



Aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana.

Trabajo Final de la Carrera de Ingeniería Industrial

Lorenzo Eijo, Nicolás

Paneiva Pompa, Juan Ignacio

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Mar del Plata – 27 de Mayo de 2016



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana.

Trabajo Final de la Carrera de Ingeniería Industrial

Lorenzo Eijo, Nicolás

Paneiva Pompa, Juan Ignacio

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Mar del Plata – 27 de Mayo de 2016

Aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana.

Autores: Juan Ignacio Paneiva Pompa
Nicolás Lorenzo Eijo

Director: Ing. Guillermo Carrizo
Departamento de Ingeniería Industrial,
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Co-Director: Ing. Federico Camino
Departamento de Ingeniería Industrial,
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Evaluadores: Ing. Daniel Laville
Departamento de Ingeniería Industrial,
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Ing. Edgardo Musumeci
Departamento de Ingeniería Industrial,
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Ing. Liliana Gadaleta
Departamento de Ingeniería Industrial,
Facultad de Ingeniería, UNMDP

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
TABLA DE SIGLAS	VIII
RESUMEN.....	IX
PALABRAS CLAVES	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN RELACIÓN AL CAMBIO CLIMATICO.....	4
1.2. ENERGÍA RENOVABLE A DESARROLLAR	7
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. MATRIZ EFI	9
2.2. MATRIZ DE PONDERACIÓN.....	9
2.3. BALANCE ELÉCTRICO	9
2.4. CELDAS FOTOVOLTAICAS	10
2.5. CÁLCULO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA HÍBRIDA.	11
2.6. DIMENSIONADO DEL CABLE	14
2.7. INVERSIÓN Y COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	14
2.8. DEPRECIACIÓN: MÉTODO DE LA LÍNEA RECTA.....	15
2.9. CUADRO DE FUENTES Y USOS DE FONDOS.....	15
2.10. RENTABILIDAD.....	15
2.11. MARCO LEGAL	16
3. DESARROLLO	19
3.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ELÉCTRICA	19
3.1.1. Especificaciones técnicas de la instalación eléctrica	20
3.1.2. Análisis de situación actual: consumos.....	21
3.2. PROPUESTA DE MEJORA: DISEÑO DEL SISTEMA	27
3.2.1. Esquema básico de la instalación.....	27
3.2.2. Dimensionamiento de la instalación.....	27
3.2.3. Selección de celdas fotovoltaicas	28
3.2.4. Ubicación de las celdas fotovoltaicas en la embarcación.....	30
3.2.5. Selección del inversor	34
3.2.6. Configuración	34
3.2.7. Diagrama eléctrico.....	40
3.2.8. Estructura de soporte	40
3.2.9. Obtención de datos meteorológicos.....	42
3.2.10. Estimación de pérdidas por sombras.....	43
3.2.11. Estimación de la producción de energía eléctrica	44
3.2.12. Pérdidas del sistema	45
3.2.13. Cableado	47

3.2.13.1.	Verificación de la sección elegida del cable por corriente de cortocircuito	50
3.2.13.2.	Verificación de la sección elegida del cable por caída de tensión 51	
3.2.14.	Protecciones.....	51
3.2.14.1.	Cortocircuito.....	52
3.2.14.2.	Sobretensiones	53
3.2.14.3.	Corriente alterna	53
3.2.15.	Mantenimiento de la instalación.....	53
3.2.16.	Influencia del peso y la estructura en el barco	55
3.2.16.1.	Navegabilidad y centro de gravedad.....	56
3.2.16.2.	Legislación asociada y seguros	56
3.2.16.3.	Incremento del consumo de combustible del motor propulsor 57	
3.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	58
3.3.1.	Inversión.....	58
3.3.2.	Ahorros.....	59
3.3.2.1.	Ahorro mensual en el primer año debido al ahorro energético fotovoltaico	59
3.3.2.2.	Ahorro anual en el período de vida total del proyecto	63
3.3.3.	Costos del sistema	63
3.3.3.1.	Depreciación anual	63
3.3.3.2.	Costo asociado al aumento del consumo de combustible del motor propulsor	64
3.3.3.3.	Costo de Mantenimiento	64
3.3.4.	Cuadro de Usos y fuentes del proyecto y Rentabilidad del proyecto.....	65
3.3.5.	Análisis de costos y ahorros	67
3.3.6.	Escenarios posibles de rentabilidad.....	68
3.4.	ANÁLISIS DEL PROYECTO	70
3.4.1.	Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)	70
3.4.2.	Alternativas al proyecto	72
4.	CONCLUSIONES	74
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	77
6.	ANEXO	81
6.1.	ANEXO 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL BUQUE PADRE PIO.	81
6.2.	ANEXO 2: EJEMPLO ANÁLISIS BALANCE ELÉCTRICO.	88
6.3.	ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RENESOLA - VIRTUS II JC250M.	90
6.4.	ANEXO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RENESOLA – REPLUS 6000TL3A.....	92
6.5.	ANEXO 5: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EXZHELLENT – MAR RDtC4Dt	94
6.6.	ANEXO 6: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CIMET DUROLITE CONTRAFUEGO...96	
6.7.	ANEXO 7: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CRAMACO G2R 200 MB/4.....	98
6.8.	ANEXO 8: COPARTICIPACIÓN DEL ASTILLERO NAVAL FEDERICO CONTESSI Y CÍA. S.A.	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición de la atmósfera terrestre (ppmv: partes por millón por volumen).	2
Tabla 2: Matriz de evaluación de los factores internos para energía no renovable. .	4
Tabla 3: Matriz de evaluación de los factores internos para energía renovable.	4
Tabla 4: Desembarques del puerto de Mar del Plata y participación Provincial y Nacional, en miles de toneladas.	6
Tabla 5: Descripción de los consumidores de la embarcación pesquera.	22
Tabla 6: Balance eléctrico para el buque “Padre Pío”, factores por condiciones de operación.	24
Tabla 7: Balance eléctrico para el buque “Padre Pío”, potencia demandada por condiciones de operación.	25
Tabla 8: Características de los celdas fotovoltaicos.	29
Tabla 9: Matriz de ponderación, selección de celdas fotovoltaicas.	29
Tabla 10: Características principales del módulo ReneSola – Virtus II JC250M.	34
Tabla 11: Características principales del inversor ReneSola – RePlus 5000TL3EL.	35
Tabla 12: Rangos máximos de módulos en serie y número de ramas en paralelo. .	36
Tabla 13: Cantidad de módulos en serie y número de ramas en paralelo.	37
Tabla 14: Inversión y materiales necesarios para las estructuras de soporte.	41
Tabla 15: Radiación promedio mensual y temperatura ambiente media mensual. ...	43
Tabla 16: Reducción de la radiación por sombras.	44
Tabla 17: Producción mensual y anual de energía eléctrica.	45
Tabla 18: Pérdidas detalladas del sistema.	46
Tabla 19: Característica técnicas del conductor EXZHELLENT – MAR RDtC4Dt (7784107).	48
Tabla 20: Factor de corrección por tipo de terreno.	48
Tabla 21: Factor de corrección por temperatura del terreno	49
Tabla 22: Factor de corrección por agrupamiento de cables.	49
Tabla 23: Factor de corrección por profundidad de instalación.	49
Tabla 24: Corriente admisible nominal en tierra. Conductores de cobre clase 2.	50
Tabla 25: Característica técnicas del conductor Durolite Cortafuego.	50
Tabla 26: Detalle inversión requerida.	59
Tabla 27: Potencia necesaria por situaciones a la salida del alternador y del motor.	60

Tabla 28: Relación de energía por volumen de combustible y costo por unidad de energía.....	62
Tabla 29: Ahorro mensual por situación para el primer año.	62
Tabla 30: Producción y ahorro económico anual de la instalación fotovoltaica.	63
Tabla 31: Cálculo del presupuesto anual destinado al mantenimiento de la instalación fotovoltaica.	65
Tabla 32: Cuadro de usos y fuentes del proyecto	66
Tabla 33: Costos en el primer año del proyecto.....	67
Tabla 34: Reducción de emisiones de GEI en altamar.	70
Tabla 35: Reducción de emisiones de GEI en situación "Puerto".....	71
Tabla 36: Emisión de GEI a causa de la producción de energía del generador fotovoltaico.....	71
Tabla 37: Reducción de emisiones de GEI incorporando el generador fotovoltaico.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Relación entre la emisión total anual de CO ₂ y la temperatura media global.	3
Figura 2: Esquema básico de la instalación eléctrica, situación actual del buque "Padre Pío".....	21
Figura 3: Esquema básico de la instalación eléctrica, situación propuesta de mejora del buque "Padre Pío".	27
Figura 4: Área disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos, vista frontal.	32
Figura 5: Disposición aproximada de los módulos fotovoltaicos, vista frontal.....	33
Figura 6: Disposición final de los módulos fotovoltaicos a instalar, vista lateral.	38
Figura 7: Disposición final de los módulos fotovoltaicos a instalar, vista frontal.	39
Figura 8: Diagrama eléctrico de la instalación fotovoltaica.....	40
Figura 9: Vista lateral de las estructuras de soporte.	41
Figura 10: Trazado de la línea del perfil de obstáculos.	43
Figura 11: Diagrama de pérdida durante todo el año.	46
Figura 12: Curvas características Motor Cummins 6CTA 8.3-M (JW).	61
Figura 13: Valor presente en función de la variación del precio del gasoil.	68
Figura 14: Valor presente en función del aumento anual del precio del gasoil.	69

TABLA DE SIGLAS

AEA: Asociación Electrotécnica Argentina.

CEI: Comisión Electrotécnica Internacional.

EPBT: Energy payback time.

GEI: Gases de efecto invernadero.

MPP: Punto de máxima potencia de un dispositivo fotovoltaico.

N_p : Número de ramas de módulos fotovoltaicos en paralelo.

N_s : Número de módulos fotovoltaicos en serie.

P_{ce} : Potencia consumida por equipo.

P_{ct} : Potencia consumida total.

P_{mpm} : Coeficiente de temperatura de potencia [%/°C].

SIM: Sistema Informático MARIA.

TIR: Tasa interna de retorno.

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la realización de un análisis para la aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana. La motivación del mismo, surge en pos de fomentar el uso de energías renovables en uno de los sectores productivos más importantes de la ciudad de Mar del Plata y, además, atenuar el efecto invernadero provocado por la utilización de combustibles fósiles. El objetivo del trabajo es determinar la instalación fotovoltaica idónea para acoplarse a la red eléctrica actual del buque pesquero, determinar la factibilidad económica del proyecto, evaluar la disminución de gases de efecto invernadero y garantizar la carga de las baterías de alimentación de los sistemas de comunicación. Para el diagnóstico de la situación inicial se realizó un relevamiento de la instalación eléctrica del buque y posteriormente el balance eléctrico de la misma. Con el objetivo de prescindir de acumuladores de energía, se dimensionó el sistema fotovoltaico para situarse en todo momento por debajo del mínimo de consumo energético. Se utilizó el software PVSyst para estimar las pérdidas por sombras y la energía producida por el sistema de generación propuesto. El sistema resulta de veintidós módulos fotovoltaicos y un inversor que proveen a la instalación de 7,219 MWh durante el primer año, y 6,420 MWh/año en promedio para la vida útil del proyecto, disminución debida a las pérdidas de eficiencia de conversión de los módulos a lo largo del tiempo. Es importante destacar que con el sistema propuesto se logra disminuir la emisión de gases de efecto invernadero en aproximadamente 1.220 kg/año. Además, se logra alimentar en menos de 6 h las baterías reglamentarias por Prefectura correspondientes al sistema de comunicaciones. Con una inversión de 10.588 US\$ y 25 años de proyecto se obtiene una tasa interna de retorno de -9,77 %, menor al estándar financiero. El valor presente es negativo y presenta un valor de -9.025 US\$. A su vez, los costos asociados al proyecto representan el 83,5 % del ahorro relacionado a la utilización de la instalación fotovoltaica. Por lo tanto, el proyecto no resulta rentable y, sumado a las tareas y dificultades que incorpora a la tripulación del buque no se recomienda su ejecución.

PALABRAS CLAVES

Energías renovables, energía solar fotovoltaica, gases efecto invernadero, pesca, puerto, sistemas de comunicación.

1. INTRODUCCIÓN.

En el año 1979 tuvo lugar la “*Primera Conferencia Mundial sobre el Clima*”, donde por primera vez se consideró el cambio climático como una amenaza real a nivel global. A partir de este momento el cambio climático se ha convertido en un tema de interés de estudio para la población mundial.

Se define cambio climático a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala regional o global.

Se estima que para el año 2100 la temperatura ambiente media del planeta podría aumentar entre 1,4 y 5,8 °C. A su vez, el nivel medio del mar podría ascender entre 0,09 y 0,88 m debido al descongelamiento de los glaciares del planeta (Framework Convention on Climate Change, 2006).

Estas consecuencias repercuten de forma negativa en el desarrollo de la vida en la Tierra debido a que condicionan las posibilidades de alimentación, la actividad económica en general y la seguridad de la población del planeta. Entre las alteraciones más importantes al ecosistema se puede mencionar (Ecologistas en Acción, 2006):

- Contaminación térmica de ríos y mares: El aumento de las temperaturas de los ríos y mares provocará que ecosistemas acuáticos estén en peligro.
- Incendios forestales: Debido al cambio climático las sequías serán más continuas y, por ello, los incendios forestales serán más frecuentes, peligrosos y extensos.
- Invasión de especies de diferentes latitudes: Estas especies se verán favorecidas por el aumento de temperatura que supondrá el cambio climático y pondrá en peligro la existencia de las especies animales y vegetales autóctonas.

El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero contribuye directamente en el cambio climático. Estos gases tienen la capacidad de retener el calor emitido por la superficie terrestre, manteniendo y regulando la temperatura en la Tierra. Esto se debe a la estructura de sus moléculas y a la concentración de moléculas del gas presentes en la atmósfera. Los gases de efecto invernadero que incrementan sus niveles de concentración por actividades antropogénicas son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluorometano (CF₄) y perfluoroetano (C₂F₆), hidrofluorocarbonos (HFC-23, HFC-134a, HFC-152a) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

En la Tabla 1 se puede observar que el CO₂ es el gas de invernadero con mayor concentración en la atmósfera terrestre. En consecuencia, sumado a que dicha concentración

se encuentra en constante aumento, se define la importancia del estudio de la concentración de CO₂ y la reducción de la misma, proveniente principalmente del empleo de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) para producir energía.

Gas	Volumen
Nitrógeno (N ₂)	780.840 ppmv (78,084 %)
Oxígeno (O ₂)	209.460 ppmv (20,946 %)
Argón (Ar)	9.340 ppmv (0,934 %)
Dióxido de carbono (CO ₂)	400 ppmv (0,04 %)
Neón (Ne)	18,18 ppmv (0,001818 %)
Helio (He)	5,24 ppmv (0,000524 %)
Metano (CH ₄)	1,79 ppmv (0,000179 %)
Kriptón (Kr)	1,14 ppmv (0.000114 %)
Hidrógeno (H ₂)	0,55 ppmv (0,000055 %)
Óxido nitroso (N ₂ O)	0,3 ppmv (0,00003 %)
Xenón (Xe)	0,09 ppmv (9×10^{-6} %)
Ozono (O ₃)	0,0 - 0,07 ppmv (0 % a 7×10^{-6} %)
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	0,02 ppmv (2×10^{-6} %)
Yodo (I)	0,01 ppmv (1×10^{-6} %)
Monóxido de carbono (CO)	0,1 ppmv
Amoniaco (NH ₃)	trazas
Excluido por ser aire en seco	
Agua (vapor) (H ₂ O)	~0,40 % a nivel atmosférico, en superficie: 1 %-4 %

Tabla 1: Composición de la atmósfera terrestre (ppmv: partes por millón por volumen).
Fuente: Elaboración propia a partir de (NASA, 2013).

En la Figura 1 con color azul se muestran las emisiones mundiales anuales de CO₂ por actividades antropogénicas desde el año 1965 hasta el año 2010. En color rojo se muestra la temperatura media global en el mismo período. Se observa una relación entre ambos parámetros que explica el efecto invernadero del gas.

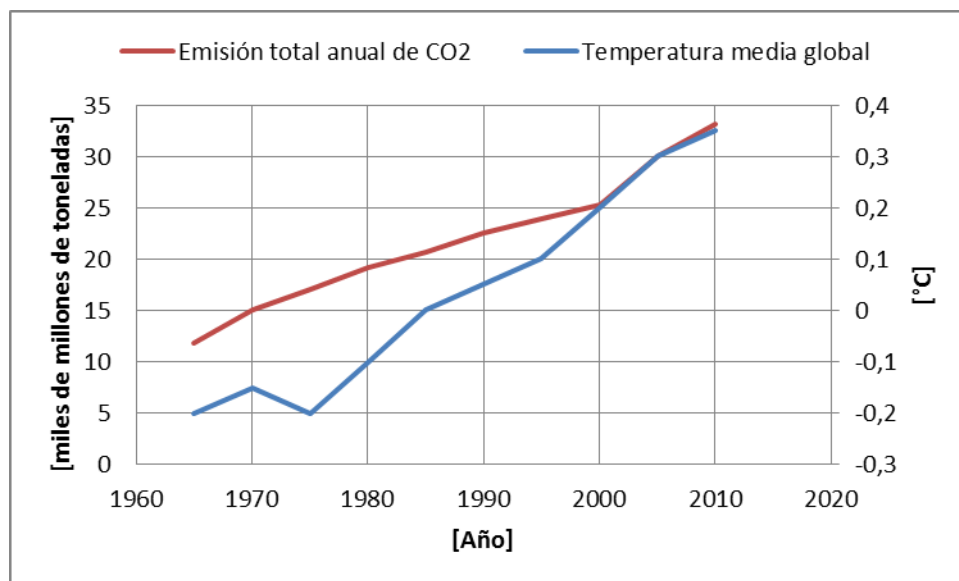


Figura 1: Relación entre la emisión total anual de CO₂ y la temperatura media global.
Fuente: Elaboración propia en base a datos de (BP, 2015) y (Asociación Canaria de Meteorología, 2010).

1.1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN RELACIÓN AL CAMBIO CLIMATICO.

En la Tabla 2 y en la Tabla 3 se presenta un análisis para comparar las energías renovables (energía hidráulica, biomasa, solar fotovoltaica, eólica, geotérmica, undimotriz y mareomotriz) con las no renovables (fósil y nuclear) mediante la matriz de evaluación de los factores internos (MEFI). De esta manera, se resumen las fortalezas y debilidades más importantes de las distintas fuentes de energía.

En el desarrollo de ambas matrices, se asignó mayor peso relativo a aquellos factores que se consideran de mayor importancia respecto al estudio en cuestión. Dichos factores se encuentran relacionados a la contaminación ambiental como consecuencia de la emisión de gases, y los costos que conlleva cada energía.

ENERGÍA NO RENOVABLE			
FACTORES DETERMINANTES	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
FORTALEZAS			
1.- Fácil extracción. (Situación a cielo abierto)	0,10	4	0,40
2.- Gran disponibilidad a corto plazo.	0,02	3	0,06
3.- Bajo costo frente a otras energías.	0,18	4	0,72
4.- Producción continua de energía abundante.	0,15	4	0,60
DEBILIDADES			
1.- Emite gases o genera residuos que resultan nocivos para los seres vivos	0,19	1	0,19
2.- Agotamiento de las reservas a corto o mediano plazo	0,08	2	0,16
3.- Contamina más que otros productos durante su utilización.	0,23	1	0,23
4.- No se regeneran fácilmente, requiere millones de años.	0,05	2	0,10
TOTAL	1,00		2,46

Tabla 2: Matriz de evaluación de los factores internos para energía no renovable.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Escalante Pérez, 2015) y (Puig & Corominas, 1990).

ENERGÍA RENOVABLE			
FACTORES DETERMINANTES	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
FORTALEZAS			
1.- Fuente inagotable y renovable de recursos, mayor diversidad y abundancia.	0,22	4	0,88
2.- No generan residuos radioactivos.	0,05	3	0,15
3.- Emisión de gases despreciable frente a energías no renovables.	0,23	4	0,92
4.- Desarrollo tecnológico en continuo crecimiento.	0,10	3	0,30
DEBILIDADES			
1.- Obtención limitada a condiciones climáticas de la región, naturaleza difusa.	0,15	1	0,15
2.- Mayor costo y mayor inversión inicial frente a energías no renovables.	0,15	1	0,15
3.- Requiere tecnología avanzada para su aprovechamiento.	0,08	2	0,16
4.- Problemas ecológicos.	0,02	2	0,04
TOTAL	1,00		2,75

Tabla 3: Matriz de evaluación de los factores internos para energía renovable.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Escalante Pérez, 2015), (Puig & Corominas, 1990) y (Erenovable, 2015; Escalante Pérez, 2015).

