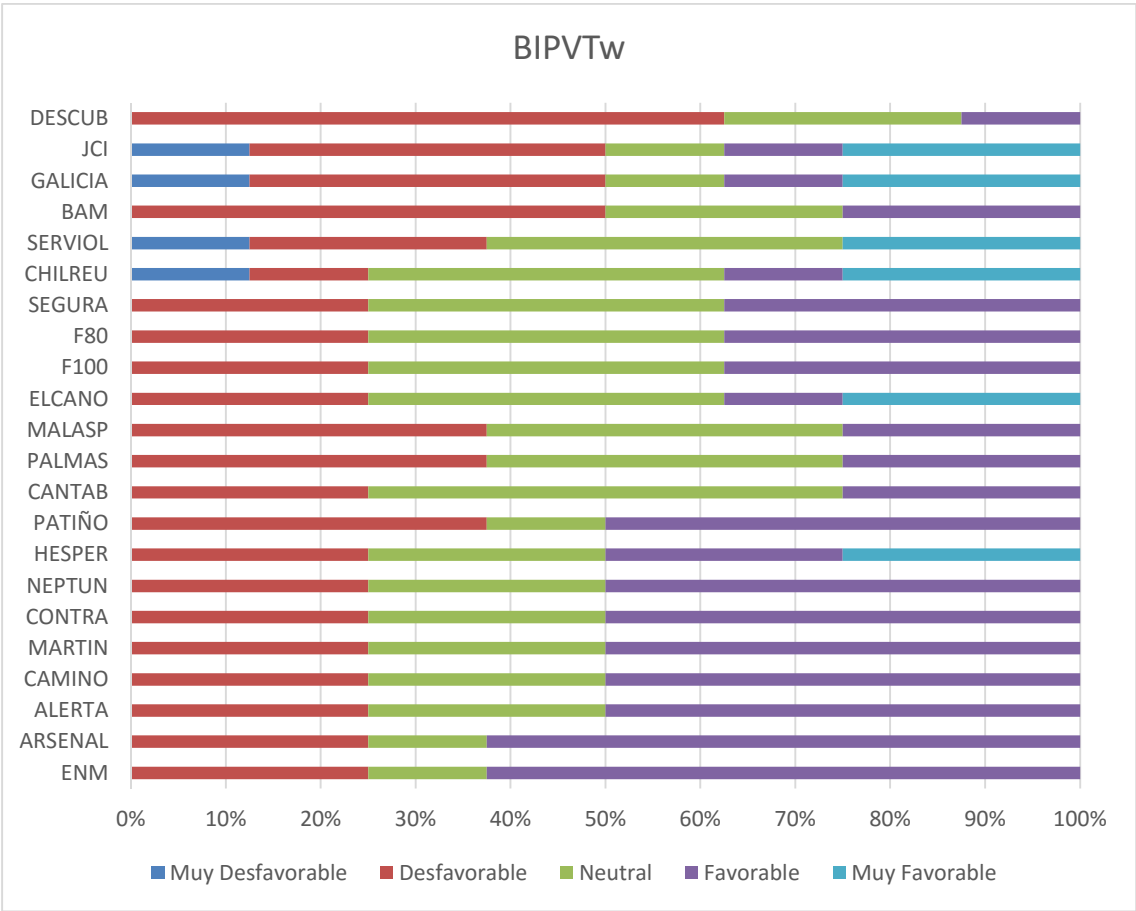


Tabla 4-4 Porcentajes por valoración BIPVTw

4.1.2 PVT/a y PVT/w

En las placas no integradas el factor menos favorecedor es la superficie disponible, este tipo de placas necesitaran de soportes para su instalación, esto aumenta el espacio necesario para el sistema.

Por otra parte, la mayor sencillez de su instalación les da un plus de aplicabilidad. No es tampoco descabellado pensar en la instalación temporal de estas placas, instalándolas o desinstalándolas en función de la misión o actividad del buque. Este sistema solucionaría problemas como el del efecto en la operatividad o el de la superficie disponible.

Observando las tablas de aplicabilidad y de porcentajes por valoración, se observa que la tendencia nos muestra que cuanto menor es el grado de ‘necesidad para el combate’ de las unidades, menor es la aplicabilidad de la tecnología PV/T. Cuestión de sentido común por otro lado, ya que estamos integrando sistemas pensados para edificaciones terrestres y utilización en la vida civil.