Comparando ambos resultados, se concluye que la energía renovable posee una posición interna más fuerte, en el sentido que capitaliza mejor las fortalezas internas y se neutralizan las debilidades.

Las energías renovables se presentan como una posible solución ante esta realidad. Éstas se obtienen de fuentes naturales inagotables dentro del marco temporal de la vida terrestre, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. En general, esta clase de energía reduce considerablemente la contaminación atmosférica. Por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida para la energía fotovoltaica son cercanas a los 46 g/kWh (Alsema, Scholten, & Fthenakis, 2006). En comparación, una planta de gas de ciclo combinado emite 400-599 g/kWh, una planta de gasoil 893 g/kWh y una planta de carbón 915-994 g/kWh (Lund, 2009).

De este modo, la solución alternativa que ofrece la energía renovable en crecimiento, en concordancia con la contaminación ambiental y el cambio climático a causa de la utilización de combustibles fósiles, han llevado a estudiar un sector de la actividad económica de la ciudad de Mar del Plata en el cual sea factible la reducción de dicha contaminación ambiental con la implementación de la tecnología en cuestión.

El puerto de Mar del Plata, es el *cluster*¹ pesquero con mayor capacidad de procesamiento de pescado en el país y uno de los más grandes a nivel mundial. Es el principal puerto pesquero del país y principal exportador de pescado congelado, moluscos y crustáceos. En la Tabla 4 se presenta la evolución de los desembarques del puerto de Mar del Plata y su participación Provincial y Nacional para el período 1993-2015.

¹ Cluster: Grupo de empresas interrelacionadas que trabajan en un mismo sector industrial y que colaboran estratégicamente para obtener beneficios comunes.

Año	Mar del Plata	Participación Provincial	Participación Nacional
1993	324	78%	33%
1994	332	86%	34%
1995	441	87%	38%
1996	482	88%	39%
1997	442	86%	33%
1998	346	85%	31%
1999	307	85%	30%
2000	260	86%	30%
2001	373	96%	43%
2002	393	97%	45%
2003	221	97%	39%
2004	422	97%	48%
2005	445	95%	52%
2006	462	94%	43%
2007	436	94%	48%
2008	478	96%	51%
2009	427	95%	55%
2010	447	98%	60%
2011	402	97%	55%
2012	336	93%	49%
2013	447	95%	54%
2014	392	95%	50%
2015	413	97%	55%

Tabla 4: Desembarques del puerto de Mar del Plata y participación Provincial y Nacional, en miles de toneladas.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Municipalidad General Pueyrredón, 2015) y (Dirección de Economía Pesquera, 2015)

1.2. ENERGÍA RENOVABLE A DESARROLLAR

Se descartan aquellas energías incapaces de desarrollar en embarcaciones por cuestiones lógicas con respecto a sus requerimientos técnicos y ambientales, tales como energía hidráulica, undimotriz, mareomotriz y geotérmica.

Considerando que en una embarcación el peso de cualquier elemento adicional es significativo para la navegabilidad, equilibrio, seguridad de la vida humana en el mar y consumos de combustible, se desarrollarán durante el trabajo dichos factores.

Teniendo en cuenta que la Agencia Internacional de la Energía destaca a la energía solar como la principal fuente de energía eléctrica mundial en 2050, representando el 16 % de la producción mundial de energía eléctrica para la fecha (Agencia Internacional de la Energía, 2014). Sumado a destacados ejemplos que relacionan el ámbito naval con la energía solar fotovoltaica como son el ferry que transporta pasajeros hacia la isla de Alcatraz en Estados Unidos y el MS Tûranor PlanetSolar siendo el mayor barco eléctrico accionado por energía solar del mundo en Alemania, es alentador el estudio de dicha energía por sobre la energía eólica y biomasa.

Entre las principales características de la energía seleccionada se puede mencionar que en sólo una hora, el Sol transmite más energía a la Tierra que la que es consumida en un año por la humanidad para satisfacer las necesidades de calor, transporte y energía. Por esta razón, la energía solar podría ser uno de los principales pilares para la producción de energía en el futuro. Además, la energía solar (Renac, 2009):

- Es prácticamente infinita.
- Permite trabajar con distintas aplicaciones a escala, desde pequeños sistemas hasta plantas solares de producción eléctrica.
- Puede generarse en el lugar de consumo.
- Tiene bajos costos de mantenimiento.

La celda fotovoltaica es una tecnología en continuo desarrollo para el aprovechamiento de dicha energía. Se caracteriza por ser un dispositivo electrónico que permite transformar energía lumínica, proveniente de la radiación solar, en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico. Dicho efecto consiste en la emisión de electrones por un material cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general).

Los plazos de amortización de energía “*energy payback time*² (EPBT)” más citados para sistemas fotovoltaicos tienen entre uno y dos años (Decker, 2015). Cabe destacar que dicha EPBT va a depender tanto de los materiales involucrados en la celda fotovoltaica, como de las condiciones ambientales a las cuales trabaja, entre otros factores.

El objetivo del proyecto es evaluar la factibilidad del uso de la energía obtenida por células fotovoltaicas para alimentar la instalación eléctrica de la embarcación y en ocasión de catástrofe mantener el sistema de comunicación en correcto funcionamiento en pos de fomentar el uso de energías alternativas en la industria. Además busca contribuir en la disminución del consumo de combustible en embarcaciones de pesca.

El desarrollo del estudio comenzará con la presentación del marco teórico, donde se explicarán los conceptos principales necesarios para la comprensión del trabajo y se desarrollará una revisión de la normativa vigente para adecuar la implementación de fotocélulas al cumplimiento de las mismas. A su vez, se definirán las necesidades energéticas de la embarcación. Con respecto a su factibilidad técnica se confeccionará un reconocimiento de las tecnologías existentes, para la selección, análisis y configuración de las células fotovoltaicas más convenientes. Se realizará el dimensionado del cableado, cálculo de la caída de tensión y diseño de la instalación del sistema eléctrico según la normativa de la AEA y las normativas de Prefectura Naval Argentina. Se analizará la influencia de la instalación con respecto a la navegabilidad, equilibrio, seguridad de la vida humana en el mar, consumos de combustible y alimentación de los sistemas de comunicación. Se continuará con el análisis económico del proyecto, empezando con el cálculo de la inversión total y sus respectivos costos y ahorros para luego evaluar la rentabilidad del mismo. Se analizará la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por último, se analizarán los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo y se presentarán las conclusiones.

² *Energy payback time: Relación entre la energía de entrada durante el ciclo de vida del módulo, (que incluye el requerimiento de energía para la fabricación, la instalación, el uso de energía durante el funcionamiento, y la energía necesaria para el desmantelamiento) y la energía de ahorro, es decir, el ahorro anual de energía debido a la electricidad generada por el módulo fotovoltaico.*

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MATRIZ EFI

La matriz de Evaluación de Factores Internos (EFI) es una forma resumida para realizar una auditoría interna. Este instrumento resume las fortalezas y debilidades más importantes del objeto de estudio. Se elabora una lista con los factores internos claves, se les asigna una ponderación entre “0” y “1”, luego una calificación de “1” o “2” para las debilidades y “3” o “4” para las fortalezas. Finalmente se analiza el resultado de la suma de las multiplicaciones entre la ponderación de cada factor y su calificación. Comparando el resultado obtenido con la media (2,5) se establece si posee una posición interna débil o fuerte, (David, 2010).

2.2. MATRIZ DE PONDERACIÓN

La matriz de ponderación es una herramienta que permite la selección de opciones sobre la base de la priorización y aplicación de criterios. Hace posible establecer prioridades entre un conjunto de elementos para facilitar la toma de decisiones.

En primer lugar se debe plantear un objetivo claro. Luego, se deben establecer los criterios de decisión a utilizar. Se especifica el peso entre “0” y “1” de cada uno de los criterios y se califica el grado de cumplimiento de cada una de las opciones, donde “1” representa un mal cumplimiento, “2” implica un cumplimiento bueno, “3” uno muy bueno y “4” uno excelente.

Se sitúan los criterios en el eje horizontal y las opciones en el vertical. Para cada celda de la matriz de ponderación se multiplica el valor obtenido de “ponderación del criterio” por el valor de “calificación de la opción” (para cada opción). La opción que tenga puntaje más alto será la elegida (Aiteco, 2011).

2.3. BALANCE ELÉCTRICO

El objeto de realizar un balance eléctrico es conocer la carga de potencia eléctrica demandada por todos los consumidores de la instalación. Para calcular el balance eléctrico se utiliza una hoja de cálculo en la que se incluyen los siguientes datos por columnas:

1. Consumidor instalado.
2. Número total de consumidores del mismo tipo instalados.
3. Número de consumidores en servicio de un mismo tipo (n).
4. Potencia consumida por cada elemento instalado (Pce).

5. Potencia total instalada por cada tipo de consumidor (P_{ct}), se utiliza la ecuación (1) para su cálculo.

$$P_{ct} = P_{ce} * n \quad (1)$$

6. Coeficiente de utilización (K_n), definido al calcular la fracción de potencia instalada que ha de ser consumida en cada uno de los casos considerados por cada uno de los consumidores o grupo de consumidores.
7. Coeficiente de servicio y régimen (K_{sr}), representa la posible superposición de condiciones análogas de trabajo, aunque desfasadas en el tiempo. Depende del ciclo de funcionamiento y del régimen de servicio considerado.
8. Potencia demandada por cada uno de los consumidores en cada una de las situaciones de carga (P_{cs}), se utiliza la ecuación (2) para su cálculo.

$$P_{cs} = P_{ct} * K_n * K_{sr} \quad (2)$$

9. Potencia demandada total por situación, se utiliza la ecuación (3) para su cálculo.

$$\text{Potencia total demandada por situación} = \sum_{n=1}^m P_{cs} \quad (3)$$

Siendo m el número total de consumidores instalados. (Recarte, 2010)

2.4. CELDAS FOTOVOLTAICAS

La finalidad principal de los paneles solares es convertir la energía solar en energía eléctrica. Se construyen a partir de un elemento llamado silicio, el cual interviene en el proceso de transformación de energía eléctrica a partir de la luz del sol.

La radiación que puede recibir un módulo puede ser de forma directa o indirecta (es posible la producción de energía en los días nublados). La primera la forman los rayos recibidos directamente sobre la superficie. La indirecta se divide en difusa (procedente de toda la bóveda del cielo, la forman los rayos dispersos por la atmósfera) o de albedo (es la que se refleja de la superficie terrestre hacia el receptor). La suma de todas estas radiaciones recibe el nombre de radiación global.

Las células fotovoltaicas se fabrican con semiconductores. Estos son elementos que tienen una conductividad eléctrica muy pequeña, pero superior a la de un aislante. Los más utilizados son los de silicio, este es un material muy abundante y de bajo costo. La unión

P – N de los semiconductores son cargas positivas y negativas que contribuyen a la producción de corriente eléctrica, debido a una diferencia de potencial que se crea cuando se ilumina la célula.

Cuando se cortocircuita la célula (es decir, se unen las regiones P y N mediante un conductor con resistencia nula) los electrones de la región N se desplazan a través del conductor y se unen con los huecos de la región P produciendo electricidad gracias al flujo de electrones, esta corriente se mantendrá mientras la célula esté iluminada.

Las células más utilizadas son producidas en base a dos materiales:

Silicio monocristalino: Tiene una estructura cristalina uniforme y se fabrica en lingotes cilíndricos que son cortados posteriormente en finas láminas. Se utiliza considerable energía en su construcción.

Silicio policristalino: Tiene una estructura cristalina no uniforme. Se fabrica en moldes rectangulares y es más económico que el monocristalino.

2.5. CÁLCULO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA HÍBRIDA.

Un sistema híbrido se encuentra compuesto de un generador fotovoltaico y un grupo electrógeno. El cálculo de una instalación fotovoltaica híbrida contempla, al menos, los siguientes pasos:

- 2.5.1. Análisis de la instalación existente y cálculo estimado del consumo.
- 2.5.2. Selección de módulos fotovoltaicos a utilizar.
- 2.5.3. Selección de la estructura de soporte a utilizar.
- 2.5.4. Selección del inversor.

La potencia suministrada por un generador fotovoltaico iluminado es de tensión continua. Debe ser adecuadamente acondicionada para permitir el funcionamiento correcto de las cargas conectadas en el sistema.

El equipo de acondicionamiento de potencia, denominado inversor DC/AC, realiza la conversión de corriente continua a alterna cumpliendo con determinados requisitos de tensión eficaz, frecuencia, distorsión armónica de ondas de tensión y corriente, rendimiento instantáneo y medio, seguridad eléctrica, entre otros.

Por otra parte, la potencia del inversor debe estar en consonancia con la potencia del generador (Perpiñán Lamigueiro, 2012).

- 2.5.5. Configuración del sistema fotovoltaico, módulos necesarios.

Una vez escogidos los módulos y el inversor es necesario diseñar con precisión las características eléctricas de la operación del generador fotovoltaico. Para esto es necesario determinar el número de módulos en serie por cada rama eléctrica (N_s) y el número de ramas en paralelo (N_p).

El inversor está diseñado para soportar una tensión máxima en la entrada. Superarla puede conllevar la avería del equipo. Por otra parte, se define máximo punto de potencia (MPP) al máximo de la curva de potencia, de acuerdo a las curvas características de la celda fotovoltaica; al cual le corresponden valores de corriente en el máximo punto de potencia y de voltaje en el máximo punto de potencia, dicho punto es único para cada celda solar y varía conforme cambia la irradiación solar. El algoritmo de búsqueda del MPP se realiza en un rango de tensiones limitado. Para evitar pérdidas por trabajar en un punto alejado del MPP, la tensión del generador debe estar dentro de este rango.

El fabricante del inversor elige los componentes para soportar una corriente máxima admisible. En general, el inversor es capaz de auto protegerse ante valores superiores a este umbral desplazando el punto de funcionamiento del generador fuera del MPP. No obstante, el diseñador del sistema debe elegir el número de ramas en paralelo de forma que no se supere este umbral.

Dado que la potencia entregada por el generador varía con las condiciones meteorológicas, el inversor trabajará en diferentes zonas de su curva de eficiencia. Por lo tanto, una de las preguntas a responder es, ¿qué relación debe existir entre la potencia del generador fotovoltaico y el inversor?

Si esta relación es alta, el inversor trabajará con frecuencia en la región de alta eficiencia, pero a cambio es posible que deba limitar la potencia del generador para evitar superar su umbral de corriente admisible.

Con el inversor elegido, se configura el generador en diez pasos:

2.5.5.1. Se calcula la temperatura de trabajo de la célula considerando temperatura ambiente $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e irradiación 200 W/m^2 .

2.5.5.2. Teniendo en cuenta la información de la relación entre la tensión con la temperatura, se calcula la tensión de circuito abierto para la temperatura de trabajo.

2.5.5.3. Se obtiene el máximo número admisible de módulos en serie, relacionado la tensión máxima del inversor con la tensión de circuito abierto para la temperatura de trabajo.

2.5.5.4. Se compara la tensión del punto de máxima potencia con la ventana del inversor, por ende se calcula la temperatura de trabajo de la célula considerando temperatura ambiente 25°C e irradiación 1000 W/m².

2.5.5.5. Teniendo en cuenta la información de la relación de la tensión con la temperatura, se calcula la tensión de circuito abierto para la nueva temperatura de trabajo.

2.5.5.6. Suponiendo constante el factor de forma con la temperatura se obtiene la tensión en el máximo punto de potencia relacionando la tensión de una célula en el punto de máxima potencia en condiciones estándar de medida con la tensión de circuito abierto de una célula en condiciones estándar de medida.

2.5.5.7. Se calcula el número mínimo de módulos en serie adecuado al rango MPP del inversor, relacionando su mínima tensión del máximo punto de potencia con la tensión en el máximo punto de potencia calculada.

2.5.5.8. Se calcula el número máximo de módulos en serie adecuado al MPP, relacionado su máxima tensión del máximo punto de potencia con la tensión en el máximo punto de potencia calculada.

2.5.5.9. Se determina el rango de elección del número de módulos en serie en el generador.

2.5.5.10. Se calcula el número máximo de ramas en paralelo en el generador acoplado al inversor de conexión a red, relacionando la máxima corriente admisible en la entrada del inversor con la corriente de cortocircuito de un módulo en condiciones estándar de medida.

En búsqueda de una relación 1,1 que permite un buen acoplamiento entre generador e inversor, se obtiene una ventana de configuraciones del generador. Para elegir una configuración deben tenerse en cuenta diferentes aspectos (Perpiñán Lamigueiro, 2012):

- Configuración eléctrica y ubicación física de los módulos en la estructura.
- La curva de eficiencia del inversor depende de la tensión de entrada.
- Inversión y rendimiento económicos.
- Espacio disponible.
- Relación de potencias de generador e inversor.

2.5.6. Estimación de la pérdida por sombras y la producción de energía.

Las estimaciones mencionadas se realizan en base al software PVSyst, que permite diseñar instalaciones fotovoltaicas.

Esta herramienta permite el estudio, simulación y análisis de datos de sistemas fotovoltaicos. El software permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica. También admite su diseño en 3D y tiene en cuenta la proyección de sombras debido a la simulación del movimiento del sol durante el día.

También permite el análisis económico usando precios reales de componentes, costos adicionales y las condiciones de inversión, en cualquier moneda.

2.6. DIMENSIONADO DEL CABLE

Dimensionar es determinar la sección de los conductores y, a corriente nominal, el dispositivo de protección contra sobrecorrientes.

Etapas:

1. Definir la tensión nominal del cable.
2. Determinar la corriente de proyecto.
3. Escoger el tipo de conductor y la forma de instalación.
4. Determinar la sección por el criterio de "Capacidad de Conducción de Corriente".
5. Verificar la sección por el criterio de "Corriente de cortocircuito".
6. Verificar la sección por el criterio de "Caída de tensión".
7. Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas.
8. Escoger la protección contra "Corrientes de Sobrecarga".
9. Escoger la protección contra "Corrientes de Cortocircuito".

2.7. INVERSIÓN Y COSTOS DE PRODUCCIÓN

La inversión fija total es la cantidad de dinero necesaria para construir totalmente una instalación, con sus servicios auxiliares y ubicarla en situación de poder comenzar a producir. Es básicamente la suma de valor de todos los activos, ya sean tangibles o intangibles. Los primeros se integran con la maquinaria (incluyendo la inversión para su montaje), terreno, edificios, instalaciones auxiliares; y los segundos son las patentes, conocimientos técnicos y gastos de la organización (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015), (Decker, 2015).

Con respecto a los costos de producción, estos son los gastos involucrados en mantener un proyecto, operación, o pieza de un equipo en producción.

2.8. DEPRECIACIÓN: MÉTODO DE LA LÍNEA RECTA

Depreciación significa una disminución en valor, dicha disminución aumenta a medida que crece la antigüedad del bien.

La depreciación por línea recta es el método legal usado en Argentina. En este caso, la depreciación anual es constante y resulta de la relación entre la inversión fija depreciable y los años del proyecto. Siendo la inversión fija depreciable la diferencia entre la inversión fija y el valor de reventa del bien al final de su vida útil.

2.9. CUADRO DE FUENTES Y USOS DE FONDOS

Se trata de una herramienta que muestra cuál es el origen o fuente de los fondos y cuál es su destino final. En el caso de la evaluación de la rentabilidad económica de un proyecto, se puede considerar que la inversión será afrontada en su totalidad con fondos propios o se puede utilizar fuentes de capital externas a la empresa.

2.10. RENTABILIDAD

La evaluación de la rentabilidad es uno de los principales objetivos en el análisis de proyectos de inversión y estudios de factibilidad, debido a que la aceptación o rechazo de éstos depende del resultado obtenido.

La evaluación de la rentabilidad se basa en una predicción de resultados futuros. Para llevar a cabo el análisis se utiliza el método de la Tasa Interna de Retorno (TIR) o el método del Valor Presente y, en forma complementaria, el método del Tiempo de Repago (n_R).

El método de la TIR tiene en cuenta el valor temporal del dinero invertido en el tiempo y está basado en la parte de la inversión que no ha sido recuperada al final de cada año durante la vida útil del proyecto. Se establece la tasa de interés que debería aplicarse anualmente al flujo de caja de tal manera que la inversión original sea reducida a cero (o al valor residual más terreno más capital de trabajo) durante la vida útil del proyecto (o al valor residual más terreno más capital de trabajo) durante la vida útil del proyecto. Por lo tanto, la tasa de retorno que se obtiene por este método es equivalente a la máxima tasa de interés que podría pagarse para obtener el dinero necesario para financiar la inversión y tenerla totalmente paga al final de la vida útil del proyecto.