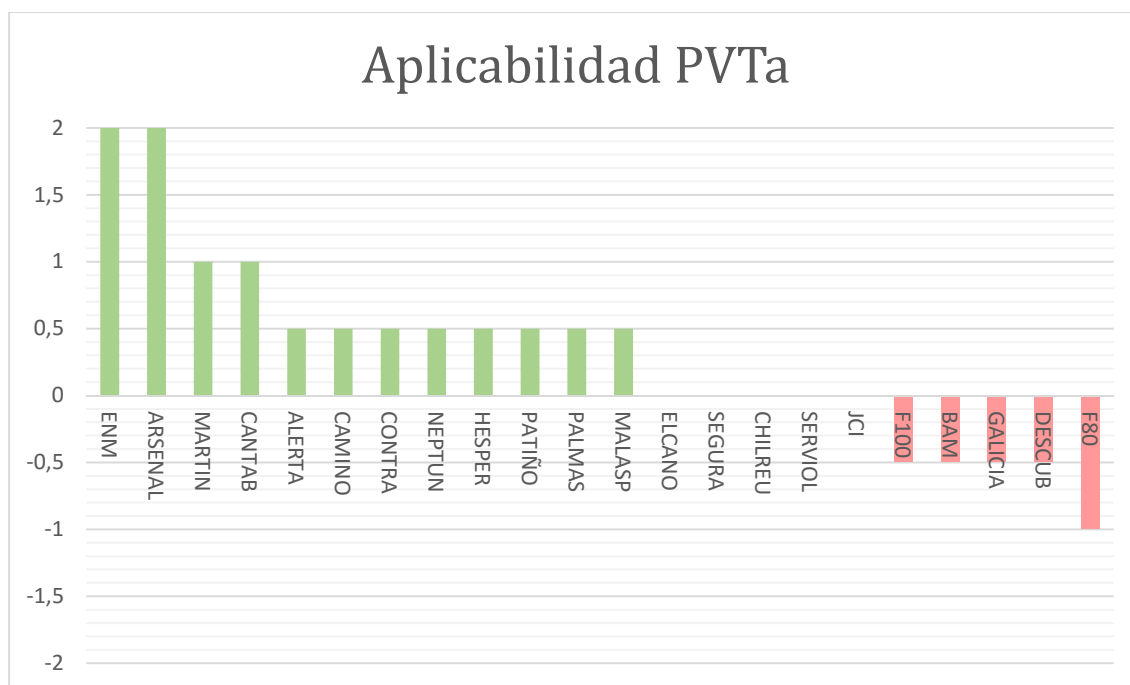


Tabla 4-5 Aplicabilidad PVTa

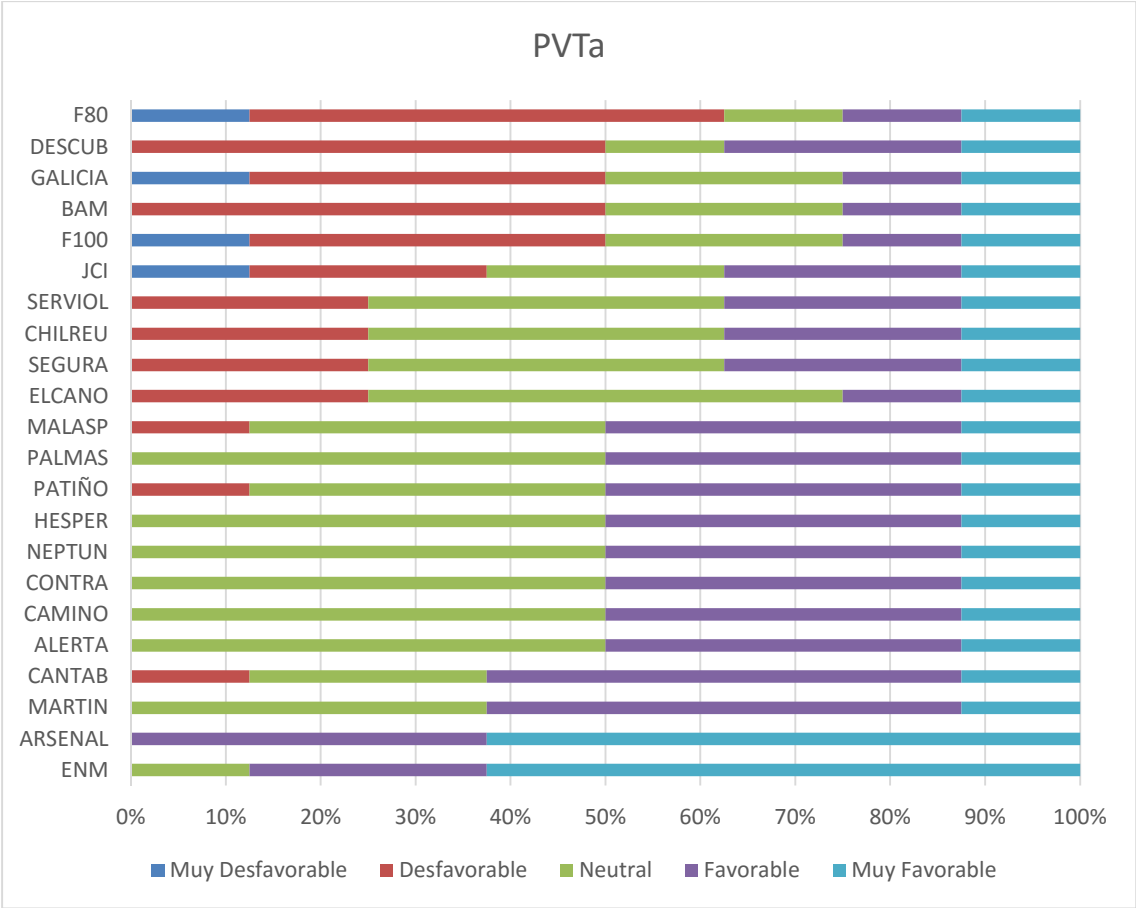


Tabla 4-6 Porcentaje por valoración PVTa

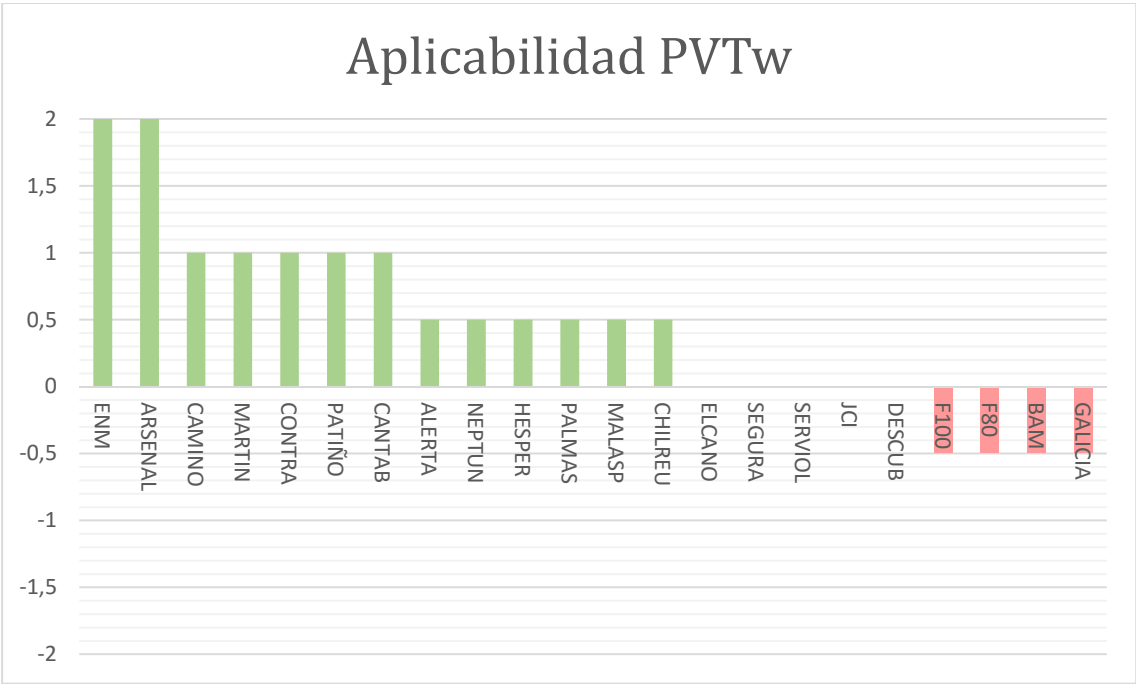


Tabla 4-7 Aplicabilidad PVTw

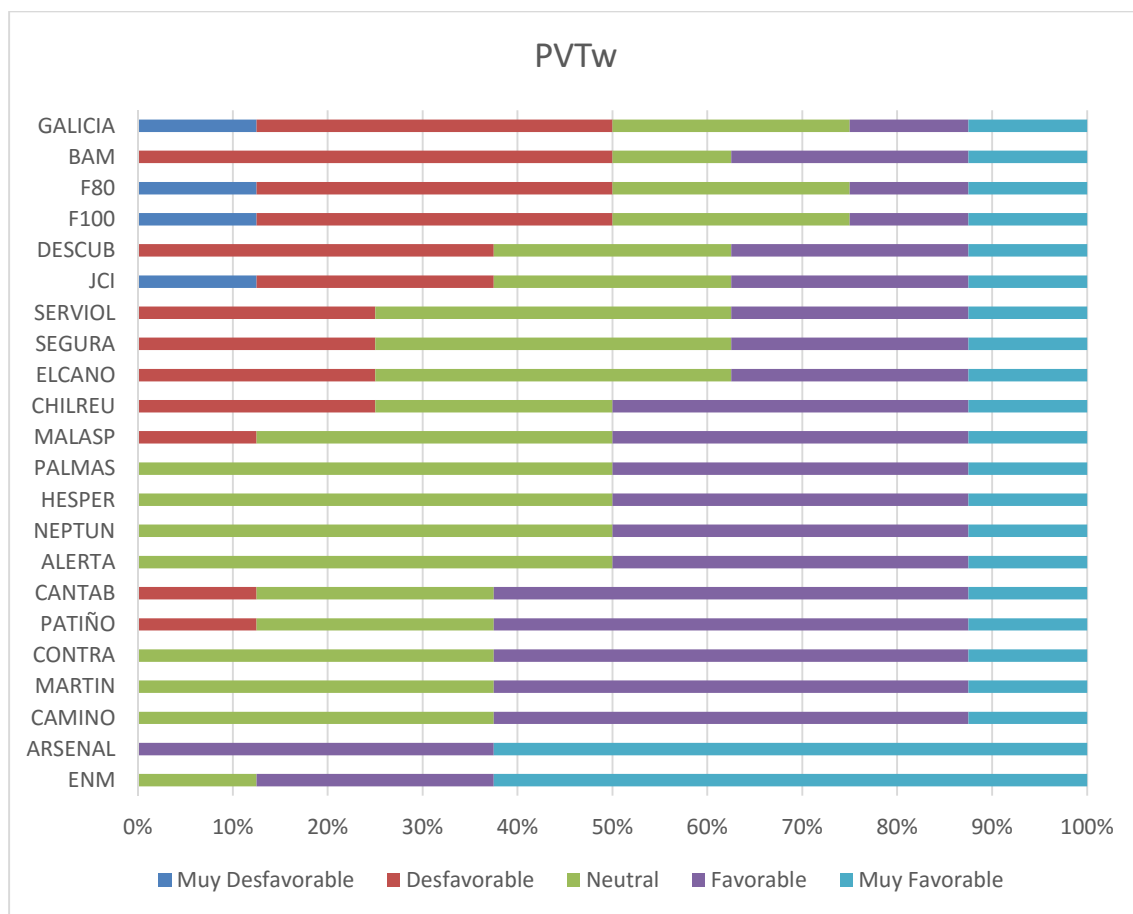


Tabla 4-8 Porcentaje por valoración PVTw

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Llegados a este punto del trabajo debemos de preguntarnos si hemos cumplido los objetivos del mismo, efectivamente se ha analizado la aplicabilidad de una tecnología aun en desarrollo y con mucho potencial futuro. Si bien los resultados arrojados del estudio podrían considerarse optimistas no podemos olvidar que se trata de un primer acercamiento a la aplicación del PV/T en buques y que realmente solo estamos marcando el camino para un estudio más particular de cada caso, algo necesario para contar con material de investigación más específico.

Como lecciones aprendidas, el estudio de una materia tan en desarrollo como esta ha supuesto un reto a la hora de encontrar bibliografía clara y precisa. También el hecho de que la mayor parte del material este en ingles ha supuesto una dificultad. Otro factor de dificultad fue estimar con algo de exactitud las demandas y aportes energéticos, algo que sin duda se llevará el peso de futuros trabajos

El trabajo ha ido evolucionando y cambiando, empezó como un análisis para todos los BUIs de la Armada pero finalmente el mayor peso del desarrollo ha recaído sobre los buques, evolución lógica por otra parte, ya que todo el material escrito hasta la fecha está desarrollado para aplicaciones en tierra y lo más interesante era intentar trasladar esa tecnología a los buques.

Los resultados si bien se ha dicho que son optimistas, reflejan muy bien lo que ya en las etapas más tempranas del proyecto se vislumbraba claro, la tecnología PV/T tal y como está actualmente no puede ser aplicada en buques que operen en escenarios de alta y media intensidad o que cuenten con gran número de equipos y sistemas en un reducido espacio, con esto hacemos referencia a fragatas, patrulleros o portaaviones.

El hecho de que los buques que no desarrollan una labor puramente militar sean los mejor parados en las matrices de aplicabilidad nos lleva directamente a la conclusión de que habría que estudiar la viabilidad en buques mercantes. Ese es un ámbito donde eficiencia, ahorro y costes son los pilares de los armadores, al contrario que en las marinas de guerra, donde la fiabilidad, la redundancia y el sobredimensionamiento son elementos clave para desarrollar la actividad operativa con seguridad.

5.2 Líneas futuras

Este TFG deja abierto un camino con multitud de bifurcaciones.

El siguiente paso sería el estudio de un caso práctico de forma cuantitativa, escogiendo un buque de los de mayor aplicabilidad en este trabajo. El trabajo debería de valerse de herramientas de simulación térmica, análisis de los equipos eléctricos presentes en el buque, se tendría que definir claramente cómo realizar la instalación y en definitiva trabajar todos los por menores que este trabajo deja en el tintero.