El método de Valor Presente (VP) compara los valores presentes de todos los flujos de caja con la inversión original. Supone igualdad de oportunidades para la reinversión de los flujos de caja a una tasa de interés asignada previamente. Conceptualmente, el valor presente es la cantidad de dinero requerida al comienzo del proyecto, además de la inversión

total, que invertida a una tasa de interés preasignada, pueda producir ingresos iguales a, y al mismo tiempo que, los flujos de caja del proyecto. Se puede afirmar que, si el valor presente de los flujos de caja es mayor que el valor de la inversión total, entonces el proyecto es aceptable. Es decir, este método plantea que el proyecto debe aceptarse cuando su VP es superior a cero, ya que indica que genera ese monto de dinero remanente sobre lo mínimo exigido, y si fuese menor a cero se debe rechazar, ya que esa es la cantidad de dinero faltante para que el proyecto reditúe lo exigido por el inversionista.

El tiempo de repago se define como el mínimo período de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión fija depreciable en forma de flujo de caja del proyecto (Zugarramundi & Parín, 2008).

2.11. MARCO LEGAL

En Argentina, la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) es la entidad encargada de fomentar el estudio y el desarrollo de todos los campos de la Electrotecnia. Entre sus propósitos se incluye dictar y publicar documentos normativos vinculados a la electrotécnica, en particular los concernientes al diseño, construcción, verificación y mantenimiento de instalaciones eléctricas, y la certificación de instalaciones eléctricas y de personas; conforme a los principios del desarrollo sustentable, haciendo foco en la preservación del medio ambiente y fomentando el bienestar cultural y social.

La Prefectura Naval Argentina, autoridad marítima, se encarga de los reglamentos que derivan de las leyes y de los convenios internacionales, promueve su actualización y enmiendas y dicta las restantes disposiciones y ordenanzas que constituyen en conjunto el complejo normativo conocido genéricamente como ordenamiento administrativo de la navegación o Reglamentación Marítima.

En el presente trabajo final se utilizó la Norma AEA 90364-7-771 “Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles - Viviendas, Oficinas y Locales (Unitarios)” (AEA, 2006).

Esto se debe a que la Norma AEA 90364-7-712 “Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas de paneles solares fotovoltaicos” es una norma en estudio al día de la fecha. Dicha norma se encuentra en desarrollo utilizando como referencia las siguientes normas internacionales, con lo cual se han de considerar para la ejecución del trabajo final.

- Normativa de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), CEI 60364-7-712 “Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica” (CEI, 2006).

- Normativa del Ministerio de Ciencia y Tecnología de España, ITC-BT-40 “Instrucciones técnicas complementarias del reglamento electrotécnico de baja tensión” (ITC, 2002).

Con respecto a la autoridad marítima, durante el desarrollo del trabajo final se utilizan las siguientes normas:

- Ordenanza N° 1/08 (DPSN) “Régimen Técnico del buque”, se consideraron las medidas sobre la seguridad de la navegación y las protecciones a instalar con respecto a la instalación eléctrica (Prefectura Naval Argentina, 2008).
- Ordenanza N° 3/02 (DPSN) “Régimen Técnico del buque”, se consideraron aquellas normas de construcción para buques y artefactos navales, definiendo al acero galvanizado para la elaboración de la estructura de soporte y al acero inoxidable para sus elementos de fijación. A su vez, indica que toda modificación respecto del prototipo aprobado que implique variar cualquiera de los datos o valores incluidos en los elementos técnicos de juicio o el Certificado de Aprobación de Prototipo, deberá ser puesta inmediatamente en conocimiento de la Prefectura (Prefectura Naval Argentina, 2002).
- Ordenanza Marítima N° 1/97 “Normas para el pintado y signos identificatorios de los buques pesqueros”, se consideraron aquellas normas que rigen el esquema de pintado de los buques costeros lejanos. El número de matrícula se inscribirá en la timonera, sobre ambas bandas y sobre el techo (Prefectura Naval Argentina, 1997).
- Ordenanza Marítima N° 1/81 “Normas Relativas a la fuente de energía eléctrica principal y al tablero eléctrico principal de los buques y artefactos navales”, se consideraron aquellas normas que intervengan en la ubicación de la instalación, su relación con el régimen operacional del buque y protecciones a instalar (Prefectura Naval Argentina, 1981).
- Ordenanza Marítima N° 2/81 “Máximos alejamientos y tiempos de ausencia para pesqueros marítimos costeros y de rada 0 ría”. Define que las embarcaciones de pesca costera lejana (buques con eslora de arqueado mayor de 15 metros, con cubierta y cierres de escotilla adecuados) poseen un máximo alejamiento de 180 millas náuticas debido a las condiciones estructurales del casco y su estanqueidad, estabilidad y su altura de seguridad, así como por su equipo de comunicaciones. Además el máximo alejamiento desde el lugar de origen establecido debe ser compatible con

la distancia a la costa, de manera que, durante la navegación si está al mando de un patrón de pesca costera no podrá alejarse de la costa a una distancia superior a 30 millas náuticas. Mientras que si está al mando de un patrón de pesca de segunda, el máximo alejamiento de la costa podrá ser de hasta 100 millas náuticas (Prefectura Naval Argentina, 1981).

3. DESARROLLO

3.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ELÉCTRICA

Para realizar el presente trabajo se contó con la coparticipación del Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A. (Anexo 8). Se utilizará como referencia el plano y el equipamiento de la embarcación pesquera costera lejana “Padre Pío”. Este buque pesquero fue construido por dicho astillero, ubicado en el puerto de la ciudad de Mar del Plata.

Las embarcaciones costeras representan el 15,3 % de la flota pesquera del puerto de Mar del Plata (Consortio Portuario Regional Mar del Plata, 2012). Además, según el informe de Coyuntura de Diciembre de 2015, este tipo de embarcaciones presentaron 103.819,7 toneladas de captura en el año, constituyendo el 13,8 % del total de capturas a nivel nacional. Cabe destacar que el puerto de Mar del Plata tuvo una participación del 54,9 % en el total de capturas del país.

La rentabilidad económica de la operación de una embarcación pesquera está íntimamente ligada al consumo energético del mismo. Estas embarcaciones se encuentran equipadas con una capacidad de generación energética suficiente para satisfacer las necesidades de propulsión, operación pesquera y abastecimiento de los equipos destinados a cubrir los servicios del buque.

La planta eléctrica está compuesta por grupos generadores, cuadro principal, elementos de protección de generadores y consumidores, red de distribución y acumuladores, generador de emergencia y consumidores.

La demanda mínima de potencia eléctrica es relevante para el caso de estudio. Un consumo de electricidad menor a la generación de energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas implicará la necesidad de acumulación de la misma.

La necesidad de almacenar energía conlleva tres principales inconvenientes. En primer lugar, el elevado precio de las baterías afectaría de manera significativa el rendimiento económico del proyecto. En segundo lugar, estos acumuladores de energía poseen una elevada densidad, por lo que se adicionaría un exceso de peso significativamente mayor al de los paneles fotovoltaicos que podría alterar la estabilidad y la operación habitual de la embarcación. Por último, el mantenimiento del sistema de baterías implicaría capacitación extra para los operadores del buque, y sus costos asociados.

3.1.1. Especificaciones técnicas de la instalación eléctrica

Del estudio en conjunto con personal del Astillero Naval Federico Contessi y Cía S.A., pudo determinarse que la planta generadora está compuesta por dos alternadores de 80 kVA, 380 V, 50 Hz, marca Cramaco, modelo G2R 200 MB/4 del tipo sincrónico. Estos alternadores están acoplados a los motores auxiliares diésel Cummins modelo 6CTA 8.3-M (JW).

La distribución de los alternadores que alimentan a barra es la siguiente. El alternador N°1 está alimentando a la barra N°1; el alternador N°2 y el servicio de toma a tierra se encuentran alimentando a la barra N°2 y están enclavados entre sí eléctricamente.

Estos alternadores proveen 380V trifásicos para fuerza motriz destinada a servicios esenciales y 220V para iluminación normal en casillaje, timonera y cubierta (reflectores).

En condiciones normales de funcionamiento, es decir con tensión en barra, la iluminación normal como así también las luces de pesca e iluminación de bodega son alimentadas por medio de un rectificador 220V/24V. En caso de emergencia, es decir sin tensión en barras, la iluminación normal de 24VCC y las luces de navegación se alimentan de dos grupos de baterías de 24V y 200Ah que se mantienen cargados por medio de un cargador estático autorregulado de carga flote.

La iluminación de emergencia entra en servicio en forma automática.

Los equipos de comunicaciones reglamentarios se alimentan por medio de dos grupos de baterías de 12V y 200Ah y se mantienen cargados por un cargador estático autorregulado de carga flote. Para los equipos no reglamentarios se instaló una fuente autorregulada de 220V/12V.

Para el arranque de los motores diésel la embarcación cuenta con tres grupos independientes, uno de 24V y 200A para el motor propulsor, y dos de 24V y 180A para los motores auxiliares. Estos grupos son exclusivos para arranque. Los tres motores poseen alternadores de carga independientes (provistos de fábrica en los motores).

La protección de los alternadores es a través de interruptores automáticos con protección electrónica del tipo STR22GE Merlin Gerin, y los motores por medio de guardamotors magnetos térmicos, relevos térmicos e interruptores electromagnéticos. Tanto los tableros como los motores cuentan con una protección IP 44 (contra goteo y chorro de agua).

Los pasajes de mamparos a compartimientos estancos, cuarto de timón, bodega y exterior se encuentran con prensa cables de bronce.

Los conductores serán de cobre electrolítico recocido, con vaina exterior de PC (marca Pirelli-Afumex y Cimet-Zerotox) y el tendido de los mismos se realiza a través de bandejas y caños pasa cables.

La Figura 2 representa el esquema básico de la instalación eléctrica correspondiente a la situación actual del buque “Padre Pío”.

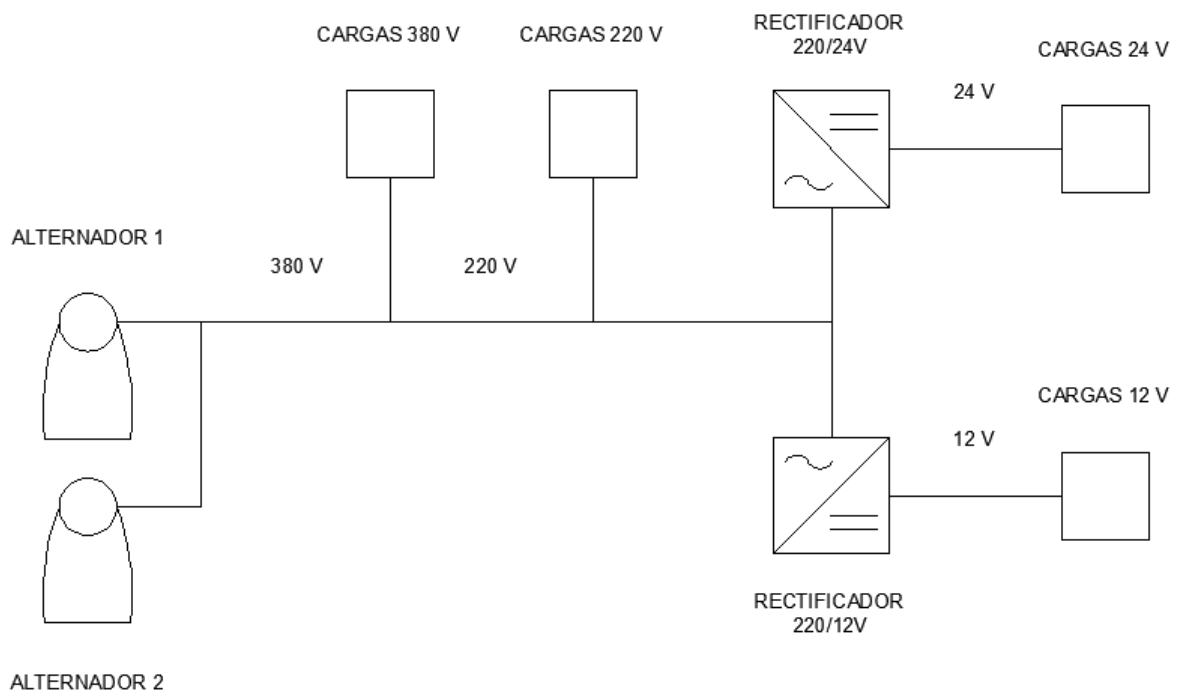


Figura 2: Esquema básico de la instalación eléctrica, situación actual del buque “Padre Pío”.
Fuente: Elaboración propia en base a (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

3.1.2. Análisis de situación actual: consumos

Como las necesidades de energía eléctrica son muy dependientes de la situación de operación, se realiza el balance eléctrico del buque “Padre Pío”, en el que se estudia el conjunto de necesidades energéticas en las condiciones de operación habituales. En la Tabla 5 se describen los consumidores del buque pesquero, los cuales son utilizados en la realización del balance eléctrico. La Tabla 5 fue construida en base las especificaciones técnicas del buque Padre Pío (Anexo 1) y se complementó con información suministrada mediante entrevistas con el personal del Astillero Naval Federico Contessi y Cía S.A.

Aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana.

Denominación Equipo	N° Elemento		Cos _{ph}	Pce _{ph} [kW]	Pct _{ph} [kW]
	Instalados	En Servicio			
Bomba de chiqueo incendio	1	1	0,70	3,00	2,10
Bomba de chiqueo	1	1	0,80	3,00	2,40
Bomba de circuito eléctrico	1	1	0,80	2,20	1,76
Bomba de enfriador de agua	1	1	0,80	2,20	1,76
Bomba de purificadora de combustible	1	1	0,80	1,49	1,19
Bomba de sanitarios	1	1	0,80	2,20	1,76
Bomba de extracción de aceite de motores	1	1	0,80	1,10	0,88
Bomba hidráulica de planta	1	1	0,80	12,00	9,60
Bomba de trasvase de combustible	1	1	0,80	2,20	1,76
Bombas de agua dulce de balada	3	3	0,82	1,10	0,90
Cargador de baterías 24V	1	1	0,60	0,30	0,18
Cargador de baterías 24V	1	1	0,60	1,40	0,84
Cocina	1	1	0,80	12,00	9,60
Compresor de aire	1	1	0,80	0,75	0,60
Electrobomba	1	1	0,80	2,20	1,76
Electropac	1	1	0,60	1,50	0,90
Extractor de grasa de máquinas	3	3	0,80	1,10	0,88
Forzadores centrífugos	2	2	0,80	2,20	1,76
Freezer	1	1	0,80	0,50	0,40
GPS	1	1	0,80	0,20	0,20
Heladera	1	1	0,80	0,50	0,40
Purificadora	1	1	0,80	1,10	0,88
Luz máquina 1	1	1	0,60	0,36	0,22
Luz máquina 2	1	1	0,60	0,32	0,19
Rectif. de luces nav/bod/pes	1	1	0,80	1,50	1,20
Secadero de ropa	1	1	1,00	4,00	4,00
Sonda de red de pesca	1	1	0,80	5,50	4,40
Tablero de asillaje	1	1	0,82	6,00	4,92
Tablero de equipo frigorífico (Máquina frigorífica)	1	1	0,75	12,00	9,00
Tablero de pañol proa	1	1	0,70	0,16	0,11
Tablero de planta	1	1	0,82	5,00	4,10
Tablero de imonera	1	1	0,80	6,53	5,22
Termotanque	1	1	1,00	1,50	1,50
Tomas de 380V de balada de máquinas	2	2	0,80	3,00	2,40

Tabla 5: Descripción de los consumidores de la embarcación pesquera.

Fuente: Elaboración propia en base a (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015) , Anexo 1 y Anexo 8.

Se definen las siguientes condiciones de operación del buque, entre las cuales se estima encontrar diferencias significativas de consumo eléctrico:

- Pesca nocturna (S1): En esta situación el consumo de energía eléctrica es requerido para los consumidores que afectan a los servicios normales del buque en horario nocturno, adicionando los consumidores destinados para las labores de pesca.

- Pesca diurna (S2): En esta situación el consumo de energía eléctrica es requerido para los consumidores que afectan a los servicios normales del buque en horario diurno, adicionando los consumidores destinados para las labores de pesca.
- Navegación nocturna (S3): En esta situación el consumo de energía eléctrica es requerido para los consumidores que afectan a los servicios normales del buque en horario nocturno, sin ser necesarios los consumidores destinados para las labores de pesca.
- Navegación diurna (S4): En esta situación el consumo de energía eléctrica es requerido para los consumidores que afectan a los servicios normales del buque en horario diurno, sin ser necesarios los consumidores destinados para las labores de pesca.
- Puerto (S5): En esta situación el consumo de energía eléctrica es requerido para los consumidores que funcionan normalmente en la condición de puerto más todos los consumidores que participan en el manejo, conservación y descarga de la pesca.

Con el objeto de conocer la carga de potencia eléctrica demandada por el conjunto de todos los consumidores se realizará el balance eléctrico del buque “Padre Pío”. Dicho balance se calculará mediante el método clásico que permite, además de estimar con precisión la potencia consumida para distintas situaciones, disponer de una relación detallada de los equipos del buque.

En la Tabla 6 y en la Tabla 7 se presenta el balance eléctrico del buque “Padre Pío”, consiste en tablas de doble entrada, donde los distintos consumidores se disponen en las filas y, las diferentes características, modos de operación y resultados en las columnas.

En la sección 2.3 del Marco Teórico del presente trabajo, se muestra la metodología utilizada para realizar el balance eléctrico. Además, en el

Anexo 2 se muestra a modo de ejemplo el cálculo de un consumidor del balance eléctrico.

Denominación Equipo	Kn					Ksr				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
Bomba de incendio	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Bomba de achique	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Bomba de circuito eléctrico	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Bomba de enfriador de quince	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Bomba de purificadora de combustible	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0
Bomba de sanitarios	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Bomba de extracción de aceite de motores	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0
Bomba hidráulica de planta	0,7	0,7	0,0	0,0	0,7	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
Bomba de trasvase de combustible	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Bombas de agua dulce de salada	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0
Cargador de baterías 12V	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Cargador de baterías 24V	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Cocina	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
Compresor de aire	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Electrobomba	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Electropac	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Extractor de sal de máquinas	0,6	0,6	0,2	0,2	0,1	0,8	0,8	0,4	0,4	0,2
Forzadores de centrifugos	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Freezer	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
GPS	0,6	0,6	0,8	0,8	0,2	0,6	0,6	0,8	0,8	0,2
Heladera	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Purificadora	0,6	0,6	0,8	0,8	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,2
Luz máquina 1	1,0	0,3	1,0	0,3	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Luz máquina 2	1,0	0,3	1,0	0,3	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Rectif. de luces nav/bod/pes	0,8	0,3	0,7	0,2	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Secadero de ropa	0,6	0,6	0,2	0,2	0,1	0,8	0,8	0,4	0,4	0,3
Sonda de red de pesca	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0
Tablero de asillaje	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Tablero de equipo frigorífico (Máquina frigorífica)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
Tablero de paño de proa	0,6	0,6	0,2	0,2	0,1	0,8	0,8	0,4	0,4	0,2
Tablero de planta	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Tablero de timonera	0,8	0,8	1,0	1,0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,0	0,4
Termotanque	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
Tomas de 380V de sala de máquinas	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2

Tabla 6: Balance eléctrico para el buque “Padre Pío”, factores por condiciones de operación.
Fuente: Elaboración propia en base a (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

Aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana.

Denominación Equipo	Potencia demandada [kW]				
	S1	S2	S3	S4	S5
Bomba de incendio	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Bomba de achique	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
Bomba de circuito eléctrico	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Bomba de enfriador de quince	1,41	1,41	0,70	0,70	1,41
Bomba de purificador de combustible	1,19	1,19	1,19	1,19	0,00
Bomba de sanitarios	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Bomba de extracción de aceites motores	0,70	0,70	0,70	0,70	0,00
Bomba hidráulica de planta	8,40	8,40	0,00	0,00	8,40
Bomba de trasvase de combustible	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Bombas de agua dulce y salada	1,32	1,32	1,32	1,32	0,00
Cargador de baterías 12V	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cargador de baterías 24V	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Cocina	3,84	3,84	3,84	3,84	1,80
Compresor de aire	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Electrobomba	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Electropac	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Extractor de sala de máquinas	1,58	1,58	0,26	0,26	0,07
Forzadores centrífugos	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
Freezer	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30
GPS	0,07	0,07	0,13	0,13	0,01
Heladera	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30
Purificadora	0,53	0,53	0,70	0,70	0,04
Luz máquina 1	0,36	0,11	0,36	0,11	0,18
Luz máquina 2	0,32	0,10	0,32	0,10	0,16
Rectif. de luces nav/bod/pes	1,20	0,45	1,05	0,30	0,75
Secadero de ropa	1,80	1,80	0,28	0,28	0,10
Sonda de red de pesca	1,32	1,32	1,32	1,32	0,00
Tablero de casillaje	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Tablero de equipo frigorífico (Máquina frigorífica)	5,40	5,40	5,76	5,76	5,04
Tablero de paño de proa	0,08	0,08	0,01	0,01	0,00
Tablero de planta	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tablero de timonera	4,18	4,18	6,53	6,53	1,04
Termotanque	1,20	1,20	1,20	1,20	0,48
Tomas de 380V de sala de máquinas	2,16	2,16	0,24	0,24	0,24
Total	56,77	55,55	45,64	44,41	39,23

Tabla 7: Balance eléctrico para el buque "Padre Pío", potencia demandada por condiciones de operación.