También se podría desarrollar una idea plasmada en los comentarios de los resultados, la integración de esta tecnología en la fase de proyección de un buque, eliminando de raíz muchos de los factores que restaban aplicabilidad. Si bien este trabajo debería de separarse en varios TFGs ya que la carga de proyectar un buque y además planear la integración de los sistemas PT/V es demasiada para un trabajo de esta entidad.

Otra posibilidad que no se menciona en este trabajo es el uso de sistemas PV/T de despliegue rápido para su uso por unidades de infantería o como manera de disponer de instalaciones temporales en los buques, ya sea para su uso como medio de emergencia o para disponer de los espacios que en algunas ocasiones no pueden ser utilizados.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Flickr,» Flickr, 2016. [En línea]. Available: www.flickr.com. [Último acceso: Febrero 2016].
- [2] «Armada Española,» Ministerio de Defensa, 2016. [En línea]. Available: www.armada.es. [Último acceso: Febrero 2016].
- [3] «Power from the sun,» Power from the sun, 2014. [En línea]. Available: <http://www.powerfromthesun.net/>. [Último acceso: Febrero 2016].
- [4] A. Einstein, «Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de luz,» Berna, 1905.
- [5] T. Chow, «A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology,» *Applied Energy*, 2009.
- [6] J. Prakash, Transient analysis of a photovoltaic-thermal solar collector for co-generation of electricity and hot air/water, Delhi: Elsevier Science Ltd, 1993.
- [7] H. Garg y R. Adhikari, Transient simulation of conventional hybrid photovoltaic/thermal air heating collector, 1998.
- [8] A. Akbarzadeh y T. Wadowski, Heat pipe-based cooling systems for photovoltaic cells under concentrated solar radiation., 1996.
- [9] «Renewable Energy World,» Renewable Energy World, 2015. [En línea]. Available: <http://www.renewableenergyworld.com/>. [Último acceso: Marzo 2016].
- [10] B. Brinkworth, «Thermal regulation of photovoltaic cladding,» *Solar Energy*, pp. 169-178, 2007.
- [11] T. Y, N. Th, S. M y Y. P, Hybrid photovoltaic/thermal solar systems, 2002.
- [12] «WISE Jefatura Logística,» Armada Española, 2015. [En línea]. [Último acceso: Febrero 2016].
- [13] «Google Maps,» Google Inc, 2016. [En línea]. [Último acceso: Febrero 2016].
- [14] «Paneles Solares PR,» Paneles Solares PR, 2013. [En línea]. Available:

- <http://panelessolarespr.com/>. [Último acceso: Marzo 2016].
- [15] «Solargis,» Solargis, [En línea]. Available: <http://solargis.info/>. [Último acceso: Marzo 2016].
- [16] J. Rosell, X. Vallverdu, M. Lechon y M. Ibanez, Design and simulation of a low concentrating photovoltaic/thermal system, 2005.
- [17] S. Kalogirou, Use of TRNSYS for modeling and simulation of a hybrid PVthermal solar system for Cyprus, 2001.
- [18] S. Kalogirou y Y. Tripanagnostopoulos, Hybrid PV/T solar systems for domestic hot water and electricity production, 2006.
- [19] J. M. Jee, S. Iniyan y G. Ranko, «Flat plate solar photovoltaic-thermal (PV/T) systems: A reference guide,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015.
- [20] H. Zondag, D. d. Vries, W. v. Helden, R. v. Zolingen y A. v. Steenhoven, «The yield of different combined PV-thermal collector designs,» *Solar Energy*, 2003.
- [21] S. Odeha y M. Behniab, «Improving Photovoltaic Module Efficiency Using Water Cooling,» *Heat Transfer Engineering*, 2011.
- [22] «daftlogic,» 2014. [En línea]. Available: www.daftlogic.com. [Último acceso: Febrero 2016].

ANEXO I: FICHAS DE CARACTERIZACIÓN DE BUQUES

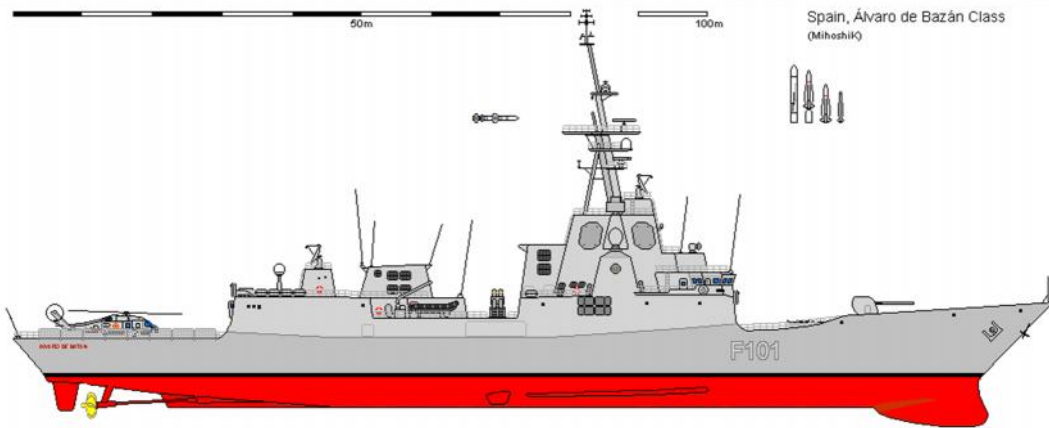
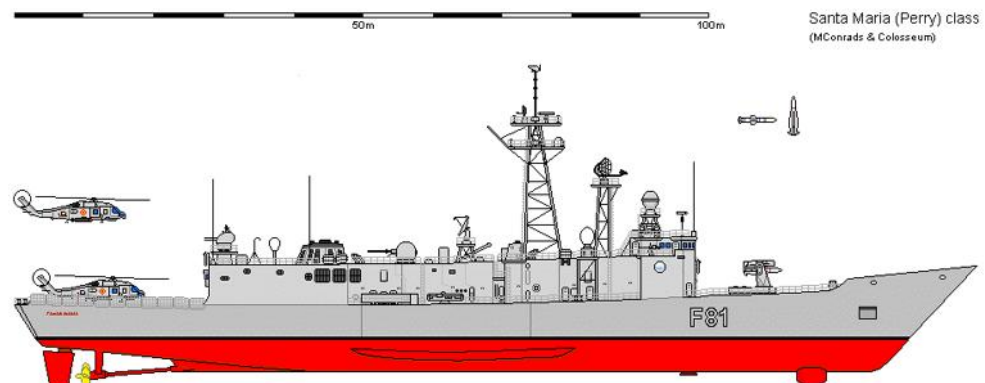
FRAGATAS				
	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
CLASE ALVARO DE BAZAN	201 Dotación	33,59 kWh	44,50 kWh	2719.5 m ²
				
CLASE SANTA MARIA	214 Dotación	35,77 kWh	47,38 kWh	1973.4 m ²
				

Tabla I-1 Caracterización de fragatas

BUQUES ANFIBIOS

	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
CLASE GALICIA	185 Dotación 615 Transporte	133,70 kWh	177,11 kWh	3680 m ²



Tabla I-2 Caracterización de Buques Anfibios

LHD

	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
CLASE JUAN CARLOS I	295 Dotación 1200 Transporte	249,85 kWh	330,97 kWh	7392 m ²



Tabla I-3 Caracterización de Juan Carlos I

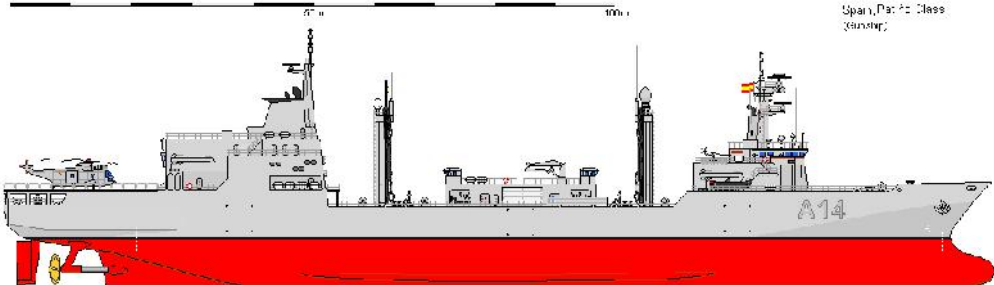
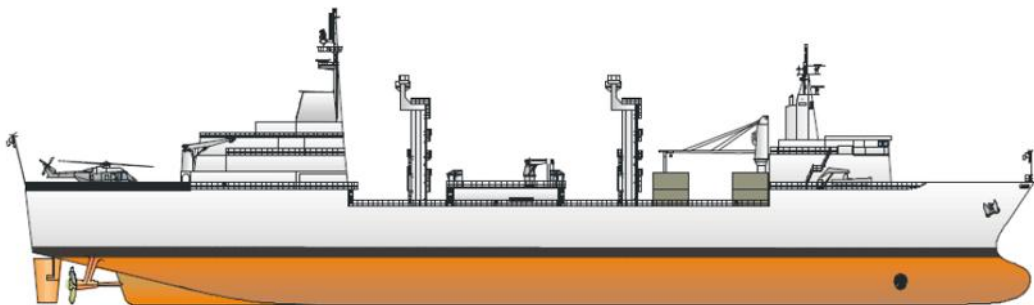
BUQUES LOGISTICOS				
	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICE
CLASE PATIÑO	154 Dotación	27,41 kWh	36,31 kWh	3652 m ²
				
CLASE CANTABRIA	164 Dotación	25,74 kWh	34,09 kWh	4002 m ²
				

Tabla I-4 Caracterización de Buques Logísticos

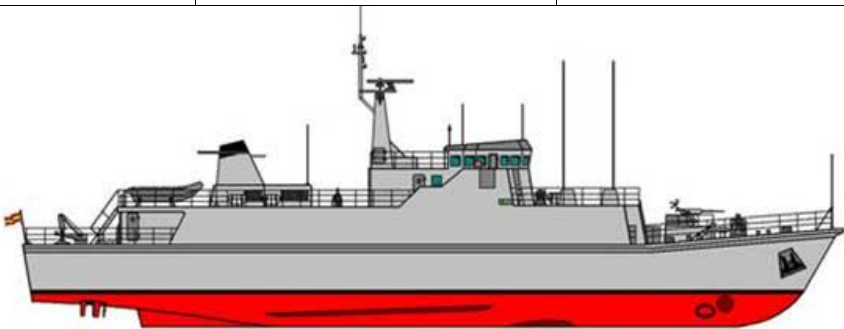
BUQUES DE MEDIDAS CONTRA MINAS				
	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
CLASE SEGURA	41 Dotación	6,85 kWh	9,08 kWh	577.8 m ²
				

Tabla I-5 Caracterización de MCM

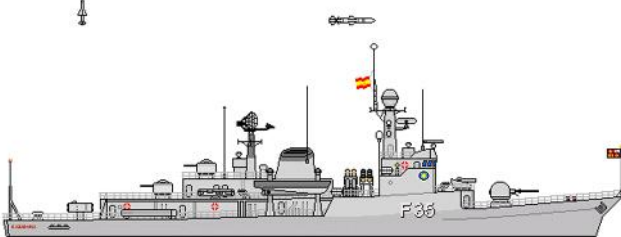
PATRULLEROS				
	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
BUQUES DE ACCION MARITIMA	46 Dotación 30 Transporte	12,7 kWh	16,83 kWh	1333.4 m ²
				