Fuente: Elaboración propia en base a (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

Como se puede observar, ningún consumidor es independiente para alguna situación específica, en cambio, se utilizan todos los equipos pero en distintas proporciones adecuadas por factores según el caso.

Se desea obtener la demanda de la mínima potencia. Es decir, la potencia en aquella condición del buque que requiera menor energía. De esta manera, satisfaciendo el consumo instantáneo mínimo obtenido no habrá excedente de energía para almacenar evitando todos los inconvenientes que conlleva esta situación.

La situación de "Puerto" resulta ser la situación de mínimo consumo eléctrico. Cabe destacar que si bien el buque es conectado a la red eléctrica una vez anclado en el puerto, el uso de los paneles solares reducirá la energía demandada a la red. No se desea una generación de energía eléctrica mayor al consumo en la situación "Puerto" debido a que en Argentina no existe una ley aprobada de balance neto (que prevea el volcado de energía a la red).

Por lo tanto, el sistema fotovoltaico se diseñará con una potencia máxima de 39,23 kW y con una potencia mínima capaz de cargar en el transcurso de un día de generación solar los dos grupos de baterías de 12 V y 200 Ah que alimentan los sistemas de comunicación en situación de catástrofe.

3.2. PROPUESTA DE MEJORA: DISEÑO DEL SISTEMA

3.2.1. Esquema básico de la instalación

La Figura 3 representa el esquema básico de la instalación eléctrica diseñado en conjunto con el astillero y correspondiente a la situación propuesta de mejora del buque “Padre Pío”. El cuál está compuesto por el generador fotovoltaico y un inversor trifásico que alimentan la red eléctrica del buque.

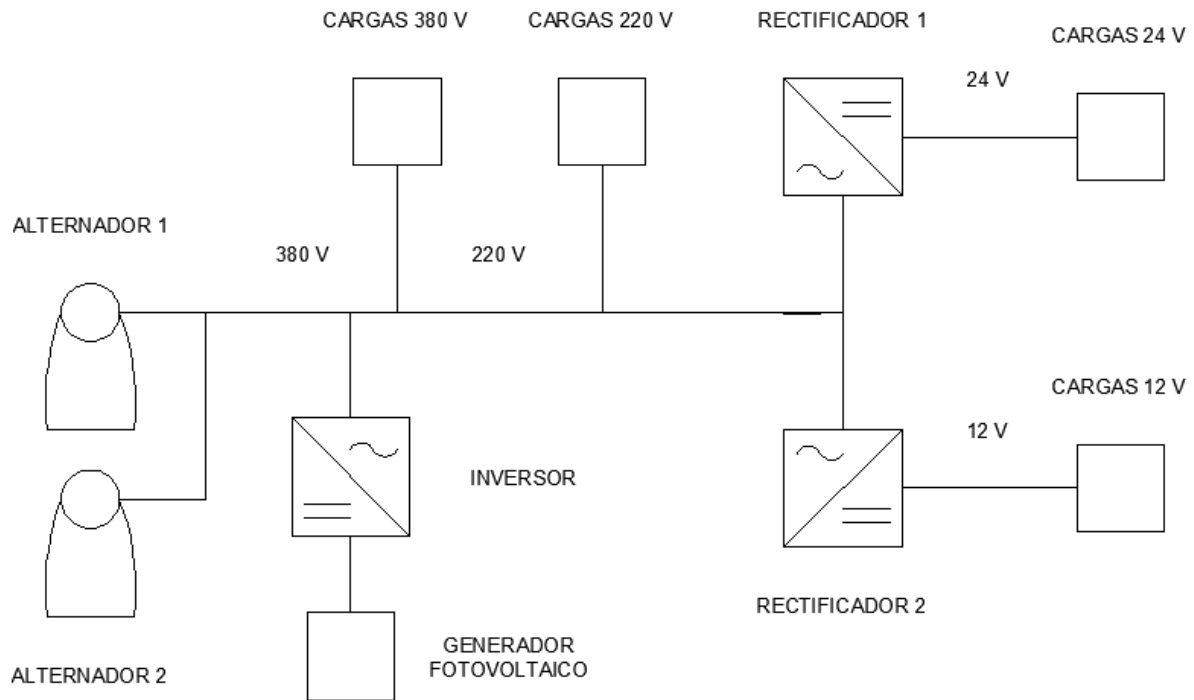


Figura 3: Esquema básico de la instalación eléctrica, situación propuesta de mejora del buque “Padre Pío”.

Fuente: Elaboración propia en base a (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

3.2.2. Dimensionamiento de la instalación

Se busca que la curva de generación eléctrica de las células fotovoltaicas siempre se encuentre por debajo de la curva de consumo eléctrico del buque. Es decir, el máximo de la curva de generación de energía eléctrica de las celdas fotovoltaicas será menor o igual a 39,23 kW, como se observa en la Tabla 7. De esta forma, no será necesario el almacenamiento de energía.

Por otra parte, se busca que el sistema fotovoltaico cargue completamente los dos grupos de baterías que alimentan el sistema de comunicación en un máximo de 6 h. Ambos grupos de baterías en conjunto requieren de 4.800 Wh, por lo tanto para cumplir con objetivo se requiere de una potencia mínima de 800 W.

3.2.3. Selección de celdas fotovoltaicas

Se realiza un análisis de los distintos tipos y modelos de celdas fotovoltaicas con el fin de seleccionar las idóneas para ser instaladas en la embarcación pesquera.

Una primera selección constó de seis paneles fotovoltaicos entre los disponibles en el mercado. Los mismos son enumerados a continuación y sus características más importantes se describen en la Tabla 8.

- A. Astroenergy - ASM6610P
- B. SolarWorld - SW 285
- C. Topoint - JTM 190-72M
- D. Sonali Solar - SS 300 Series
- E. LG - 300N1C-G3
- F. ReneSola - Virtus II JC250M

En la Tabla 9 se muestra la matriz de ponderación para la elección de las celdas fotovoltaicas a utilizar. En el desarrollo de la matriz, se asignó mayor peso relativo a aquellos factores que influyen directamente en la rentabilidad del proyecto.

Los criterios utilizados para la elección son los siguientes:

1. Costo promedio por Watt obtenido [US\$/W]: A fines de aumentar la rentabilidad del proyecto prevalecerán las alternativas de menor costo promedio por Watt obtenido.
2. Densidad de potencia promedio [W/m²]: A fines de mejorar la factibilidad del proyecto, prevalecerán las alternativas con mayor densidad de potencia promedio.
3. Peso promedio del panel por Watt obtenido [kg/W]: Al tratarse de embarcaciones de pesca, el peso de la celda no deberá influir significativamente en el centro de gravedad de la embarcación, por lo tanto predominarán las alternativas con menor peso promedio de la celda por Watt obtenido.
4. Desempeño año 25 [%]: Con el objetivo de que el proyecto sea sostenible se considera el desempeño de la celda al año 25 de acuerdo a la garantía de rendimiento del proveedor.
5. Coeficiente de temperatura de potencia (Pmpp) [%/°C]: Indica la pérdida porcentual de potencia de salida del panel por cada grado por encima de los 25°C que aumenta la temperatura de las células del módulo. Se priorizarán aquellas alternativas que posean menor Pmpp, comparándolas en valor absoluto.

Aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana.

N°	Potencia [W]	Eficiencia [%]	Pmpp [%/°C]	Desempeño año 25 [%]	Dimensiones [mm]	Área [m ²]	Peso [kg]	Costo unitario [US\$/unidad]	Costo/Potencia [US\$/W]	Densidad de potencia [W/m ²]	Peso/Watt [kg/W]
A	260	15,98	-0,420	80,20	1654x989x40	1,636	18,2	250	0,962	158,943	0,070
B	285	17,00	-0,410	83,80	1675x1001x33	1,677	18,0	300	1,053	169,979	0,063
C	190	14,90	-0,439	80,00	1580x808x35	1,277	15,5	180	0,947	148,828	0,082
D	300	15,60	-0,450	80,00	1954x981x40	1,917	21,0	247	0,823	156,505	0,070
E	300	18,30	-0,420	80,20	1640x1000x35	1,640	16,8	410	1,367	182,927	0,056
F	250	15,40	-0,400	80,00	1640x992x40	1,627	19,0	205	0,820	153,668	0,076

Tabla 8: Características de los celdas fotovoltaicas.

Fuente: Elaboración propia en base a especificaciones técnicas.

CRITERIO	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN					
		A. Astroenergy Solar	B. SolarWorld	C. Topoint	D. Sonali Solar	E. LG	F. ReneSola
		ASM6610P	SW 285	JTM 190-72M	SS 300 Series	300N1C-G3	Virtus II JC250M
1.- Costo/Potencia [US\$/W]	0,35	3	2	3	4	1	4
2.- Densidad de potencia [W/m ²]	0,30	2	3	1	2	4	2
3.- Peso/Potencia [kg/W]	0,05	3	2	4	3	1	4
4.- Desempeño año 25 [%]	0,15	2	4	2	2	2	2
5.- Pmpp [%/°C]	0,15	3	4	2	1	3	4
TOTAL	1,00	2,55	2,90	2,15	2,60	2,35	3,10

Tabla 9: Matriz de ponderación, selección de celdas fotovoltaicas.

Fuente: Elaboración propia en base a especificaciones técnicas.

De acuerdo con el método utilizado, las celdas fotovoltaicas adecuadas para desarrollar el proyecto en embarcaciones corresponden a la alternativa F (ReneSola - Virtus II JC250M) por haber obtenido una calificación total ponderada de 3,1 siendo el mayor puntaje de las seis alternativas evaluadas. Las especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo 3.

3.2.4. Ubicación de las celdas fotovoltaicas en la embarcación.

La cantidad y ubicación de los paneles solares a instalar estará condicionada por el espacio disponible para su instalación. Es prioridad máxima para este punto no afectar las condiciones habituales de operación del buque (Prefectura Naval Argentina, 1981).

Un análisis realizado junto al personal del Astillero Contessi para estudiar la ubicación de las celdas fotovoltaicas, tuvo en cuenta entre otros aspectos, el plano del buque, el espacio requerido para la operación pesquera, el espacio requerido para el almacenamiento de materiales y mercadería, el acceso a la bodega, el espacio requerido para la circulación del personal, y la orientación de las celdas fotovoltaicas.

Es importante destacar que durante la navegación y operación del buque las capturas ingresan por una rampa en popa a un pozo de acero inoxidable y desde allí se las trasporta hasta la planta techada y aislada donde el pescado será encajonado para luego guardarlo en la bodega refrigerada. Los guinches de pesca son individuales, tipo split y también se encuentran bajo la cubierta superior, con lo cual toda la maniobra y manipuleo del pescado se realiza bajo techo, a resguardo de la intemperie y golpes de mar, asegurando la seguridad en el mar de la tripulación. (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

A su vez, se entrevistó al capitán de barco Eduardo Lacalle y al empresario pesquero y ex capitán de embarcaciones pesqueras Sebastián Agliano con el fin de relevar las condiciones de operación del buque en las situaciones analizadas. De las entrevistas con los especialistas se puede concluir que, si bien la cubierta superior de este prototipo de buques no se utiliza en las operaciones de navegación y pesca, ya que toda la manipulación de la pesca se produce bajo cubierta, se recomienda dejar libre de obstáculos el espacio lateral a los distintos accesos a bodegas para no dificultar las operaciones de carga y descarga de la embarcación en el puerto, como también el armado y acopio de redes.

En consecuencia, se concluyó que la ubicación para las celdas fotovoltaicas se encuentra sobre la cubierta principal, en el sector más cercano a proa, y por encima de la cabina, como se muestra en la Figura 4 en color aguamarina. Estas áreas poseen una superficie disponible para los paneles solares de aproximadamente 30 m² y 15 m², respectivamente.

Si bien la orientación del buque es importante para definir el ángulo de inclinación con el que se instalarán los paneles, el mismo será nulo, es decir los módulos se instalarán horizontalmente. Esto se debe a que en el momento que el barco se encuentra en el mar, la orientación que tendrá es impredecible debido a que este varía su destino en función a las posibilidades de pesca. De esta manera, la orientación del buque incidirá equivalentemente en la radiación que reciben los paneles en cualquier horario del día. Asimismo, la disposición de los módulos fotovoltaicos evita generar una resistencia al movimiento del buque actuando como vela.

Una vez seleccionados los módulos y conociendo las dimensiones disponibles del buque para la instalación de los mismos, se procede a tratar los distintos arreglos de módulos para obtener la potencia del generador propuesta.

En la Figura 5 se muestra la ubicación aproximada de los paneles solares en el buque pesquero. Conociendo el área disponible y las dimensiones de los paneles a instalar, se buscó maximizar el número de paneles evitando obstaculizar los pasillos, los accesos a la bodega y las actividades en la situación de puerto sobre la cubierta principal.

De esta manera, se realizará el análisis de factibilidad consiguiente para la instalación de veintitrés módulos fotovoltaicos de 250 W.

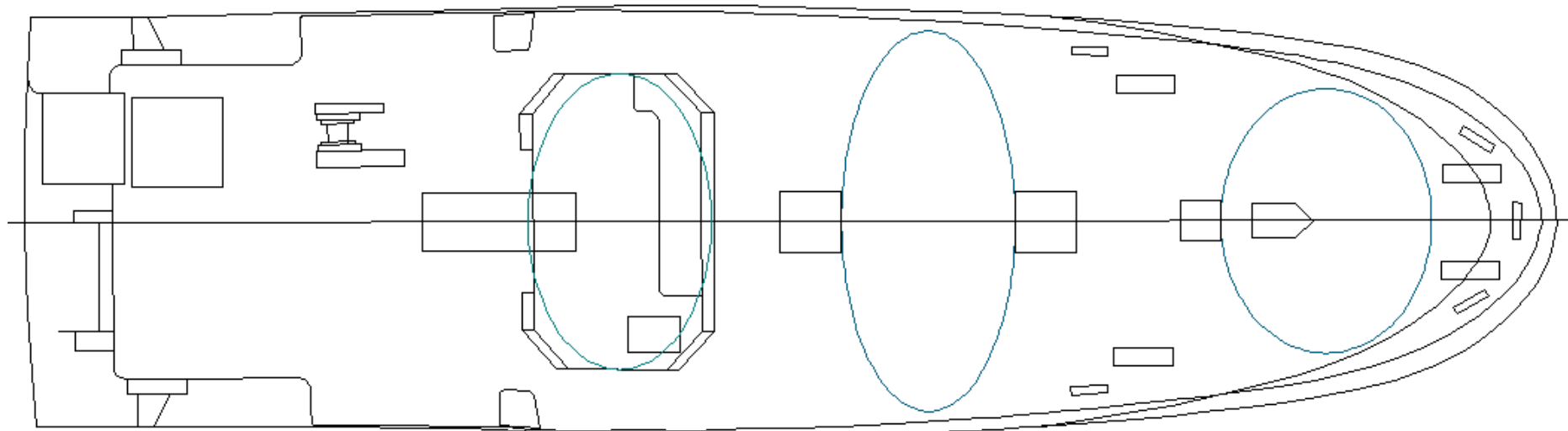


Figura 4: Área disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos, vista frontal.
Fuente: Elaboración propia en base a (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

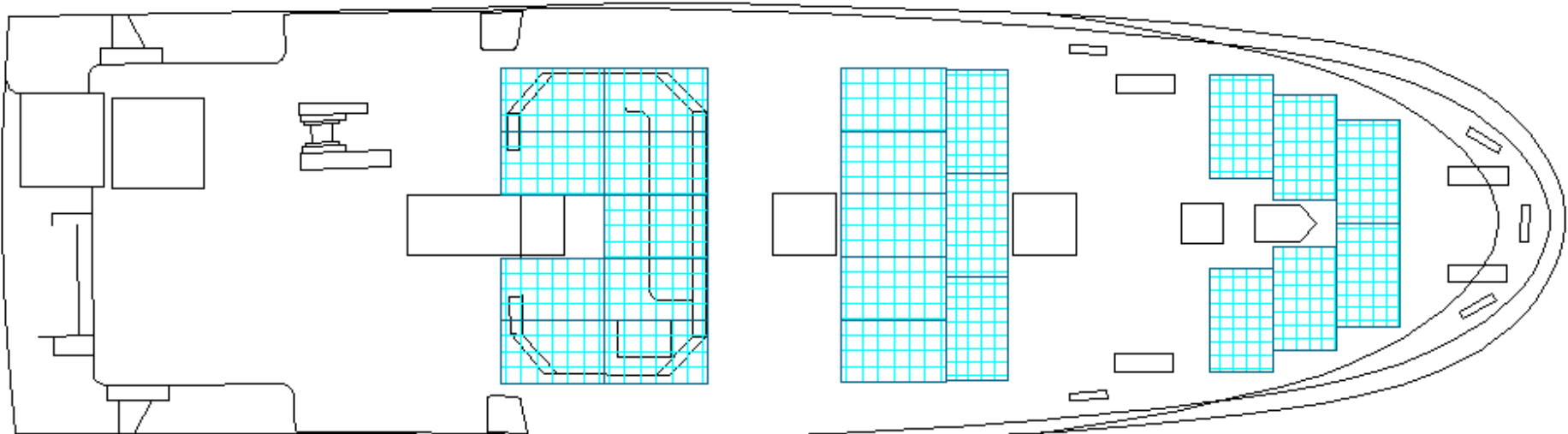


Figura 5: Disposición aproximada de los módulos fotovoltaicos, vista frontal.
Fuente: Elaboración propia en base a (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

3.2.5. Selección del inversor

Teniendo en cuenta que la potencia suministrada por el generador fotovoltaico iluminado es de tensión continua, la misma debe ser adecuadamente acondicionada para permitir el funcionamiento correcto de las cargas conectadas.

La elección del mismo es de suma importancia para el rendimiento del sistema, por lo tanto debe elegirse un inversor con una curva de eficiencia acorde a la potencia del generador fotovoltaico, definida como la relación entre la potencia suministrada a la red eléctrica y la potencia de entrada proveniente del generador eléctrico.

Realizando un relevamiento de inversores en marcas comerciales y buscando que corresponda al mismo proveedor que los paneles solares para que el dimensionado de ambos elementos sea compatible y economizar dinero en operaciones de mantenimiento e incluso valerse de posibles ofertas, se escoge el modelo ReneSola - Replus 5000TL3EL. Cuya especificación técnica se encuentra en el Anexo 4.

3.2.6. Configuración

Una vez escogidos los módulos y el inversor es necesario diseñar con precisión las características eléctricas de la operación del generador fotovoltaico. Para esto es necesario determinar el número de módulos en serie por cada rama eléctrica (N_s) y el número de ramas en paralelo (N_p). En la Tabla 10 y en la Tabla 11 se presentan las características principales tanto del módulo como del inversor ReneSola.

Módulo FV	
ReneSola Virtus II C250M-24/Bb	
P_{mpp} [W]	250
V_{mpp} [V]	30,10
I_{mpp} [A]	8,31
V_{ocM^*} [V]	37,40
I_{sc}^* [A]	8,83
Células Serie	60
Coef $\frac{\Delta V}{\Delta T}$ [V/°C]	-0,0030

Tabla 10: Características principales del módulo ReneSola – Virtus II JC250M.
Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 3.

Siendo:

P_{mpp} : potencia máxima de una célula; V_{mpp} : tensión de una célula en el punto de máxima potencia; I_{mpp} : corriente de una célula en el punto de máxima potencia; V_{ocM^*} : tensión de circuito abierto del módulo en condiciones estándar de medida; I_{sc}^* : corriente de cortocircuito de una célula en condiciones estándar de medida; Células Serie: cantidad de

células fotovoltaicas en serie; Coef VT: coeficiente de temperatura del voltaje de circuito abierto.

Inversor ²	
ReneSola ² RePlus 5000TL3EL	
$I_{max,inv}$ [A]	11
$V_{max-mpp,inv}$ [V]	800
$V_{min-mpp,inv}$ [V]	200
P_{inv} [W]	5000
Nº de Entradas MPPT	2

Tabla 11: Características principales del inversor ReneSola – RePlus 5000TL3EL.
Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 4.

Siendo:

$I_{max,inv}$: máxima corriente admisible en la entrada de un inversor; $V_{max-mpp,inv}$ - $V_{min-mpp,inv}$: rango de tensiones máximas admisibles de entrada de un inversor; P_{inv} : potencia nominal del inversor; Nº de entradas MPPT: cantidad de entradas disponibles con rastreador del máximo punto de potencia.