CLASE DESCUBIERTA	89 Dotación	14,87 kWh	19,7 kWh	923.5 m ²
				
CLASE SERVIOLA	47 Dotación	7,85 kWh	10,41 kWh	700 m ²
				
CLASE CHILREU	37 Dotación 16 Transporte	8,86 kWh	11,73 kWh	693 m ²
				

Tabla I-6 Caracterización de Patrulleros

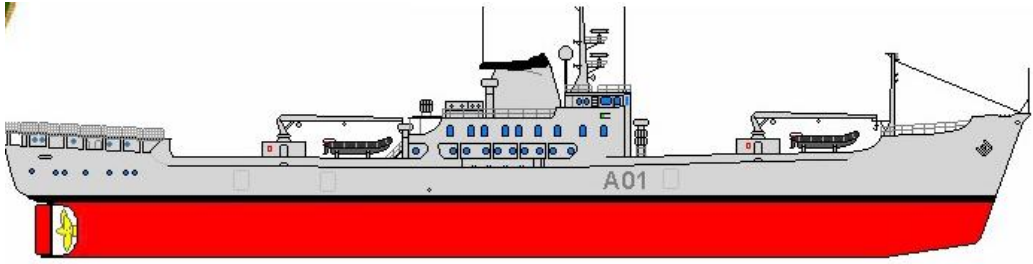
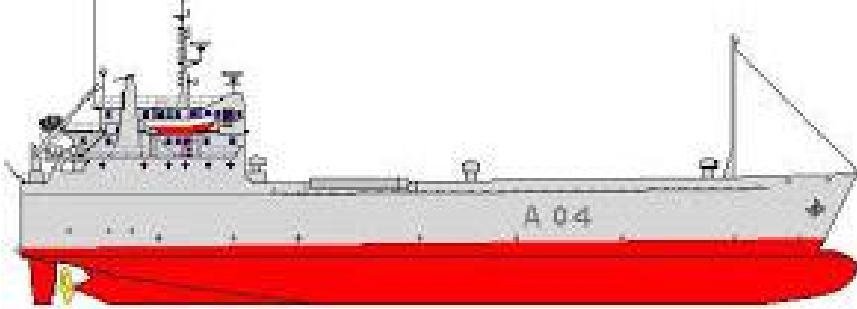
TRANSPORTES LIGEROS				
	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICE
CONTRAMAESTRE CASADO	67 Dotación	11,20 kWh	14,83 kWh	1456 m ²
				
CAMINO ESPAÑOL	32 Dotación 44 Transporte	12,7 kWh	16,83 kWh	1701.7 m ²
				
MARTIN POSADILLO	26 Dotación	5,76 kWh	4,35 kWh	975 m ²
				

Tabla I-7 Caracterización de Transportes Ligeros

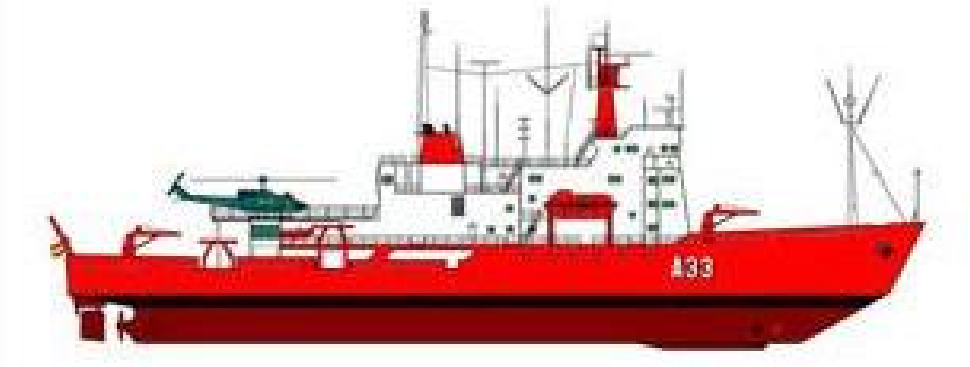
INVESTIGACION OCEANOGRAFICA				
	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
HESPERIDES	55 Dotación 37 Científicos	15,38 kWh	20,37 kWh	1179.8 m ²
				
LAS PALMAS	35 Dotación	5,85 kWh	7,75 kWh	477.9 m ²
				

Tabla I-8 Caracterización BIO

BUQUES HIDROGRAFICOS				
	DOTACION	PLANTA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
CLASE MALASPINA	65 Dotación	10,86 kWh	14,39	696 m ²
				

Tabla I-9 Caracterización de BH

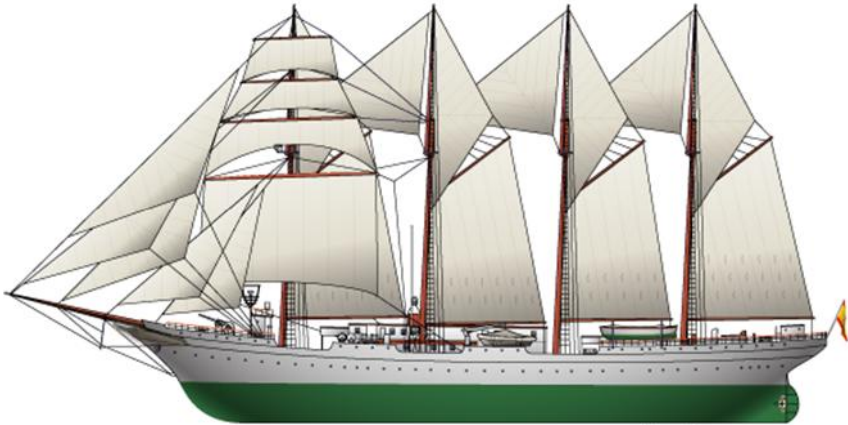
BUQUE ESCUELA				
	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
J.S.ELCANO	200 Dotación	33,43 kWh	44,28 kWh	1470.3 m ²
				

Tabla I-10 Caracterización Buque Escuela

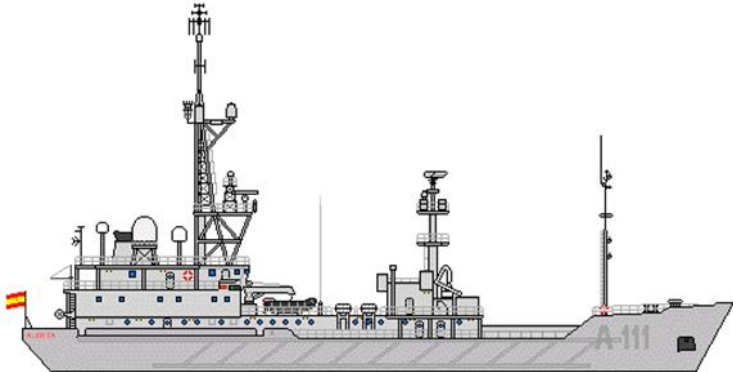
BUQUES AUXILIARES				
	DOTACION	DEMANDA ELECTRICA	DEMANDA TERMICA	SUPERFICIE
NEPTUNO	52 Dotación	8,69 kWh	11,51 kWh	659.5 m ²
				
ALERTA	61 Dotación	10,19 kWh	13,5 kWh	940.9 m ²
				

Tabla I-11 Caracterización de BA

ANEXO II: TABLAS DE APLICABILIDAD EN BUI'S

- *Fragatas*

CLASE ALVARO DE BAZAN				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	0	0	-1	-1
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	-1	-1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	0	0	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	0	0
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	-2	-2	-2	-2
TOTAL	0,00	0,00	-0,50	-0,50

Tabla II-1 Aplicabilidad en F100

CLASE SANTA MARIA				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	0	0	-1	-1
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	-1	-1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	-1	1	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	0	1	-1	0
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	-2	-2	-2	-2
TOTAL	0,00	0,50	-1,00	-0,50

Tabla II-2 Aplicabilidad en F80

- Buques anfibios y Juan Carlos I

CLASE GALICIA				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	-1	-1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	-1	-1	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	-1	0	-1	-1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	-2	-2	-2	-2
TOTAL	-0,50	0,00	-0,50	-0,50

Tabla II-3 Aplicabilidad en buques anfibios

CLASE JUAN CARLOS I				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	-1	-1	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	-1	0	-1	-1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	-2	-2	-2	-2
TOTAL	-0,50	0,00	0,00	0,00

Tabla II-4 Aplicabilidad en Juan Carlos I

- Buques logísticos

CLASE PATIÑO				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	1	1	0	1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	1	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	-1	-1	-1	-1
TOTAL	1,00	1,00	0,50	1,00

Tabla II-5 Aplicabilidad en Clase Patiño

CLASE CANTABRIA				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	1	1	1	1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	1	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	-1	-1	-1	-1
TOTAL	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla II-6 Aplicabilidad en Clase Cantabria

- Patrulleros

CLASE DESCUBIERTA				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	0	0	-1	-1
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	-1	-1	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	-1	0
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	-1	-1	-1	-1
TOTAL	0,00	0,00	-0,50	0,00

Tabla II-7 Aplicabilidad en Clase Descubierta

BAM				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	0	0	-1	-1
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	-1	-1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	0	0	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	0	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	-1	-1	-1	-1
TOTAL	0,00	0,00	-0,50	-0,50

Tabla II-8 Aplicabilidad en BAM

CLASE CHILREU				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	0	0	-1	-1
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	0	0	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	0	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	0	0	0	0
TOTAL	0,00	0,00	0,00	0,50

Tabla II-9 Aplicabilidad en Clase Chilreu

CLASE SERVIOLA				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	0	0	-1	-1
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	0	0	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	0	0
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	0	0	0	0
TOTAL	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla II-10 Aplicabilidad en Clase Serviola

- Buques M.C.M

CLASE SEGURA				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	0	0	-1	-1
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	0	0	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	0	0
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	0	0	0	0
TOTAL	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla II-11 Aplicabilidad en Clase Segura

- Transporte ligero

CONTRAMAESTRE CASADO				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	1	1	0	1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	1	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	0	0	0	0
TOTAL	1,00	1,00	0,50	1,00

Tabla II-12 Aplicabilidad en Contramaestre Casado

MARTIN POSADILLO				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	1	1	1	1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	1	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	0	0	0	0
TOTAL	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla II-13 Aplicabilidad en Martin Posadillo

CAMINO ESPAÑOL				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	1	1	0	1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	1	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	0	0	0	0
TOTAL	1,00	1,00	0,50	1,00

Tabla II-14 Aplicabilidad en Camino Español

- Buques auxiliares e hidrográficos

ALERTA				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
<i>ORIENTACION PANELES</i>	0	0	1	1
<i>SUPERFICIE DISPONIBLE</i>	1	1	0	0
<i>CONDICIONES AMBIENTALES</i>	2	2	1	1
<i>RADIACION SOLAR</i>	2	2	2	2
<i>CARACTERISTICAS INSTALACION</i>	-1	-1	0	0
<i>RATIO APOORTE/DEMANDA ELE</i>	1	1	0	0
<i>RATIO APOORTE/DEMANDA TER</i>	1	1	1	1
<i>EFECTO EN OPERATIVIDAD</i>	0	0	0	0
TOTAL	1,00	1,00	0,50	0,50

Tabla II-15 Aplicabilidad en Alerta

NEPTUNO				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
<i>ORIENTACION PANELES</i>	0	0	1	1
<i>SUPERFICIE DISPONIBLE</i>	1	1	0	0
<i>CONDICIONES AMBIENTALES</i>	2	2	1	1
<i>RADIACION SOLAR</i>	2	2	2	2
<i>CARACTERISTICAS INSTALACION</i>	-1	-1	0	0
<i>RATIO APOORTE/DEMANDA ELE</i>	0	1	0	0
<i>RATIO APOORTE/DEMANDA TER</i>	1	1	1	1
<i>EFECTO EN OPERATIVIDAD</i>	0	0	0	0
TOTAL	0,50	1,00	0,50	0,50

Tabla II-16 Aplicabilidad en Neptuno

MALASPINA				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
<i>ORIENTACION PANELES</i>	0	0	1	1
<i>SUPERFICIE DISPONIBLE</i>	1	1	0	0
<i>CONDICIONES AMBIENTALES</i>	2	2	1	1
<i>RADIACION SOLAR</i>	2	2	2	2
<i>CARACTERISTICAS INSTALACION</i>	-1	-1	0	0
<i>RATIO APOORTE/DEMANDA ELE</i>	0	0	-1	-1
<i>RATIO APOORTE/DEMANDA TER</i>	1	1	1	1
<i>EFECTO EN OPERATIVIDAD</i>	0	0	0	0
TOTAL	0,50	0,50	0,50	0,50

Tabla II-17 Aplicabilidad en Malaspina

- Buque escuela

JUAN SEBASTIAN DE ELCANO				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	-1	-1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	-1	0	-1	-1
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	0	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	0	0	0	0
TOTAL	0,50	0,50	0,00	0,00

Tabla II-18 Aplicabilidad en J.S. Elcano

- B.I.O

BIO HESPERIDES				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	0	1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	1	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	0	0	0	0
TOTAL	0,50	1,00	0,50	0,50

Tabla II-19 Aplicabilidad en Hespérides

BIO LAS PALMAS				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
ORIENTACION PANELES	0	0	1	1
SUPERFICIE DISPONIBLE	1	1	0	0
CONDICIONES AMBIENTALES	2	2	1	1
RADIACION SOLAR	2	2	2	2
CARACTERISTICAS INSTALACION	-1	-1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA ELE	0	1	0	0
RATIO APOORTE/DEMANDA TER	1	1	1	1
EFEECTO EN OPERATIVIDAD	0	0	0	0
TOTAL	0,50	1,00	0,50	0,50

Tabla II-20 Aplicabilidad en Las Palmas

- Instalaciones

ARSENAL DE CARTAGENA				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
<i>ORIENTACION PANELES</i>	1	1	2	2
<i>SUPERFICIE DISPONIBLE</i>	2	2	2	2
<i>CONDICIONES AMBIENTALES</i>	1	1	1	1
<i>RADIACION SOLAR</i>	1	1	1	1
<i>CARACTERISTICAS INSTALACION</i>	1	1	1	1
<i>RATIO APORTE/DEMANDA ELE</i>	2	2	2	2
<i>RATIO APORTE/DEMANDA TER</i>	2	2	2	2
<i>EFEECTO EN OPERATIVIDAD</i>	2	2	2	2
TOTAL	1,50	1,50	2,00	2,00

Tabla II-21 Aplicabilidad en Arsenal de Cartagena

ESCUELA NAVAL MILITAR				
FACTOR	BIPVT/A	BIPVT/W	PVT/A	PVT/W
<i>ORIENTACION PANELES</i>	1	1	2	2
<i>SUPERFICIE DISPONIBLE</i>	2	2	2	2
<i>CONDICIONES AMBIENTALES</i>	0	0	0	0
<i>RADIACION SOLAR</i>	1	1	1	1
<i>CARACTERISTICAS INSTALACION</i>	1	1	1	1
<i>RATIO APORTE/DEMANDA ELE</i>	2	2	2	2
<i>RATIO APORTE/DEMANDA TER</i>	2	2	2	2
<i>EFEECTO EN OPERATIVIDAD</i>	2	2	2	2
TOTAL	1,50	1,50	2,00	2,00

Tabla II-22 Aplicabilidad en Escuela Naval Militar

ANEXO III: CATÁLOGOS DE PLACAS PVT

HYBRID AIR COLLECTORS

Technical data





PVT - Current and heat out of one collector
HYBRID AIR COLLECTORS

- Optimal solar power yields by active cooling
- Free solar heat by preheated external air
- Maximum use of sun energy:
10m² Roof surface →
 $1,3 \text{ kWp}_{\text{el}} + 4 \text{ kWp}_{\text{therm}} = 5,3 \text{ kWp}_{\text{total}}$

Background:

The sun energy penetrating is transformed within a photovoltaic module only by 15 % into electric energy. The mayor part of the radiant energy becomes heat which reduces the efficiency of the cell with the production of current. Therefore, with a solar power plant a good heat removal must be assured, usually by rear ventilation of the modules.