Conocidos estos datos se obtienen los rangos máximos de los módulos en serie para que el inversor pueda operar en la zona de voltajes de *Maximum Power Point*³ y con esto, un número de ramas en paralelo que no superen la corriente máxima del inversor.

Con respecto a la segunda condición, se puede observar que si bien la relación entre la corriente de cortocircuito del módulo escogido y la corriente admisible del inversor seleccionado no permitirían conectar módulos en paralelo, el inversor posee dos entradas para conexiones de corriente continua con lo cual se pueden considerar dos circuitos independientes y de menor cantidad de paneles que también operen en la zona deseada.

A su vez, existe otra condición para calcular el número de módulos en serie ya que el inversor está diseñado para soportar una tensión máxima de entrada correspondiente a la tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico (que depende del número de paneles en serie y la tensión de circuito abierto del módulo). En consecuencia, se opta por el menor máximo número de paneles en serie, es decir, el que cumpla ambas condiciones.

Siguiendo este procedimiento, desarrollado en la sección 2.5.5 del Marco Teórico del presente trabajo, se detallan los resultados en la Tabla 12 y en la Tabla 13.

³ Maximum Power Point: Punto de máxima potencia.

Generador FV Inversor Replus 5000TL3EL	
NOCT	45
1. $Tc1 = Ta + G * (NOCT - 20) / 800$	
Tc1 (-10°C, 200W/m ²)	-3,75
2. $VocM1 = VocM * -2,3 \times 10^{-3} * 60 * (Tc1 - Tc^*)$	
VocM1	41,368
3. $Nsmax = Vmax,inv / VocM1$	
Nsmax	19,339
Nsmax	19
4. $Tc2 = Ta + G * (NOCT - 20) / 800$	
Tc2 (25°C, 1000W/m ²)	56,25
5. $VocM2 = VocM * -2,3 \times 10^{-3} * 60 * (Tc2 - Tc^*)$	
VocM2	33,088
6. $Vmpp / Voc = Vmpp^* / Voc^* > FF = cte$	
Vmpp	26,629
7. $Ns1 = Vmin-mpp,inv / Vmpp$	
Ns1	7,511
Ns1	8
8. $Ns2 = Vmax-mpp,inv / Vmpp$	
Ns2	30,042
Ns2	30
9. $Ns E \in [Nmin, Nsmax]$	
Ns E	[8,19]
10. $Npmax = Imax,inv / (Isc^*)$	
Np	2,492
Npmax	2

Tabla 12: Rangos máximos de módulos en serie y número de ramas en paralelo.
Fuente: Elaboración propia en base a (Perpiñán Lamigueiro, 2012).

Siendo:

NOCT: temperatura de operación nominal de la célula; Ta: temperatura ambiente; G: Irradiancia global; Tc1: temperatura de funcionamiento de una célula a -10°C y 200 W/m²; VocM1: tensión de circuito abierto del módulo para Tc1; Nsmax: máximo número admisible de módulos en serie en un inversor; Tc2: temperatura de funcionamiento de una célula a 25°C y 1000 W/m²; VocM2: tensión de circuito abierto del módulo para Tc2; FF: factor de forma de una célula; Ns1: cantidad mínima de módulos a conectar en serie para operar dentro del rango de voltajes de máxima potencia; Ns2: cantidad máxima de módulos a conectar en serie para operar dentro del rango de voltajes de máxima potencia; Ns E: rango de módulos en serie que se pueden conectar; Np: número de ramas en paralelo en un generador; Npmax: número máximo de ramas en paralelo en un generador acoplado a un inversor de conexión a red.

Ns		Np			Pg ₁ [kW]	FD	
8	OK	2,750	3	NO	6,00	1,20	OK
9	OK	2,444	3	NO	6,75	1,35	OK
10	OK	2,200	3	NO	7,50	1,50	NO
11	OK	2,000	2	OK	5,50	1,10	OK
12	OK	1,833	2	OK	6,00	1,20	OK
13	OK	1,692	2	OK	6,50	1,30	OK
14	OK	1,571	2	OK	7,00	1,40	OK
15	OK	1,467	2	OK	7,50	1,50	NO
16	OK	1,375	2	OK	8,00	1,60	NO
17	OK	1,294	2	OK	8,50	1,70	NO
18	OK	1,222	2	OK	9,00	1,80	NO
19	OK	1,158	2	OK	9,50	1,90	NO

Tabla 13: Cantidad de módulos en serie y número de ramas en paralelo.
Fuente: Elaboración propia en base a (Perpiñán Lamigueiro, 2012).

Siendo:

Pg: potencia del generador; FD: factor de relación de potencia entre el generador fotovoltaico y el inversor.

En la Tabla 13 se observan las posibles configuraciones de los módulos fotovoltaicos en la instalación. Se busca que la relación de potencia entre los módulos fotovoltaicos y el inversor sea próxima a 1,1 para permitir entrar más rápido a la curva del inversor y, de esta manera, permita que un mayor porcentaje de energía sea convertida en energía eléctrica.

A su vez, como el inversor posee dos entradas, para optimizar su funcionamiento prevalecerán las alternativas correspondientes a 2 (Np). De esta manera, se opta por la alternativa de 11 (Ns) módulos en serie, 2 (Np) ramas y un factor de 1,1.

Resultando un total de veintidós paneles fotovoltaicos a instalar, en consecuencia se cuenta con mayor espacio disponible para pasillos, circulación de la tripulación y manipulación de la carga. De esta manera, la Figura 6 y la Figura 7 muestran la disposición final de los paneles en el buque pesquero.

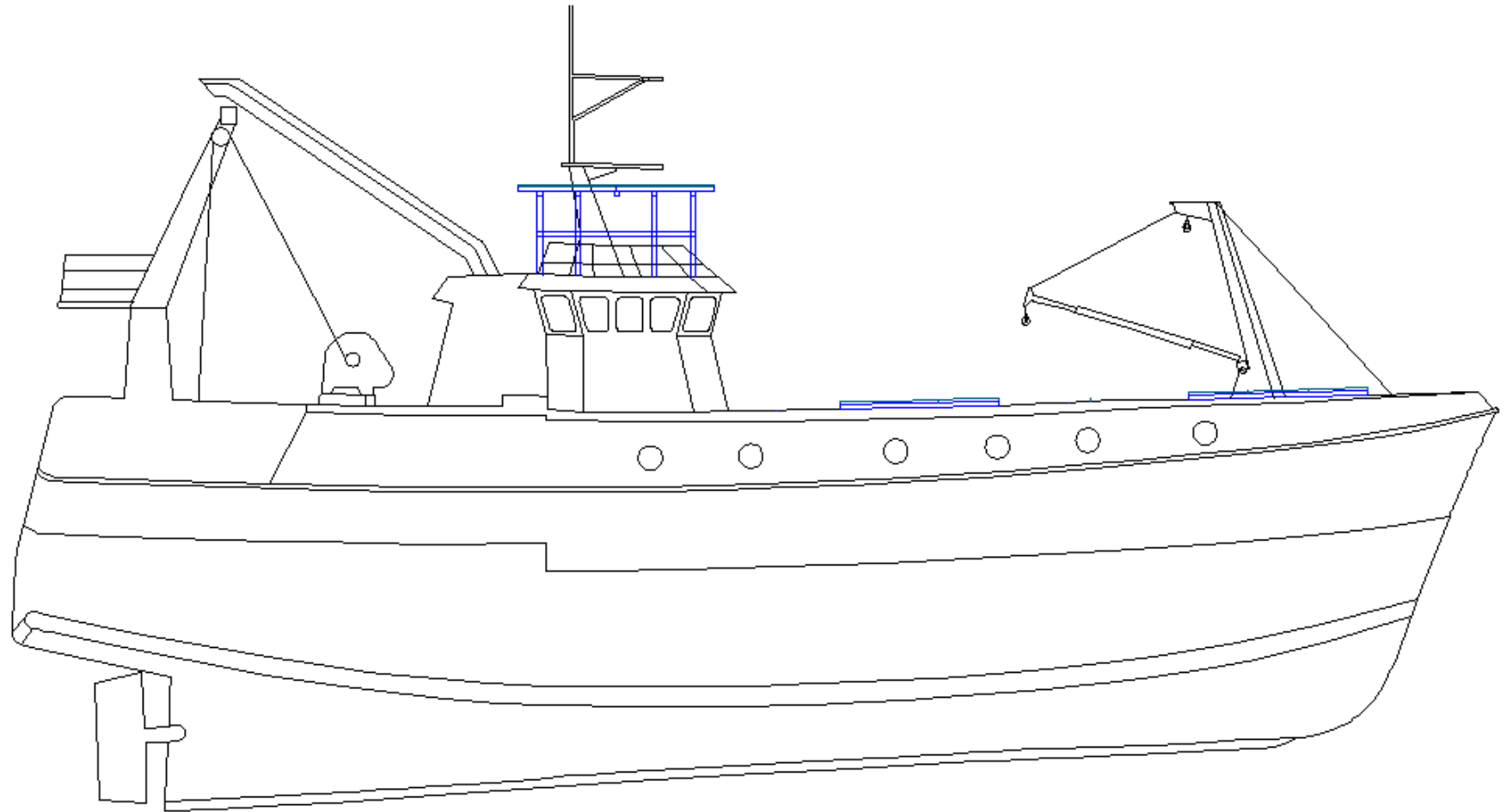


Figura 6: Disposición final de los módulos fotovoltaicos a instalar, vista lateral.
Fuente: Elaboración propia.

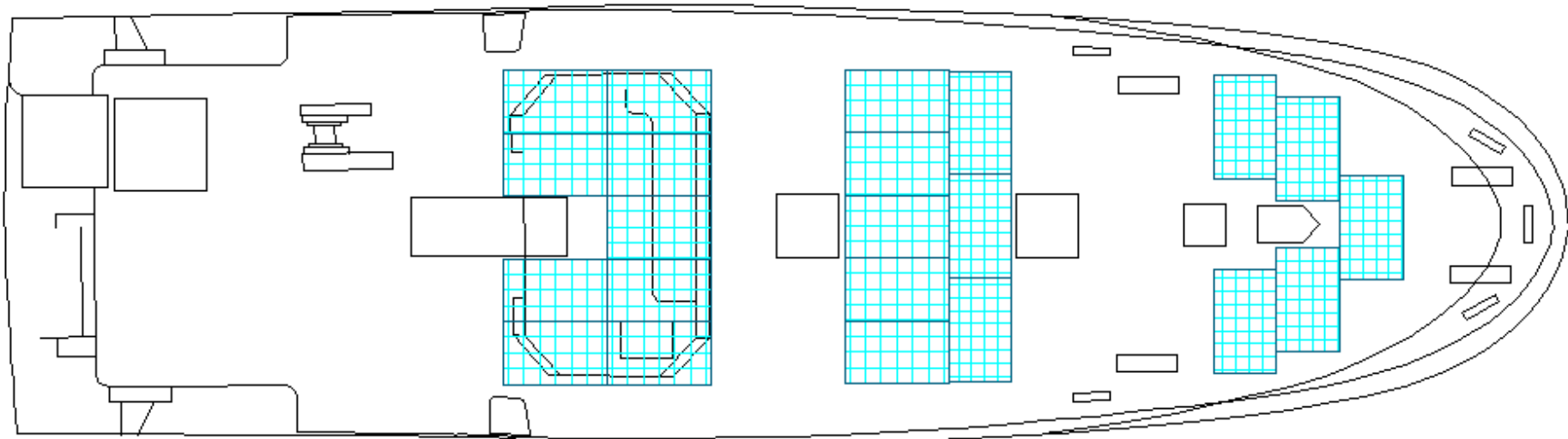


Figura 7: Disposición final de los módulos fotovoltaicos a instalar, vista frontal.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.7. Diagrama eléctrico

La Figura 8 representa el diagrama eléctrico de la instalación fotovoltaica, con sus respectivos módulos en serie y en paralelo.

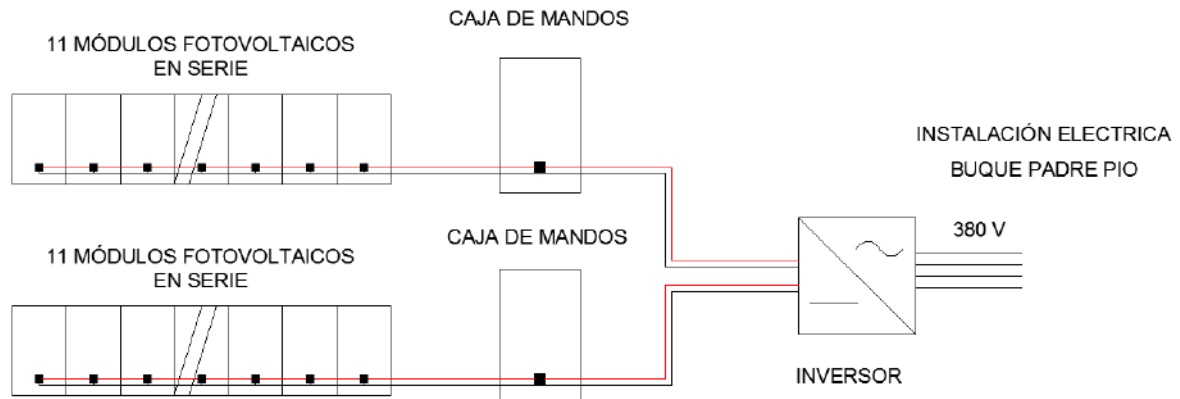


Figura 8: Diagrama eléctrico de la instalación fotovoltaica.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.8. Estructura de soporte

Considerando la ubicación de los módulos, el área disponible, la infraestructura del buque, y la cantidad de módulos en serie y en paralelo, se obtuvo el presupuesto de la estructura necesaria en una entrevista personal con el Ingeniero Civil De Hormaechea, Juan Ignacio.

Los paneles solares poseen un marco a 4 cm del filo externo compuesto por PGC 70 de espesor 0,93 mm.

Para los paneles ubicados en la cubierta principal, en el sector más cercano a proa, con el objetivo de facilitar la conexión entre los módulos, éstos se colocarán sobre perfiles C de acero galvanizado conformados en frío de 80x40x15x2 mm utilizando ocho bulones estructurales de acero inoxidable de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{2}$ " con tuercas de acero inoxidable de $\frac{1}{4}$ " por panel.

La estructura correspondiente a los paneles ubicados por encima de la cabina del buque, estará compuesta por un marco resistente de perfiles C de acero galvanizado conformados en frío de 80x40x15x2 mm, columnas de 1,5 m del tipo tubo compuestas por dos perfiles C de las mismas características del marco. Los paneles se instalarán utilizando bulones estructurales de acero inoxidable de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{2}$ " con tuercas de acero inoxidable de $\frac{1}{4}$ ". Dicha estructura constará con un marco de refuerzo a 0,75 m. (Prefectura Naval Argentina, 2002).

Para prevenir la oxidación de las estructuras se recubrirán con pintura epoxi industrial los perfiles C de acero galvanizado, las juntas y las soldaduras. Es necesario el mantenimiento periódico de las estructuras de soporte. Su costo será analizado dentro de la sección de análisis económico del proyecto.

En la Tabla 14 se muestran la inversión y los materiales necesarios para las estructuras.

	Precio [US\$/unidad]	Cantidad	Inversión [US\$]
Perfil de acero galvanizado 30x40x15x2mm 1.2m	107,58	10	1075,80
Bulón de acero inoxidable 1/4" x 1/2"	0,28	200	56,89
Tuerca de acero inoxidable 1/4"	0,14	200	28,22
Pintura epoxi industrial nástico activador	29,59	4	118,36
Total materiales			1.279,27
Total estructura y mano de obra			1.790,98

Tabla 14: Inversión y materiales necesarios para las estructuras de soporte.
Fuente: Elaboración propia en base a presupuestos de proveedores.

Como se observa en la Tabla 14 la inversión de los materiales es de 1.279,27 US\$. Se adiciona en concepto de mano de obra un 40 % del costo de los materiales, resultando 1.790,98 US\$ el costo total de la estructura instalada (De Hormaechea, 2016).

En la Figura 9 se muestra la vista lateral de las estructuras de soporte a utilizar.

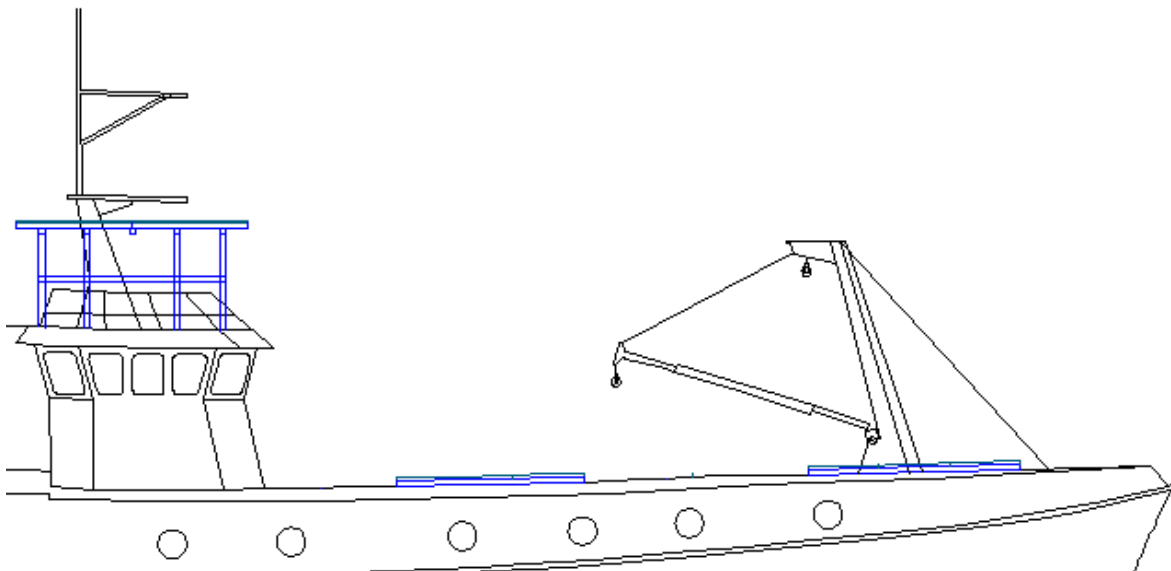


Figura 9: Vista lateral de las estructuras de soporte.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.9. Obtención de datos meteorológicos

El puerto de asiento del buque es el puerto de Mar del Plata (Dirección de desarrollo marítimo y fluvial, Ministerio de Asuntos Agrarios, Provincia de Buenos Aires, 2015). La Ordenanza Marítima N° 2/81 define que las embarcaciones de pesca costera lejana poseen un máximo alejamiento de 180 millas del puerto de asentamiento. Además el máximo alejamiento desde el lugar de origen establecido debe ser compatible con la distancia a la costa, de manera que, durante la navegación si está al mando de un patrón de pesca costera no podrá alejarse de la costa a una distancia superior a 30 millas náuticas. Mientras que si está al mando de un patrón de pesca de segunda, el máximo alejamiento de la costa podrá ser de hasta 100 millas náuticas (Prefectura Naval Argentina, 1981).

Se analizaron los informes de coyuntura mensuales de los años 2015 y 2016 correspondientes al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. En los mismos se observa que las especies desembarcadas por el buque Padre Pío son Anchoita, Corvina Blanca, Merluza Hubbsi y Pescadilla. Dichas especies se pescan en el área marítima a la altura de la Provincia de Buenos Aires, con lo cual se confirma la zona de operación del mismo.

Debido a la ausencia de datos históricos en la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional con respecto a la radiación en la ciudad de Mar del Plata y su superficie marítima, para la obtención de los mismos se utilizó la base de datos del software PVSyst.

Se utilizan como coordenadas representativas para la obtención de datos meteorológicos de T° ambiente media y radiación global horizontal a la zona de navegación sobre el mar argentino, latitud 57° S y longitud 38° E.

En la Tabla 15 se presenta la radiación promedio mensual y la temperatura ambiente media mensual a utilizar en el desarrollo del proyecto. Dichos valores se obtienen al cargar las coordenadas en el software PVSyst con el complemento del software Meteonorm (que ofrece un acceso sencillo a los datos climáticos exactos de cualquier punto del planeta). De esta manera, el PVSyst logra simular la producción de distintos días, obteniendo un promedio mensual como el que indica la Tabla 15.

Además, se consideran constantes a lo largo de la vida útil del proyecto.

Período	Radiación global horizontal [kWh/m ²]	Temperatura ambiente media [°C]
Ene.	212	21,1
Feb.	178	20,3
Mar.	144	18,6
Abr.	99	14,5
May.	73	11,2
Jun.	57	8,5
Jul.	55	7,7
Ago.	87	9,1
Sep.	118	10,2
Oct.	156	13,8
Nov.	194	16,0
Dic.	209	19,1
Año	1.580	14,2

Tabla 15: Radiación promedio mensual y temperatura ambiente media mensual.
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en PVSyst.