With the hybrid collectors the modules are cooled actively by means of a ventilator, the heated air can be used if required.

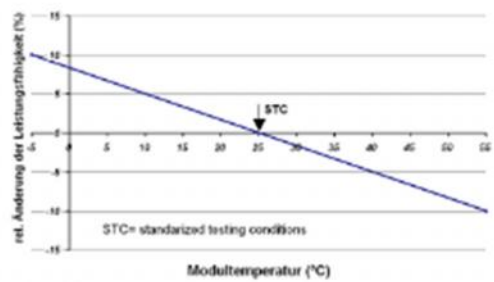
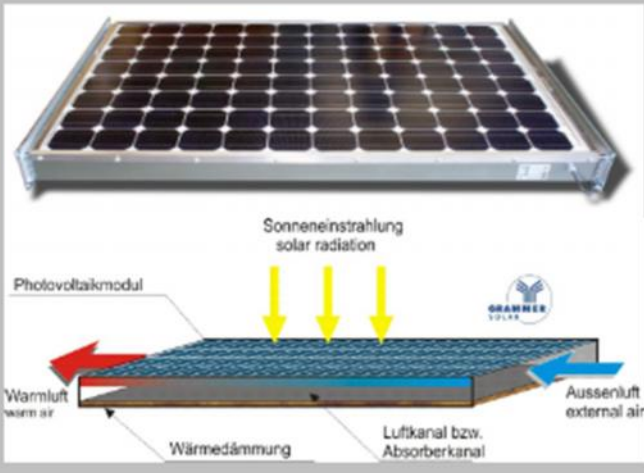


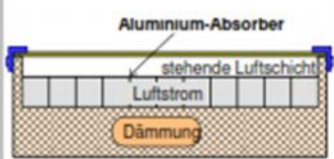
Fig.: Module temperature and capability
A temperature lower by 10K increases the capability of a crystalline silicon cell by more than 3%.

Structure of a hybrid air collector:



Comparison:

Standard air collector GLK



Hybrid air collector



07-2009

PVT– HYBRID AIR COLLECTORS | Technical data | 1/2

**always
on the
sunny side**

GRAMMER Solar GmbH
Oskar-von-Miller-Straße 8
92224 Amberg
Germany

Tel.: +49 (0)9021 / 308 57 0
Fax: +49 (0)9021 / 308 57 10
info@grammer-solar.de
www.grammer-solar.de



Technical data – Hybrid air collectors

GRAMMER Solar-Air-collectors, tested as per the directives of RAL-GZ-906 = RAL-quality mark solar energy systems, consisting of:
Casing of hot-dipped galvanized steel with frame marked SBM as per DIN 24194/1, interior thermal insulation, absorber and covering of crystalline photovoltaics laminate
The hybrid collectors are available in three types as an end collector (PVT-GLK E), as a central collector (PVT-GLK M) and as a filter collector (PVT-GLK F) and can directly be connected to a standard GLK collector.

Dimensions	L x B x H	1732 x 1000 x 175 mm
Surface of a collector		1,73 m²
Row length		10 – 40 m (6 - 23 collectors)
Electric performance *	P_{Wp}	230 Wp
Electric standard efficiency* η_{el}		13%
Tension* U_{oc}/U_{Wp}		36,5 / 29,0 V
Current* I_{sc}/I_{Wp}		8,71 / 7,94 A
Thermal performance**	P_{th}	690 Wp
Thermal standard efficiency** η_{th}		40%
Temperature Increase ** ΔT		20K
Volume flow per m²		40-100 m³/h
Volume flow per row		800-2000 m³/h
Standstill temperature T_{max}		100°C
Installation mode		
Mounting	On roof or freestanding installation, Mounting on facade – front hanging	
Electric	Feed-in via inverter	
Thermal	Direct use of the preheated air for heating or process heat; forced recirculation with ventilator Bypass flap, if no requirement of heat	

* Standard test conditions: 1000W/m²; 25 °C; AM 1,5

** On solar radiation: 800W/m²; Volume flow per m²
collector surface: 50m³/h

Applications:

- Fresh air – supply systems with (nearly) year-round air heat requirement, e. g. for drying systems, indoor swimming pools, varnishing halls
- Solar power production and solar heat production on a limited roof area

Hybrid air collector - Diagram of connections



Temperature increase:

Hybrid collectors are suited for an operation at low temperatures ($\Delta T = 20K$) in order to obtain maximum current yields.

If higher temperatures are desired, standard air collectors can be installed downstream.



PVT – HYBRID AIR COLLECTORS | Technical data| 2/2



A revolutionary hybrid solar technology
that produces simultaneously electricity and hot water.



The diagram illustrates the DualSun Wave panel's dual functionality. On the left, a dark blue monocrystalline solar panel is shown. In the center, two overlapping hexagons represent electricity (yellow with a lightning bolt) and hot water (blue with a water drop). On the right, a white heat exchanger is shown with integrated wiring.

Electricity	Hot water
Dimensions of a standard photovoltaic panel (60 6-inch cells)	Rigid and ultra-thin heat exchanger, completely integrated into panel (patented design)
High-efficiency monocrystalline cells, cooled by water circulation on backside of panel	Excellent heat transfer between photovoltaic frontside and water circulation on backside
PV-like dimensions with frame thickness of 4cm (building-integration possible)	Maximum temperature: 74, 7°C
Nominal PV power: 250 Wp	Thermal power output: 912 Wth*

* Performances measured during EN 12975 certification testing at the TÜV Rheinland laboratory



Product warranty 10 years, PV power warranty 20 years
Certified IEC 61215 & 61730 and
Solar Keymark n°011-7S2285 P
Adapted for all types of mounting systems



**The most competitive solar technology for the
energy independence of our buildings.**

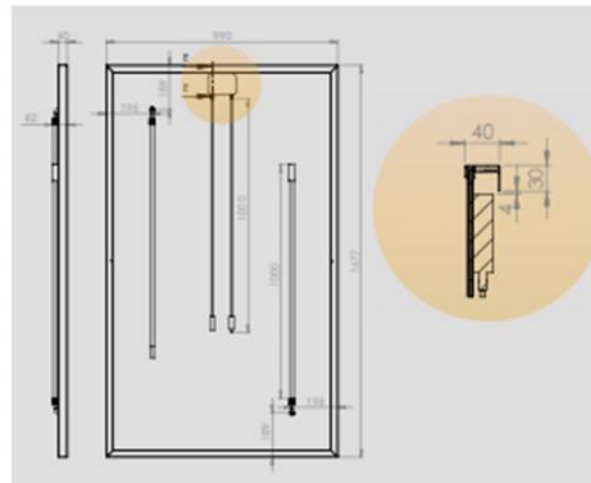
TECHNICAL DATA

GENERAL DATA	
Length	1677 mm
Width	990 mm
Frame thickness	40 mm
Weight empty / filled	30 kg / 31.7 kg
Frame color / backsheet	Black / Black

ELECTRICAL DATA	
Number of cells per module	60
Cell type (dimensions)	Monocrystalline (156 mm * 156 mm, 6 inches)
Nominal power (P_{mp})	250 Wp
Module efficiency	15.40 %
Power tolerance	-0/+3 %
Rated voltage (V_{mp})	30.7 V
Rated current (I_{mp})	8.15 A
Open circuit voltage (V_{oc})	38.5 V
Short circuit current (I_{sc})	8.55 A
Maximum system voltage	1000 V DC
Reverse current load	15 A
NOCT	49 °C
Connectors	MC4 PLUS
Application class	Class A

Temperature coefficients

Voltage (μV_{oc})	-0.32 V/K
Current (μI_{sc})	0.048 mA/K
Efficiency loss / °C	0.44 %/°C

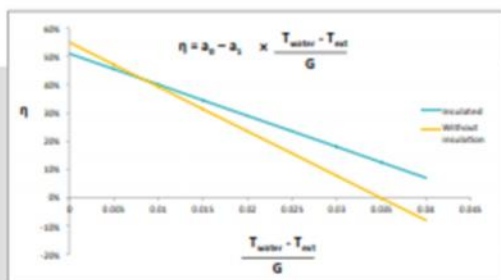


THERMAL DATA	
Gross area	1.66 m ²
Aperture area	1.58 m ²
Volume of heat transfer liquid	170 L
Heat transfer liquid	Glycol water
Maximum temperature	74.7 °C
Maximum operating pressure	12 bar
Pressure loss per panel	6000 Pa at 200 liters/hour
Hydraulic input/output*	1/2 inch (15/21 mm)

	Insulated / BIPV	Without insulation **
Optical efficiency a_0	51 %	55 %
Heat loss coefficient a_1	11.4 W/K/m ²	15.76 W/K/m ²
Heat loss coefficient a_2	0 W/(m ² ·K ²)	0 W/(m ² ·K ²)

* The DualSun panels are delivered with hydraulic tubing equipped with rapid connectors for the input/output of the panel chain.

** The a_0 , a_1 and a_2 coefficients are the measured values from testing during EN 12975 certification at the TUV Rheinland for unglazed collectors: $a_0 = -0.578$; $b_1 = 0.028$; $b_2 = 12.078$; $b_3 = 1.842$.



Solar thermal panels are characterized by two principal coefficients, a_0 and a_1 , which allow us to determine the thermal efficiency of the panel (η) as a function of solar irradiation (G [W/m²]) and external temperature.

The coefficients are shown for a wind speed $u = 1.5$ m/s.



www.dualsun.com
contact@dualsun.com



Datasheet solator® PV + THERM INROOF

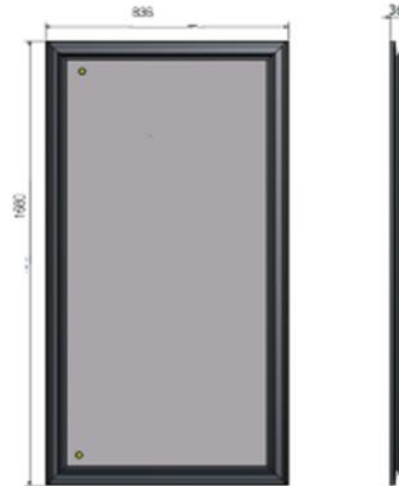
Description

solator® PV+THERM INROOF Module 190 Wp
Hybrid module for roof-integrated installation

Code:

PVTHERMIN190EU (EU-laminate)

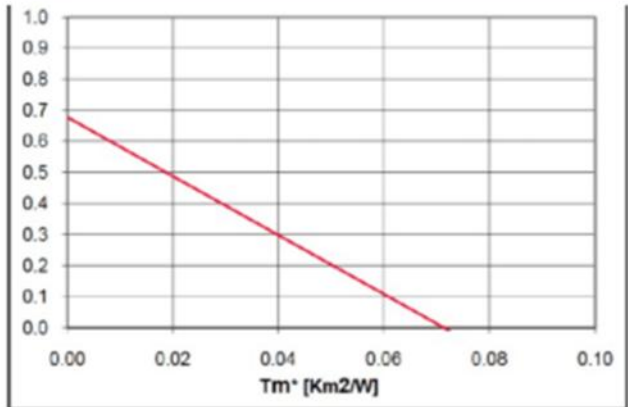
PVTHERMIN190CN (China-laminate)



Technical data	PVTHERMIN190EU	PVTHERMIN190CN
Dimension:	836 x 1580 x 36 mm	836 x 1580 x 36 mm
Weight:	22 kg	22 kg
PV-cells:	45 pcs. monocrystalline, 156 x 156 mm	72 pcs. monocrystalline, 125 x 125 mm
Operating temperature:	-40 °C to +85 °C	-40 °C to +85 °C
Special dimension:	On Request	On Request
Colour (laminate, frame):	black	black
Cable type, diameter, length:	4 mm ² , TÜV certified, 1000 mm	4 mm ² , TÜV certified, 1000 mm
Connector type:	MC-4	RADOX® SOLAR, Type 4
Junction box:	IP 65 KOSTAL - 3 bypass diodes	IP 65 RADOX® SOLAR - 3 bypass diodes
Glass:	4 mm tempered solar glass ESG	4 mm tempered solar glass ESG
Certified pressure load:	5400 N/m ²	5400 N/m ²
Certified suction load:	2400 N/m ²	2400 N/m ²
Electrical data (STC)		
Power output:	190 Wp + 3%	190 Wp + 3%
Module efficiency:	15,40%	14,88%
Nominal voltage V _{mpp} :	24 V	36,4 V
Max. power current I _{mpp} :	7,93 A	5,29 A
Open circuit voltage V _{oc} :	28,30 V	45,2 V
Short circuit current I _{sc} :	8,31 A	5,6 A
Max. system voltage:	DC 1000 V	DC 1000 V

Thermal data		
Absorber area:	1.2 m²	1.2 m²
Fluid capacity (collector):	1 l	1 l
Flow rate:	max. 90 - 200 l / h	max. 90 - 200 l / h
Hydraulic Connection:	copper tube Ø = 12 mm, length 25 mm	copper tube Ø = 12 mm, length 25 mm
Recommended operating fluid:	Water / Glykol mixture	Water / Glykol mixture
Pressure drop Δ p:	17 mbar at 1,5 l / min	17 mbar at 1,5 l / min
Operating pressure:	3 bar	3 bar
Max. Operating pressure:	6 bar	6 bar
Stagnation temperatur:	80 °C	80 °C

Thermal performance per m² absorber area approx.:



Technical indicators:

η_0 (-)	0.677
a_1 (W/m²K²)	9.467
a_2 (W/m²K²)	--
Efficiency at:	
η (Tm = 0.00)	0.677
η (Tm = 0.03)	0.393
η (Tm = 0.06)	0.109
Output per m² absorber area: G=1000 W/m²	
$t_m = t_a$ (peak power)	786
$t_m - t_a = 10$ K	576
$t_m - t_a = 30$ K	456
$t_m - t_a = 50$ K	236



CE / complies with IEC 61215 / IEC 61730 / protection class 2

Specifications subject to modification without previous notification!

Product guarantee:

PV-module: 12 years

Performance guarantee:

10 years at 90 % of the power output

25 years at 80 % of the power output