3.2.10. Estimación de pérdidas por sombras

Para realizar la estimación de pérdidas por sombras, se cargó en el software PVSyst el perfil de obstáculos referentes a la instalación fotovoltaica en la embarcación representado en la Figura 10. Para el trazado del mismo, se utilizó como punto de referencia el centro de la instalación fotovoltaica, ubicado sobre el segundo acceso a la bodega a 7 m de la cabina y 3,37 m de las mangas del buque. A su vez, se consideró el caso más desfavorable, cuándo la cabina se encuentra entre el sol y el punto de referencia.

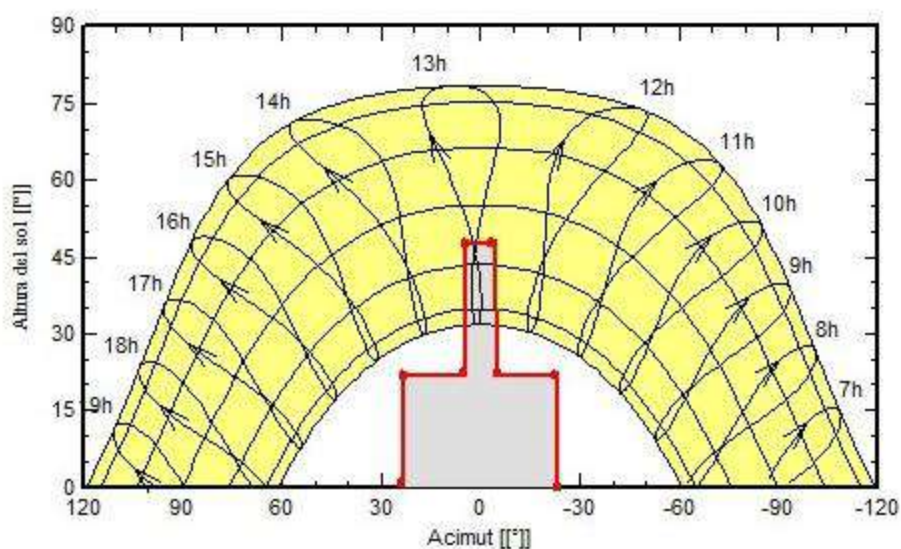


Figura 10: Trazado de la línea del perfil de obstáculos.
Fuente: Elaboración propia a través de simulación del software PVSyst.

A su vez, los paneles ubicados en el techo de la timonera se verán afectados por la inscripción del número de matrícula del buque encima del mismo (Prefectura Naval Argentina, 1997). Con lo cual, el área de dicha insignia, 0,78 m² aproximadamente, se considerará como sombra y disminuye la radiación que incide en los paneles.

En conclusión, se puede observar en la Tabla 16 la reducción en la radiación promedio que recibirán los módulos.

Período	Radiación considerando sombas [kWh/m ²]	Reducción de la radiación [%]
Ene.	202	5
Feb.	170	5
Mar.	136	5
Abr.	93	7
May.	61	17
Jun.	42	25
Jul.	45	18
Ago.	81	7
Sep.	111	6
Oct.	148	5
Nov.	185	5
Dic.	200	5
Año	1.473	7

Tabla 16: Reducción de la radiación por sombras.
Fuente: Elaboración propia a través de simulación del software PVSyst.

3.2.11. Estimación de la producción de energía eléctrica

Para estimar la producción de energía eléctrica de la instalación se realizó una simulación mediante el software PVSyst, obteniéndose los resultados, correspondientes al primer año del proyecto, que se presentan en la Tabla 17.

Período	Energía efectiva a la salida del generador [kWh]	Energía reinyectada a la red [kWh]	Energía reinyectada a la red en promedio por día [kWh]
Ene.	979	950	31
Feb.	834	811	28
Mar.	684	664	21
Abr.	482	468	16
May.	325	313	10
Jun.	230	220	7
Jul.	243	232	7
Ago.	432	418	13
Sep.	588	571	19
Oct.	754	732	24
Nov.	920	894	30
Dic.	976	947	32
Año	7.445	7.219	238

Tabla 17: Producción mensual y anual de energía eléctrica.
Fuente: Elaboración propia a través de simulación del software PVSyst.

La producción total anual para el primer año es, entonces, 7,219 MWh.

Además, se observa que la producción mínima de energía en promedio por día durante los meses de Junio y Julio es de 7 kWh, resultando suficiente para alimentar en 6 h los 4,8 kWh que requieren los dos grupos de baterías que alimentan los sistemas de comunicación.

3.2.12. Pérdidas del sistema

Como se observa en la Tabla 17 la diferencia entre la energía a la salida del generador y la energía reinyectada a la red corresponde a las pérdidas más significativas de sistema, detalladas en la Tabla 18 y en la Figura 11.

Período	Calidad del módulo [kWh]	Desajuste de campo del módulo [kWh]	Óhmica del cableado [kWh]	Energía efectiva la calidad del generador [kWh]	Pérdidas globales del inversor [kWh]
Ene.	-7	10,0	11,2	979	28,2
Feb.	-6	8,5	8,7	834	22,7
Mar.	-5	7,0	5,9	684	19,8
Abr.	-4	4,9	3,1	482	14,4
May.	-2	3,3	1,4	325	12,2
Jun.	-2	2,3	0,8	230	10,0
Jul.	-2	2,5	0,9	243	10,9
Ago.	-3	4,4	2,4	432	14,0
Sep.	-4	6,0	4,2	588	17,0
Oct.	-6	7,7	6,8	754	22,3
Nov.	-7	9,4	10,0	920	26,2
Dic.	-7	10,0	11,1	976	28,4
Año	-78	104,8	66,4	7.445	226,0

Tabla 18: Pérdidas detalladas del sistema.

Fuente: Elaboración propia en base a simulación del software PVSyst.

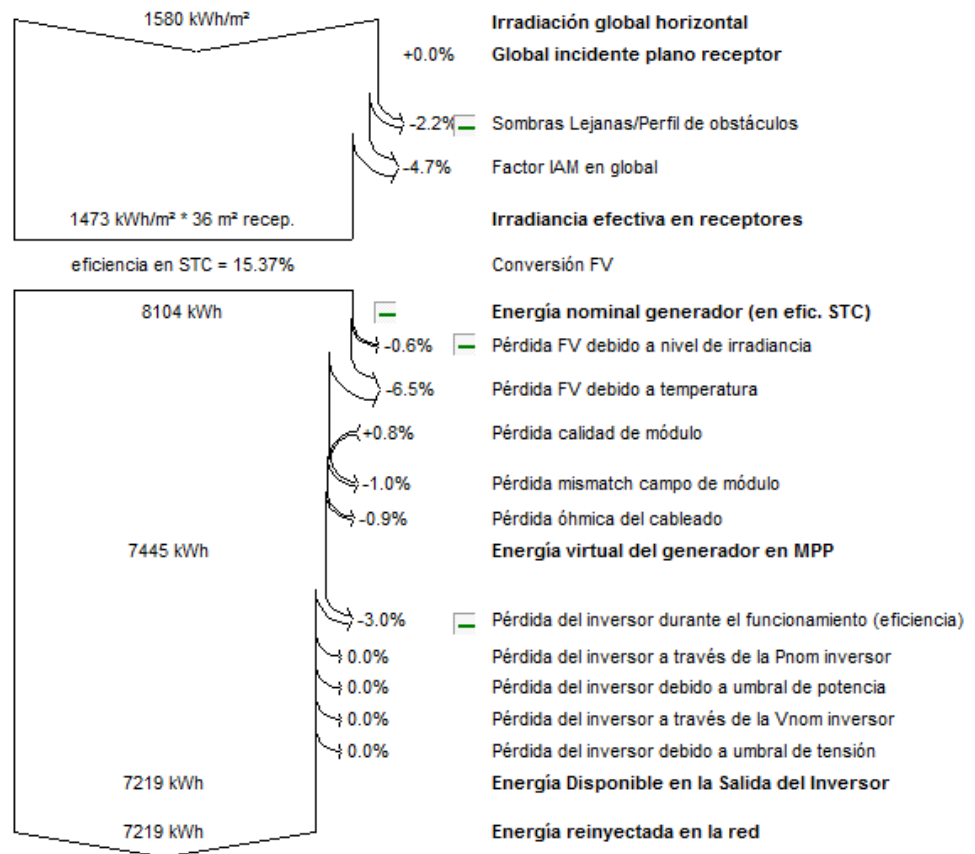


Figura 11: Diagrama de pérdida durante todo el año.

Fuente: Resultado de la simulación del software PVSyst.

3.2.13. Cableado

Se realiza el dimensionamiento del cableado en la sección de corriente continua. Se utilizó el catálogo de General Cable, cables para la industria naval, para el conductor EXZHELLENT – MAR RDtC4Dt. Siendo el mismo un cable resistente al fuego aislado con polietileno reticulado, cubierta interior de poliolefina termoplástica, armadura de trenza de hilos de cobre y cubierta exterior de poliolefina termoplástica. Su especificación técnica se encuentra en Anexo 5.

La instalación está compuesta de dos ramas de catorce módulos fotovoltaicos conectados en serie. La sección del cableado más solicitada se encuentra a una tensión nominal de 373V y 8,31A. Las características técnicas de los módulos fotovoltaicos son detalladas en la Tabla 10.

En las instalaciones fotovoltaicas, la norma ITC-BT-40 recomienda que la caída de tensión sea menor o igual al 1,5%. De acuerdo a este factor se realiza el dimensionamiento del cable de acuerdo a la ecuación (4).

$$S_{dc} = \frac{2 * L_{dc} * I_{dc}}{56 * \Delta_{dc}} \quad (4)$$

Siendo:

S_{dc} : Sección mínima del conductor de corriente continua; L_{dc} : longitud de conductor; I_{dc} : corriente continua; Δ_{dc} : caída de tensión.

Según la norma ITC-BT-06 la intensidad de corriente de trabajo se debe sobredimensionar un 25%, de esta manera I_{dc} 10,38 A. A su vez, L_{dc} 35 m, y Δ_{dc} 5,59 V, la sección mínima resulta de 2,32 mm².

De esta manera, se observa que la sección nominal más próxima es de 2,5 mm², que tiene una intensidad admisible al aire en una instalación monofásica en una bandeja al aire a 45 °C de 28 A. Si tomamos en cuenta que está expuesto directamente al sol, tomando un factor de 0,9 da la intensidad de corriente real de 25,2 A, la cual es mayor que la intensidad en el circuito. La Tabla 19 representa las características técnicas del conductor seleccionado.

La reglamentación de la AEA 90364-7-771 exige que la sección mínima para líneas de circuito para uso específico sea de 1,5 mm². De esta manera se verifica la sección escogida por la reglamentación nacional.

Cable EXZHELLENT – MAR RDtC4Dt (7784107)	
Sección nominal [mm ²]	1x2,5
Diámetro del conductor [mm]	5,30
Diámetro exterior del cable [mm]	8,10
Peso [kg/km]	110,00
Radio de curvatura [mm]	35,00
Intensidad admisible al aire [A]	28,00
Caída de tensión [V/A*km]	14,26
Inductancia [mH/km]	0,48

Tabla 19: Característica técnicas del conductor EXZHELLENT – MAR RDtC4Dt (7784107).
Fuente: Elaboración propia en base a catálogo de General Cable.

Se realiza el dimensionado de la sección en corriente alterna trifásica, desde el inversor al tablero principal. Se considera 9,7 A y 380 V, las condiciones más desfavorables a la salida del inversor.

Se afecta la corriente del proyecto por una serie de factores recomendados por el fabricante Cimex – Durolite. Los mismos se muestran en la Tabla 20, en la Tabla 21, en la Tabla 22 y en la Tabla 23 y las especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo 6.

Factor de corrección por tipo de terreno (F1): 1,1, muy húmedo; Factor de corrección por temperatura del terreno (F2): 1,11, 15°C; Factor de corrección por agrupamiento de cables (F3): 1, un cable; Factor de corrección por profundidad de instalación (F4): 0,8, por ubicarse dentro de una bandeja; I_t: corriente de proyecto, 9,7 A; I_c: corriente de proyecto corregida.

Utilizando la ecuación (5), la corriente luego de ser afectada por los factores resulta de 9,93 A.

$$I_c = \frac{I_t}{F_1 * F_2 * F_3 * F_4} \quad (5)$$

Resistividad térmica del terreno [K*m/W]	Factor de corrección	Condición de suelo	Condición climática
0,7	1,1	Muy húmedo	LLC
1	1	Húmedo	LLR
1,2	0,92		
1,5	0,85		
2	0,75	Seco	LLA
2,5	0,69		
3	0,63	Muy seco	LLN

Tabla 20: Factor de corrección por tipo de terreno
Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 6.

Temperatura del terreno [°C]	Factor de corrección
-5	1,3
0	1,26
5	1,21
10	1,16
15	1,11
20	1,06
25	1
30	0,94

Tabla 21: Factor de corrección por temperatura del terreno
Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 6.

Separación entre cables o grupos (S) [mm]	Número de cables multipolares o grupos de cables unipolares						
	2	3	4	5	6	8	10
0	0,79	0,69	0,63	0,58	0,55	0,5	0,46
70	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53
250	0,87	0,79	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64

Tabla 22: Factor de corrección por agrupamiento de cables.
Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 6.

Profundidad [m]	Factor de corrección
0,25-0,70	1
0,71-0,90	0,97
0,91-1,10	0,95
1,11-1,30	0,93
1,31-1,50	0,92

Tabla 23: Factor de corrección por profundidad de instalación.
Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 6.

En la Tabla 24 se muestra la corriente admisible nominal en tierra de acuerdo a la sección nominal del conductor. Se escoge el conductor de sección 1,5 mm² que permite una corriente de 26 A, mayor a la afectada por los factores.






Sección nominal [mm ²]	Cobre				
	1 X			2 X	3x; 3 x/N
					
	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]
1,5	29	30	30	29	26
2,5	38	39	39	39	34
4	49	50	50	51	44
6	61	62	63	65	55
10	81	83	84	88	73
16	104	107	108	112	94
25	134	138	140	144	122

Tabla 24: Corriente admisible nominal en tierra. Conductores de cobre clase 2.
Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 6.

En la Tabla 25 se resumen las características técnicas del conductor seleccionado.

Cable Durolite Contrafuego	
Sección nominal [mm ²]	1,50
Diámetro del conductor [mm]	12,00
Diámetro exterior del cable [mm]	20,00
Peso [kg/km]	634,00
Resistencia del conductor a 20 °C [Ω/km]	12,1
Intensidad admisible al aire [A]	26,00
Caída de tensión [V/A*km]	0,20

Tabla 25: Características técnicas del conductor Durolite Contrafuego.
Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 6.

3.2.13.1. Verificación de la sección elegida del cable por corriente de cortocircuito

Las condiciones de trabajo más desfavorables de un cable se presentan tanto desde el punto de vista mecánico como térmico en los casos de cortocircuito. El calentamiento del conductor en caso de cortocircuito se puede mantener dentro de los límites admisibles eligiendo una sección y una protección adecuada siguiendo los lineamientos de la Asociación Electrotécnica Argentina (A.E.A.).

La intensidad máxima admisible durante el cortocircuito depende de la sección del conductor, del material conductor y del tiempo de desconexión de la falla, de acuerdo a la ecuación (6) para el cálculo del valor eficaz de la corriente de cortocircuito. Es válida para conductores que parten de 70°C de temperatura al inicio del cortocircuito y finalizan en 160°C

para secciones menores o iguales a 300 mm², para un tiempo máximo hasta la desconexión (t) de 5 s.

$$I = \frac{115 * Sección}{\sqrt{t}} \quad (6)$$

La corriente de corto circuito resulta de 77,14 A. Como en el sistema en estudio la corriente de cortocircuito es 10,3 A, menor a la corriente admisible, se verifica la sección elegida por corriente de cortocircuito.

3.2.13.2. Verificación de la sección elegida del cable por caída de tensión

La caída de tensión en un conductor es la diferencia de los valores absolutos entre las tensiones al inicio y fin del mismo.

Se calcula la caída de tensión que presenta la instalación, ΔU 0,62% según la ecuación (7).

$$\Delta U = \frac{2 * I_c * L}{U_f} * [R * \cos(\varphi) + X * \sin(\varphi)] * 100 \quad (7)$$

Considerando I_c 9,7 A; L: largo del conductor, 0,01 km; U_f : tensión de fase, 380V; R: resistencia del conductor, 12,1 Ω ; X: reactancia del conductor, 0 Ω ; $\cos(\varphi)$ 1; $\sin(\varphi)$ 0.

El reglamento de Instalaciones Eléctricas de la de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) establece que la sumatoria de caídas de tensión entre la acometida y los puntos de utilización no debe superar el 3% para circuitos terminales, de uso general o especial y específico, para iluminación. En cambio, para circuitos de usos específicos que alimentan sólo motores no debe superar el 5% en régimen y el 15% durante el arranque.

La caída de tensión es 0,62%, por lo tanto, observando los límites permitidos por la AEA, se puede concluir que la sección del cable se verifica por caída de tensión.

3.2.14. Protecciones

La instalación deberá estar protegida contra:

Cortocircuitos (corta duración): Los cortocircuitos pueden afectar los conductores de línea por sobrecalentamientos y otros aparatos de medición, señalización y comando; también por efectos mecánicos.

Sobrecargas de la línea (larga duración): Estas sobrecargas pueden dañar la envoltura o aislación del conductor por sobre temperaturas, disminuyendo su vida útil. (Prefectura Naval Argentina, 2008), (Prefectura Naval Argentina, 1981), (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

3.2.14.1. Cortocircuito

Las protecciones de cortocircuito son recomendadas colocarlas en cada polo, aunque para el generador fotovoltaico un cortocircuito no sea peligroso, si lo puede ser para los inversores. De todas formas, el manejo para la habilitación o expulsión de los fusibles se deberá de hacer con el inversor en estado de parada.

El fusible es un dispositivo constituido con un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

Para el cálculo de dimensionamiento de éstos se utiliza la ecuación (8) y la ecuación (9):

$$I_B < I_n < I_z \quad (8)$$

$$I_2 < 1,45 * I_z \quad (9)$$

Siendo:

I_B : Intensidad de diseño de la línea, en el caso de estudio 8,31 A; I_n : Intensidad nominal del dispositivo de protección, 10 A (elección del fusible); I_z : Intensidad admisible por el conductor, 25A; I_2 : Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección, 24 A según la ecuación (10).

$$I_2 = 1,6 * I_n \quad (10)$$

En consecuencia, cómo I_B es menor a I_n que a su vez es menor que I_z se cumple la ecuación (8). También como I_2 es menor a 36,25 A, se cumple la ecuación (9).

Según estas fórmulas se podrían escoger fusibles hasta 17 A pero de acuerdo a los catálogos, se escogen los respectivos a 10 A.

Se deberá ubicar un fusible en cada entrada y salida de la caja de conexiones.

3.2.14.2. Sobretensiones

La entrada del inversor ha de estar protegida también contra sobretensiones por un sistema de protección llamados varistores que a veces se encuentran incluidos en los inversores como en el caso en estudio. La función de éstos es la de actuar como un cortocircuito entre sus conexiones. Su comportamiento es similar a una resistencia variable con la tensión.

No se debe colocar los fusibles entre el inversor y los varistores ya que se puede estropear el inversor al fundirse estos.

3.2.14.3. Corriente alterna

Luego del inversor se dispone de una línea trifásica conectada al cuadro general de baja tensión, esta línea deberá disponer de dos tipos de protecciones, un interruptor general manual que será un interruptor termo magnético omnipolar y un interruptor diferencial de sensibilidad adecuada que sólo actúe por fallos a tierra, este dispositivo ha de ubicarse lo más cerca posible del punto de conexión con la red eléctrica ya que en caso contrario, puede que en algunas ocasiones no registre las anomalías.

Para calcular los interruptores termo magnéticos se ha de sobredimensionar con un factor de 1,25 la corriente del inversor según la normativa ITC-BT-40, resultando I_n : corriente corregida 13,75 A según la ecuación (11). Además, en entornos industriales se admiten interruptores con sensibilidad de 300 mA.

$$I_n \geq 1,25 * I_{m\acute{a}x\ inversor} \quad (11)$$

El interruptor termo magnético es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que circula hacia la carga.

De esta forma el inversor, los módulos, los cables y todos los dispositivos de la instalación eléctrica estarán protegidos.

3.2.15. Mantenimiento de la instalación

La eficaz y correcta manutención es determinante para garantizar tanto su rendimiento como su vida útil.

Con respecto a los paneles fotovoltaicos, el mantenimiento incluye tres tareas principales: limpieza, control visual y control de conexiones.

La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del módulo reduce el rendimiento del mismo y puede producir efectos de inversión similares a los producidos por sombras. La intensidad del efecto depende de la opacidad del residuo. Las capas de polvo reducen la intensidad del sol de forma uniforme pero no son peligrosas y la reducción de la potencia puede alcanzar el 12 %. En cambio, la materia fecal proveniente de las aves disminuye notablemente la eficiencia del módulo, reduciendo hasta el 84 % la potencia obtenida. La acción de la lluvia puede reducir al mínimo la necesidad de limpieza de los módulos y contribuye a recuperar 1 % de su potencia. (Smart Green, 2015)

La inspección visual tiene por objeto detectar posibles roturas del cristal y oxidaciones de los circuitos y soldaduras de las células fotovoltaicas, generalmente provenientes de la entrada de humedad en el módulo por rotura de las capas de encapsulado durante la instalación o transporte.

El control de conexiones y cableado consiste en la comprobación del apriete y estado de los terminales de los cables de conexión de los módulos y a comprobación de la estanqueidad de la caja de terminales. En caso de observarse fallos de estanqueidad, se procederá a la sustitución de los elementos afectados y a la limpieza de los terminales (Isofotón, 2008).

Además, se seguirán las instrucciones proporcionadas por el fabricante. ReneSola sugiere limpiar con regularidad la superficie de los paneles usando agua limpia con una presión menor a 1000 Pa y una diferencia de temperatura respecto al módulo que se encuentre en el rango de -5°C y 10°C. Se aconseja limpiar los paneles solares entre 3 y 4 veces al año para que presten máximo rendimiento. (Energías Renovables, 2016)

Puntos a tener en cuenta en la limpieza de los paneles fotovoltaicos:

- No se deben golpear los módulos.
- No deben encontrarse bajo carga.
- No limpiar los módulos hasta que se enfríen.
- No tocar los cables o conectores expuestos
- No remover polvo en forma seca.

Se realizará una inspección anual que constará de los siguientes pasos:

1. Comprobar que las tuercas y pernos de la estructura de montaje son seguras y no estén sueltas. Ajustar en caso de ser necesario.
2. Comprobar la resistencia al agua de los cables.
3. Comprobar que todas las conexiones eléctricas y mecánicas se encuentren libres de corrosión.
4. Comprobar la resistencia a tierra de piezas metálicas como los marcos de los módulos y las estructuras de montaje.
5. Comprobar el estado de las protecciones de la instalación. Realizar recambio en caso de ser necesario.
6. Con respecto al inversor se debe verificar que el área de ubicación del mismo se encuentre limpia, seca y bien ventilada. Debe estar protegido de los rayos solares. Se debe comprobar que las conexiones así como los conectores se encuentren en buen estado. Por último, se deben realizar evaluaciones periódicas de ruidos.

El inversor se instalará en proximidad al tablero principal debido a que es un lugar accesible, bien ventilado, libre de emanaciones acidas o gaseosas, al abrigo de choques y de cualquier accidente causado por agua, vapor o aceite en concordancia con la Ordenanza Marítima N° 1/81 (Prefectura Naval Argentina, 1981).

Si bien los módulos fotovoltaicos son diseñados para resistir situaciones ambientales adversas, en el caso de estudio los mismos están expuestos a vientos fuertes, movimiento constante, lluvias y agua salada. Es por este motivo que la limpieza se realizará semanalmente, mientras que la inspección se realizará cuatrimestralmente en lugar de anualmente.

Se realizará un mantenimiento semestral a la estructura de soporte. A medida que sea necesario se realizará un repintado de los perfiles de acero galvanizado como las juntas, soldaduras y el reemplazo de perfiles.

3.2.16. Influencia del peso y la estructura en el barco

Siendo el Padre Pío un buque pesquero de 25 m de eslora, posee un desplazamiento en lastre de 190 t. Este es el peso del buque en rosca (como es entregado por el astillero) más todo lo necesario para que pueda navegar (combustible, agua potable y provisiones), pero sin carga. El buque tiene una capacidad de carga de 1.600 cajones de pescado con un peso de 40 kg cada uno, con lo cual la carga es de 64 t. En conclusión, el desplazamiento máximo del mismo es de 254 t (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

El peso de la instalación fotovoltaica contemplando paneles, inversor, cables y estructura es de 0,8 t, con lo cual el desplazamiento máximo del buque es 254,8 t. Por lo tanto, el sistema fotovoltaico propuesto representa el 0,31 % del peso de buque.

3.2.16.1. Navegabilidad y centro de gravedad

Cuando se añade peso a un buque, su centro de gravedad se mueve siempre en la dirección del peso añadido. Si el peso se añade a nivel de la cubierta, la posición del centro de gravedad del buque asciende (Gudmundsson, 2009). Por lo tanto, por la adición de un peso extra de 0,31 % del desplazamiento máximo del buque correspondiente a la instalación fotovoltaica, se produce un corrimiento del centro de gravedad de la embarcación.

En la práctica, según los capitanes de barco Lacalle y Agliano la operación, navegación, carga, descarga y el tonelaje de carga no se encuentran afectados por el peso de la instalación ya que los buques varían su desplazamiento en lastre para cada viaje según su recorrido, el tiempo en altamar estimado, la especie a pescar y la tripulación. A su vez, elementos como las redes de pesca cuyo peso es de 1 t se ubican en los distintos laterales del barco, concentrando el peso en lugares no considerados en los cálculos de estabilidad.

Por medio de entrevista personal con el Ing. Naval Tomás Amato, se pudo determinar que para un buque de dicho desplazamiento máximo, el tonelaje y la ubicación propuesta de la instalación fotovoltaica tampoco afecta su operatividad, navegabilidad, estabilidad, y carga del buque. Sin embargo, para poder realizar la instalación física del proyecto, debe demostrarse técnicamente por medio de un especialista el desarrollo del cálculo de estabilidad, valor crítico del centro de gravedad, curvas de altura metacéntrica transversal inicial mínimos y altura del centro de gravedad sobre la línea base máximos.

3.2.16.2. Legislación asociada

Sumado a las Ordenanzas de Prefectura Naval Argentina (que se consideraron durante el diseño de la instalación fotovoltaica y su estructura de soporte, detalladas en el punto 2.11 del Marco teórico), como por la instalación fotovoltaica se realizan modificaciones en la embarcación que afectan las condiciones de seguridad que dieron origen al otorgamiento del Certificado Nacional de Seguridad de la Navegación, será necesario la renovación del mismo.

Se tendrá en cuenta dentro de la inversión 70 US\$ en concepto honorarios del ingeniero naval para la realización de los planos y, 2,29 US\$ para la renovación del Certificado Nacional de Seguridad de la Navegación en un Buque Matrícula Nacional menor de 60 metros de eslora. (Prefectura Naval Argentina, 2016)

3.2.16.3. Incremento del consumo de combustible del motor propulsor

La incorporación de la instalación fotovoltaica y su estructura de montaje en la embarcación supone un aumento de carga de 800 kg que conlleva un aumento en el consumo de combustible destinado a la propulsión del buque.

El consumo de combustible del buque depende, entre otros factores, de la carga y velocidad de la embarcación. En operación de pesca, el buque opera con una velocidad reducida pero una carga elevada debido al arrastre de las redes de pesca. En cambio, en navegación, la velocidad de la embarcación es elevada pero la carga se encuentra reducida en comparación a la operación de pesca. Con el fin de minimizar el consumo de combustible de la embarcación y maximizar la vida útil del motor, el capitán busca una potencia de trabajo alrededor del 80% de la potencia máxima del motor (Lacalle, 2016). De esta manera, para realizar la estimación, se considera constante el consumo de combustible a lo largo de las distintas operaciones de la embarcación.

Según las especificaciones técnicas del buque Padre Pio la embarcación presenta un consumo de combustible destinado a la propulsión de 92 l/h. La especificación técnica del motor propulsor de la embarcación (Mitsubishi S6R2-MPTA) no posee las curvas de potencia y consumo. Se obtuvo una aproximación de la variación de consumo de combustible con la carga del empresario pesquero y ex capitán de embarcaciones pesqueras Sebastián Agliano. Se indicó que en una embarcación como el Padre Pio ante un aumento de carga de 40 toneladas en la bodega conlleva un aumento de combustible aproximado de 6 l/h (Agliano, 2016).

Para realizar la estimación en el caso de estudio se considera que la variación de consumo de combustible con la carga tiene una relación lineal. De esta manera, el aumento en el consumo de combustible debido a la incorporación de 800 kg correspondiente a la instalación fotovoltaica es de 0,12 l/h, resultando un aumento del 0,13 % del consumo de combustible.

La embarcación permanece en el mar aproximadamente el 85 % del tiempo, representando 310,25 días o 7.446 horas al año. Por lo que el aumento anual en el consumo de combustible será de 893,52 l. Su influencia en los costos será analizada dentro de la sección de análisis económico del proyecto.

3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realizará el análisis económico usando como moneda el Dólar Estadounidense [US\$].

Con respecto al cambio de moneda se tuvo en cuenta la cotización oficial correspondiente al día 06/05/2016 según el Banco de la Nación Argentina: 14,4 \$/US\$.

La vida útil del proyecto es de 25 años, tiempo durante el cual el fabricante de los módulos fotovoltaicos garantiza un rendimiento superior al 80%. Como se puede observar en las especificaciones técnicas de los mismos (Anexo 3), el desempeño de los paneles elegidos disminuye al 97,5 % luego del primer año y a continuación, a la largo de su vida útil, disminuye anualmente a razón de 0,8564 %.

3.3.1. Inversión

En la Tabla 26 se detalla la inversión necesaria para la realización del proyecto, resultando 10.588 US\$.

Se deben importar los paneles solares y el inversor desde la oficina más cercana de ReneSola ubicada en San Pablo, Brasil. El equipamiento pertenece a la categoría de bienes de capital y, en una entrevista personal con el Despachante de Aduana Matías Sebastiani, se relevó que, a un caso como el estudiado, se asignan los siguientes cargos: 16 % derecho de importación; 0,5 % tasa estadística; 10,5 % IVA tasa general; 10 US\$ de arancel SIM. El transporte de los mismos desde la ciudad de San Pablo hasta la ciudad de Mar del Plata se realizará por vía terrestre y tiene un presupuesto de 245 US\$. (Sebastiani, 2016)

En términos de mano de obra para montar la estructura, los paneles, el inversor, el cableado en el buque y otros gastos será necesario el trabajo de 3 personas en 3 turnos de 8 horas. Se utiliza el precio de hora hombre de un oficial especializado en la zona "A" y con asistencia perfecta, 5,0924 US\$/hora-hombre (Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina, 2016). Se adiciona 500 US\$ para herramientas e insumos necesarios. (Iriani, 2016)

Ítem	Precio ² [US\$/unidad]	Cantidad	Inversión ² [US\$]
Módulo ReneSola Virtus C250M-24/Bb	205	22	4.510
Inversor ReneSola Replus 5000TL3EL	1.096	1	1.096
Importación Tasa Estadística	0,5%	1	28
Importación Derecho de Importación	16%	1	897
Importación IVA tasa general	10,5%	1	589
Importación Seguro Flete Internacional	1%	1	56
Importación Arancel SIM	10	1	10
Importación Transporte 3 m ³ @ 450 kg	245	1	245
Estructura de Soporte e Instalación	1.791	1	1.791
Honorarios Ingeniero Naval	70	1	70
Certificado Nacional de Seguridad de la Navegación	2,29	1	2,29
Conductor EXHELLENTE MAR RtC4Dt(7784107) [1000ft]	1.144	0,23	263
Conductor Durolite Contrafuego 1,5mm [1000m]	3.520	0,01	35
Fusibles	1	2	2
Interruptor Termomagnético	46	1	46
Interruptor Diferencial	81	1	81
Mano de obra y otros gastos	867	1	867
Total			10.588

Tabla 26: Detalle inversión requerida.
Fuente: Elaboración propia en base a presupuestos varios.

3.3.2. Ahorros

No es necesario realizar un balance neto, debido a que en todos los períodos se genera menos energía de la que se consume; por lo tanto, nunca se inyectará energía a la red.

Se determinará primero el ahorro mensual en el primer año debido al ahorro energético fotovoltaico, diferenciando la situación del buque en el puerto y en altamar. A continuación se calculará el ahorro anual a lo largo de la vida útil del proyecto considerando la disminución en el rendimiento de los paneles y variación en los costos asociados.

3.3.2.1. Ahorro mensual en el primer año debido al ahorro energético fotovoltaico

Desglosando el ahorro mensual para el primer año cabe diferenciar dos situaciones a analizar. La primera corresponde al buque en altamar realizando las actividades de pesca y navegación que representa el 85% del tiempo. La segunda situación, que representa el 15% restante (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015), corresponde cuando el navío se encuentra en el puerto realizando actividades de carga, descarga, manipulación de la carga y mantenimiento del buque.

Para determinar el ahorro cuando el buque se encuentre en el puerto conectado a la red eléctrica se consideró el precio que se paga por dicho servicio, el mismo resulta de 0,0934 US\$/kWh (Puerto Mar del Plata, 2016).

Asimismo, cuando el navío se encuentra en altamar, el ahorro se calcula en base a las curvas características del motor auxiliar de la instalación y el rendimiento del alternador acoplado. Para este caso cabe destacar dos situaciones; la primera corresponde a “Navegación diurna” que tiene un consumo estimado de 44,41 kW y representa el 60% del tiempo en altamar y la segunda situación es “Pesca diurna” y presenta un consumo estimado de 55,55 kW, como se puede observar en la Tabla 7, representando el 40% restante del tiempo en altamar (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

En la Tabla 27 se considera el rendimiento que presenta el alternador analizado. Sabiendo que el $\cos(\phi)$ medio de la instalación es 0,806 se calcula la potencia aparente necesaria por situación. Teniendo en cuenta la especificación técnica del alternador (Anexo 7), el porcentaje de utilización del mismo y la información suministrada por el astillero, se obtiene su rendimiento. Por último, se utiliza el rendimiento para calcular la potencia producida por el motor.

Se considera que el consumo de combustible en el intervalo de producción de 0 kW a 5 kW se comporta linealmente en cada situación.

	Potencia necesaria [kW]	Potencia necesaria [kVA]	Porcentaje de utilización del alternador [%]	Rendimiento alternador [%]	Potencia producida por el motor [kW]
Navegación diurna	44,41	55,10	68,88	90,40	49,13
Navegación diurna con generador fotovoltaico	39,41	48,90	61,12	90,40	43,60
Pesca diurna	55,55	68,92	86,15	91,40	60,77
Pesca diurna con generador fotovoltaico	50,55	62,71	78,39	91,40	55,30

Tabla 27: Potencia necesaria por situaciones a la salida del alternador y del motor.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 12, se realiza la estimación del consumo de combustible por situación utilizando las curvas características del motor. Se ingresa al primer gráfico con la potencia según situación producida por el motor hasta interceptar la curva, este valor representa la velocidad del motor en la situación analizada. Luego, se observa el consumo de combustible que presenta la velocidad anteriormente observada.

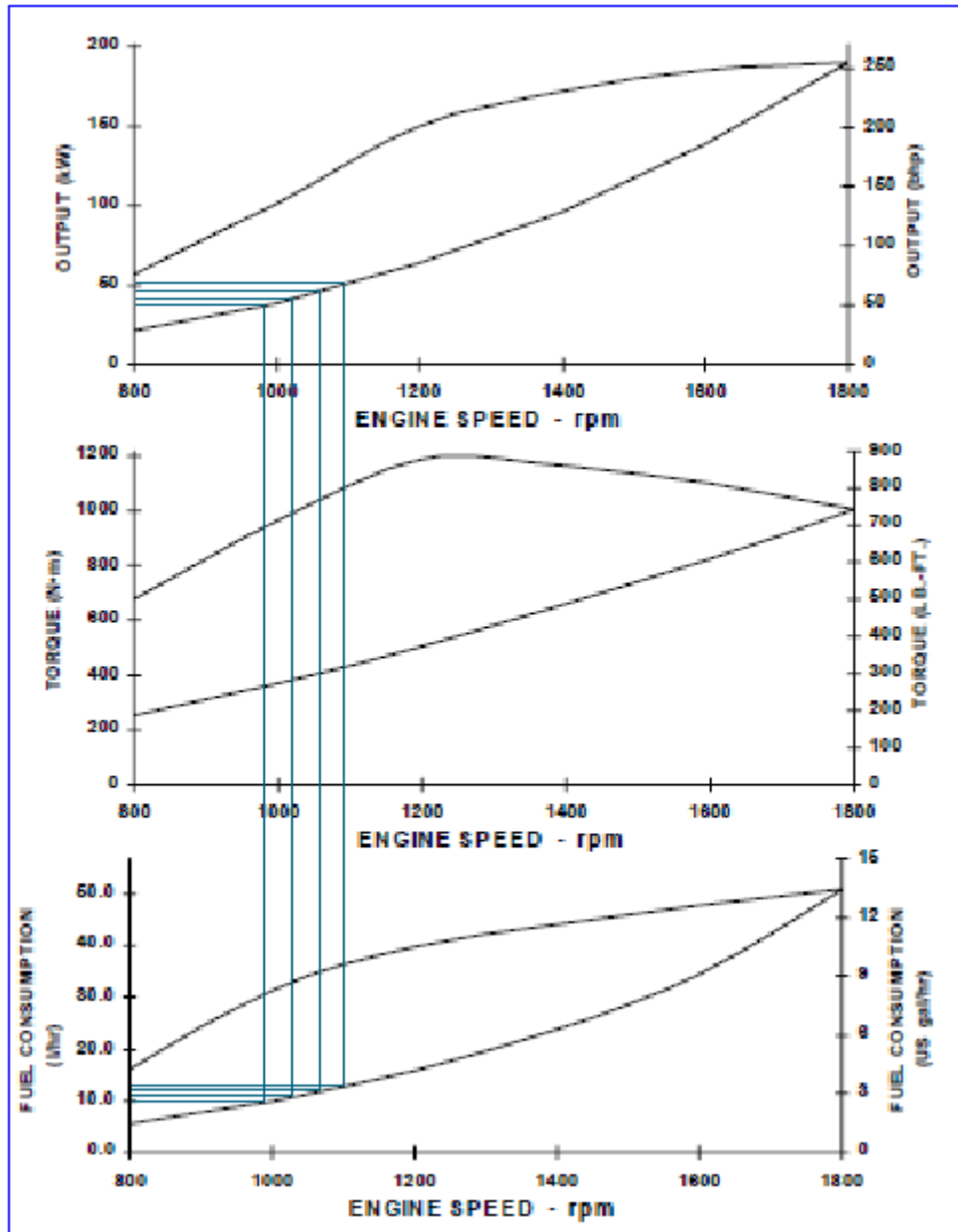


Figura 12: Curvas características Motor Cummins 6CTA 8.3-M (JW).
Fuente: Elaboración propia en base a (Cummins Engine Company, 2004).

Con los valores obtenidos al analizar la Figura 12, en la Tabla 28 se calcula la relación entre la potencia y el consumo del motor auxiliar. Luego de ser afectada por el rendimiento del alternador y de considerar el precio del combustible, se muestra la relación de energía por volumen de combustible y el costo por unidad de energía.

El precio del combustible diésel abonado por los buques pesqueros en Mar del Plata es de 1,0051 US\$/l (Ignoto, 2016).

Aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana.

	Potencia motor auxiliar [kW]	Consumo motor auxiliar [l/h]	Relación [kWh/l]	Relación por situación [kWh/l]	Relación por situación considerando el rendimiento del alternador [kWh/l]	Costo de la energía por situación [US\$/kWh]
Navegación diurna	49,13	11,04	4,45	4,4101	3,9867	0,2521
	43,60	9,98	4,37			
Pesca diurna	60,77	13,27	4,58	4,5666	4,1739	0,2408
	55,30	12,15	4,55			

Tabla 28: Relación de energía por volumen de combustible y costo por unidad de energía.
Fuente: Elaboración propia

La Tabla 29 representa el ahorro mensual por situación para el primer año del proyecto. La producción en altamar representa el 85% de la producción total, mientras que la producción en “Puerto” representa el 15% restante.

El ahorro en “Puerto” se calcula como la producción en “Puerto” multiplicado por el ahorro en la misma situación (0,0934 US\$/kWh).

El ahorro en “Navegación diurna” se calcula como la producción en altamar, multiplicado por el porcentaje de tiempo en “Navegación diurna” (60%), multiplicado por el ahorro en la misma situación (0,2521 US\$/kWh).

El ahorro en “Pesca diurna” se calcula como la producción en altamar, multiplicado por el porcentaje de tiempo en “Navegación diurna” (40%), multiplicado por el ahorro en la misma situación (0,2408 US\$/kWh).

Período	Producción total [kWh]	Producción en altamar [kWh]	Producción en puerto [kWh]	Ahorro en altamar [US\$]		Ahorro en puerto [US\$]
				Navegación diurna	Pesca diurna	
Ene.	950	808	143	122	78	13
Feb.	811	690	122	104	66	11
Mar.	664	564	100	85	54	9
Abr.	468	398	70	60	38	7
May.	313	266	47	40	26	4
Jun.	220	187	33	28	18	3
Jul.	232	197	35	30	19	3
Ago.	418	355	63	54	34	6
Sep.	571	486	86	73	47	8
Oct.	732	622	110	94	60	10
Nov.	894	760	134	115	73	13
Dic.	947	805	142	122	78	13
Año	7.219	6.136	1.083	928	591	101
Ahorro total [US\$/año]		1.620				

Tabla 29: Ahorro mensual por situación para el primer año.
Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene un ahorro total de 1.620 US\$ en el primer año del proyecto.

3.3.2.2. Ahorro anual en el período de vida total del proyecto

Para el análisis del ahorro anual se tuvo en cuenta que el rendimiento de los módulos disminuye al 97,5 % luego del primer año y a continuación, a la largo de su vida útil, disminuye a razón de 0,8564 % (Anexo 3). A su vez, se consideró constante la radiación promedio diaria utilizando como referencia la estimación correspondiente al primer año del proyecto.

Según el artículo de Benedicto Álvarez (2013), el precio del petróleo estará sujeto a fluctuaciones “significativas” a los largo del tiempo que son muy difíciles de predecir, aunque la tendencia que se observa es el alza. Por este motivo, se considera un aumento del 1% anual en el precio del combustible adquirido por las embarcaciones. De la misma manera, se observa que la matriz energética Argentina está compuesta en un 35% por petróleo (Cárdenas, 2012), por lo que se considera un aumento del 0,35% anual en el precio de la energía adquirida de la red del puerto.

La Tabla 30 representa el ahorro anual económico y por cantidad de energía del sistema fotovoltaico para los 25 años de vida útil de los módulos, se observan valores promedio de 6.420 kWh/año y 1.602 US\$/año.

Año	Producción [kWh]	Ahorro [US\$]	Año	Producción [kWh]	Ahorro [US\$]
1	7.219	1.620	14	6.348	1.602
2	7.039	1.594	15	6.294	1.602
3	6.978	1.595	16	6.240	1.603
4	6.919	1.595	17	6.187	1.603
5	6.859	1.596	18	6.134	1.604
6	6.801	1.597	19	6.081	1.605
7	6.742	1.597	20	6.029	1.605
8	6.685	1.598	21	5.978	1.606
9	6.627	1.599	22	5.926	1.607
10	6.571	1.599	23	5.876	1.607
11	6.514	1.600	24	5.825	1.608
12	6.459	1.600	25	5.775	1.608
13	6.403	1.601			

Tabla 30: Producción y ahorro económico anual de la instalación fotovoltaica.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Costos del sistema

3.3.3.1. Depreciación anual

La depreciación se realizó por el método de la línea recta utilizando la ecuación (12).

$$\text{Depreciación} = \frac{IF - L}{n} \quad (12)$$

Siendo:

IF: Inversión fija; L: Valor residual al finalizar el proyecto; n: Duración del proyecto.

Con una Inversión de 10.588 US\$, valor residual nulo y 25 años de duración del proyecto, la depreciación resulta de 421,48 US\$/año. Se considera valor residual nulo al finalizar el proyecto debido a que se estima que la tecnología será obsoleta en 25 años.

3.3.3.2. Costo asociado al aumento del consumo de combustible del motor propulsor

Como se detalla en el punto 3.2.16.3, existe un aumento de 0,12 l/h en el consumo de combustible debido a la incorporación de 800 kg correspondiente a la instalación fotovoltaica. Este aumento representa el 0,13 % del consumo regular del buque.

Resultando un aumento anual en el consumo de combustible de 893,52 l.

Económicamente representa un costo adicional de 898,08 US\$ en el primer año del proyecto.

3.3.3.3. Costo de Mantenimiento

En entrevista personal con el Ing. Matías Iriani, personal de Punto Técnico SRL, se estima que el costo anual del mantenimiento mencionado en el punto 3.2.15 con respecto a la estructura de soporte representa un 15% del costo de la misma, resultando 268,6 US\$/año.

La tripulación del buque será la encargada de la limpieza semanal del sistema fotovoltaico. La inspección cuatrimestral será realizada por el técnico electricista del buque pesquero, en la que se dará atención a la instalación fotovoltaica en su totalidad.

El presupuesto estimativo anual para el mantenimiento de la instalación fotovoltaica incluye tres días laborales de un Segundo Pescador o Cocinero para la limpieza de los paneles solares, 15 hora-hombre del técnico electricista para la revisión cuatrimestral de la instalación fotovoltaica, 30 US\$ en concepto de repuestos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación y 268,6 US\$ para el mantenimiento de las estructuras de soporte. En la Tabla 31 se muestra en detalle el cálculo del presupuesto anual destinado al mantenimiento de la instalación fotovoltaica.

	Valor	Cantidad	Total [US\$/año]
Limpieza módulos fotovoltaicos	23,31 US\$/día	3	69,9
Revisión instalación eléctrica	5,73 US\$/hora	15	86
Repuestos	30 US\$	1	30
Mantenimiento estructuras de soporte	268,6 US\$	1	268,6
Total			454,5

Tabla 31: Cálculo del presupuesto anual destinado al mantenimiento de la instalación fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia en base a (Pescadores, 2015) y (Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina, 2016).

Se asigna un presupuesto anual para el mantenimiento de la instalación fotovoltaica de 454,5 US\$.

3.3.4. Cuadro de Usos y fuentes del proyecto y Rentabilidad del proyecto

En la Tabla 32 se observa el cuadro de usos y fuentes del proyecto. Se consideró ingreso al ahorro total anual, compuesto por el ahorro referente a la disminución del consumo de combustible y al ahorro correspondiente a la disminución de la demanda de energía a la red eléctrica del servicio portuario. Por otra parte, el egreso corresponde a los costos de mantenimiento y costo asociado al aumento del consumo de combustible en el motor propulsor.

Se toma como estándar financiero el S&P 500. Este índice incluye a las quinientas empresas más representativas de la Bolsa Neoyorquina. Es uno de los índices de renta variable más utilizados y muchos lo consideran un referente para la economía. Estas quinientas acciones están formadas por: cuatrocientas compañías industriales, cuarenta de servicio público, cuarenta financieras y veinte de transporte. Es uno de los índices más utilizados por los inversores institucionales, porque incorpora una de las carteras más grandes de empresas (EsBolsa, 2013). Además, es un índice que presenta bajo riesgo a la inversión, al igual que el proyecto en estudio.

De esta manera, el estándar financiero utilizado es de 10,5 % (Yardeni & Abbott, 2015). A su vez, la tasa impositiva de la República Argentina es de 35 %.

Aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Ingresos Anuales		1.620	1.594	1.595	1.595	1.596	1.597	1.597	1.598	1.599	1.599	1.600	1.600	1.601	1.602	1.602	1.603	1.603	1.604	1.605	1.605	1.606	1.607	1.607	1.608	1.608
Total (a)		1.620	1.594	1.595	1.595	1.596	1.597	1.597	1.598	1.599	1.599	1.600	1.600	1.601	1.602	1.602	1.603	1.603	1.604	1.605	1.605	1.606	1.607	1.607	1.608	1.608
Egresos Anuales		1.353	1.362	1.371	1.380	1.389	1.398	1.408	1.417	1.427	1.437	1.447	1.457	1.467	1.477	1.487	1.497	1.508	1.518	1.529	1.540	1.550	1.561	1.572	1.584	1.595
Depreciación		424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424
Total (b)		1.776	1.785	1.794	1.803	1.813	1.822	1.831	1.841	1.851	1.860	1.870	1.880	1.890	1.900	1.910	1.921	1.931	1.942	1.952	1.963	1.974	1.985	1.996	2.007	2.018
BNAI (a-b)		-156	-191	-199	-208	-217	-225	-234	-243	-252	-261	-270	-280	-289	-299	-308	-318	-328	-338	-348	-358	-368	-378	-389	-399	-410
BN (impuestos 35%)		-156	-191	-199	-208	-217	-225	-234	-243	-252	-261	-270	-280	-289	-299	-308	-318	-328	-338	-348	-358	-368	-378	-389	-399	-410
Depreciación		424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424	424
Inversion fija	-10.588																									
Flujo Caja del proyecto	-10.588	268	233	224	216	207	198	189	180	171	162	153	144	134	125	115	106	96	86	76	66	55	45	35	24	13
TIR del proyecto	-9,77%																									
VP del proyecto	-9.025																									

Tabla 32: Cuadro de usos y fuentes del proyecto
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que tanto el ingreso como el egreso total aumentan año a año, pero el ingreso lo hace en menor proporción afectando la rentabilidad. Si bien la productividad [kWh/año] disminuye anualmente debido a pérdidas por rendimiento en los paneles, tal como se detalló en el punto 3.3.2.2, el ingreso anual aumenta ya que el 85 % de la productividad se ve beneficiada por el aumento del 1 % anual del precio del combustible. A su vez, el 15 % restante correspondiente al aumento del servicio en el puerto de Mar del Plata aumenta en razón de 0,35 %. Con respecto a los egresos, el 66,4 % correspondiente al costo por aumento del consumo de combustible se incrementa un 1 % anual por la suba del precio de combustible, y el 33,6 % restante de la estructura de costos, debido al mantenimiento, permanece constante año a año.

La tasa interna de retorno resulta de -9,77 %, menor al estándar financiero y el valor presente es negativo y presenta un valor de -9.025 US\$. En conclusión, el proyecto no resulta rentable.

3.3.5. Análisis de costos y ahorros

Los costos asociados a la instalación fotovoltaica son el costo por el aumento del consumo de combustible al agregar la instalación fotovoltaica al buque y el costo de mantenimiento de la instalación fotovoltaica y las estructuras de soporte. En la Tabla 33 se muestran los costos en el primer año del proyecto y su relación respecto al ahorro conseguido en el mismo período (US\$ 1.620).

	Costo [US\$]	Porcentaje en el costo total	Porcentaje con respecto del ahorro de combustible
Costo por aumento del consumo de combustible	898,11	66,4	55,4
Costo por mantenimiento	454,53	33,6	28
Total	1352,64	100	83,5

Tabla 33: Costos en el primer año del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

El costo por aumento del consumo de combustible al transportar la instalación fotovoltaica representa el 55,4 % del ahorro generado por las celdas fotovoltaicas.

El costo de mantenimiento de la instalación fotovoltaica representa el 28 % del ahorro generado por las celdas fotovoltaicas.

El costo total anual representa el 83,5 % del ahorro anual en el consumo de combustible. El elevado costo genera que el proyecto no sea rentable. Por lo cual no resulta conveniente la instalación de celdas fotovoltaicas para la reducción del consumo de combustible en una embarcación como el Padre Pio.

3.3.6. Escenarios posibles de rentabilidad

En la Figura 13 se analiza como varía el valor presente del proyecto en función de la variación del precio del gasoil. A partir de un aumento del 270,2 % en el precio del combustible el proyecto es rentable.

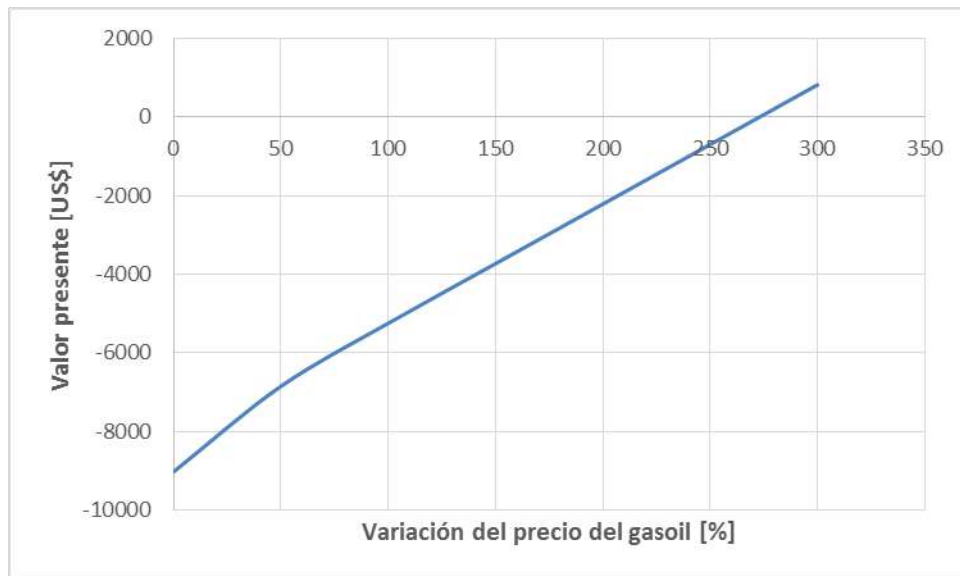


Figura 13: Valor presente en función de la variación del precio del gasoil.
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 se analiza como varía el valor presente del proyecto en función del aumento anual del precio del gasoil. Se puede observar que ningún aumento anual en el precio de combustible conlleva la rentabilidad del proyecto. Esto puede explicarse debido a la disminución del rendimiento de los paneles y que el valor del combustible tiene mayor influencia en los costos que en los ingresos, como se detalla en el punto 3.3.4.

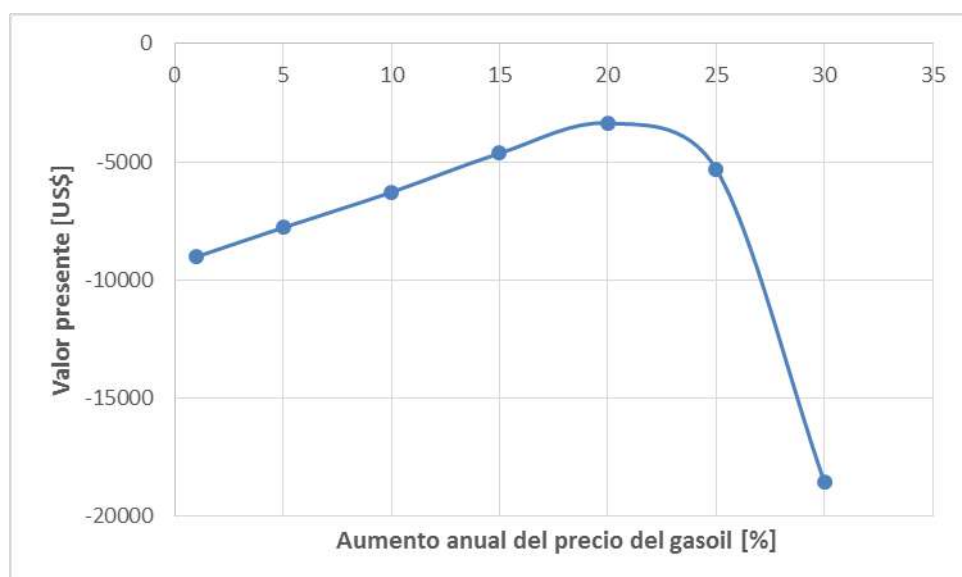


Figura 14: Valor presente en función del aumento anual del precio del gasoil.
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, si desde el punto de vista tecnológico hay avances significativos con respecto a la densidad de potencia promedio [W/m^2] y/o al peso promedio del panel por Watt obtenido [kg/W], el proyecto podría ser rentable. Esto se debe a que se generaría más energía con la misma superficie que conllevaría a un ahorro mayor y, con una disminución del peso añadido por la instalación fotovoltaica, el aumento del consumo de combustible destinado a la propulsión sería menor.

3.4. ANÁLISIS DEL PROYECTO

3.4.1. Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Se realizará un análisis para determinar la reducción de emisiones de GEI debido a la disminución de la demanda de combustible y energía de la red eléctrica del puerto al incorporarse el generador fotovoltaico.

Las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida para la energía fotovoltaica son cercanas a los 46 g/kWh (Alsema, Scholten, & Fthenakis, 2006).

En altamar, con producción de energía eléctrica por acción del alternador acoplado al motor auxiliar, se consideran las emisiones producto de la combustión de diésel. Se utilizan las relaciones de energía en función de volumen de combustible calculadas en la Tabla 28. Para Navegación diurna se observa una relación de 3,9867 kWh/l y 4,1739 kWh/l para Pesca diurna. De esta manera se calcula la cantidad de combustible utilizado en la producción de energía. Sabiendo que la emisión de GEI corresponde a 3,176 kg/kg-gasoil (Secretaría de Energía, 2014) y la densidad del gasoil es de 0,832 kg-gasoil/l se calcula el total de emisiones GEI.

En el caso que se toma energía desde la red eléctrica del puerto, se considera 336,95 g/kWh (Secretaría de Energía, 2014) de emisiones GEI, calculado al dividir las emisiones totales anuales entre la energía total anual generada.

El aumento del consumo de combustible por la instalación fotovoltaica produce emisiones GEI. Sabiendo que aumenta 893,52 l/año el consumo de combustible, el total de emisiones GEI resulta de 2.361 kg/año.

El ahorro en combustible en altamar conlleva a una reducción en la emisión de dichos gases representado en la Tabla 34. Se observa un promedio de 3.552 kg/año.

Año	Producción en Navegación diurna [kWh]	Producción en Pesca diurna [kWh]	Reducción de emisión de GEI [kg]	Año	Producción en Navegación diurna [kWh]	Producción en Pesca diurna [kWh]	Reducción de emisión de GEI [kg]
1	3.682	2.455	3.994	14	3.238	2.158	3.512
2	3.590	2.393	3.894	15	3.210	2.140	3.482
3	3.559	2.373	3.861	16	3.182	2.122	3.453
4	3.529	2.352	3.828	17	3.155	2.103	3.423
5	3.498	2.332	3.795	18	3.128	2.085	3.394
6	3.468	2.312	3.763	19	3.101	2.068	3.365
7	3.439	2.292	3.730	20	3.075	2.050	3.336
8	3.409	2.273	3.699	21	3.049	2.032	3.307
9	3.380	2.253	3.667	22	3.022	2.015	3.279
10	3.351	2.234	3.635	23	2.997	1.998	3.251
11	3.322	2.215	3.604	24	2.971	1.981	3.223
12	3.294	2.196	3.573	25	2.945	1.964	3.195
13	3.266	2.177	3.543				

Tabla 34: Reducción de emisiones de GEI en altamar.
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 35 se calcula la reducción de emisión de gases de invernadero cuando la embarcación se encuentra en situación de “Puerto”. Se observa un promedio de 325 kg/año.

Año	Producción en Puerto [kWh]	Reducción de emisión de GEI [kg]	Año	Producción en Puerto [kWh]	Reducción de emisión de GEI [kg]
1	1.083	365	14	952	321
2	1.056	356	15	944	318
3	1.047	353	16	936	315
4	1.038	350	17	928	313
5	1.029	347	18	920	310
6	1.020	344	19	912	307
7	1.011	341	20	904	305
8	1.003	338	21	897	302
9	994	335	22	889	300
10	986	332	23	881	297
11	977	329	24	874	294
12	969	326	25	866	292
13	960	324			

Tabla 35: Reducción de emisiones de GEI en situación “Puerto”.
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 36 representa las emisiones de gases de efecto invernadero a causa de la producción de energía del generador fotovoltaico. Se observa un promedio de 295 kg/año.

Año	Producción [kWh]	Emisión de GEI [kg]	Año	Producción [kWh]	Emisión de GEI [kg]
1	7.219	332	14	6.348	292
2	7.039	324	15	6.294	290
3	6.978	321	16	6.240	287
4	6.919	318	17	6.187	285
5	6.859	316	18	6.134	282
6	6.801	313	19	6.081	280
7	6.742	310	20	6.029	277
8	6.685	307	21	5.978	275
9	6.627	305	22	5.926	273
10	6.571	302	23	5.876	270
11	6.514	300	24	5.825	268
12	6.459	297	25	5.775	266
13	6.403	295			

Tabla 36: Emisión de GEI a causa de la producción de energía del generador fotovoltaico.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, en la Tabla 37 se resume la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero con la incorporación del generador fotovoltaico en la instalación. Las emisiones de GEI promedio en la instalación original corresponden a las emisiones producto del consumo de combustible y de la energía de red eléctrica demandada para producir la misma cantidad de energía que se alimentaría con el sistema fotovoltaico.

La disminución promedio de emisiones de GEI es de 1.220 kg/año. Generando un mejoramiento de la imagen social de la empresa y del medioambiente.

Emisiones de GEI promedio en la instalación original (altamar y puerto) [kg/año]	3.877
Emisiones de GEI promedio con instalación fotovoltaica [kg/año]	295
Emisiones de GEI por aumento del consumo de combustible en la propulsión [Kg/año]	2.361
Disminución de emisiones de GEI [kg/año]	1.220

Tabla 37: Reducción de emisiones de GEI incorporando el generador fotovoltaico. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Alternativas al proyecto

Se proponen tres alternativas para distintas aplicaciones de celdas fotovoltaicas en embarcaciones.

La primera consiste en instalar, en el mismo buque, sólo las celdas fotovoltaicas necesarias para abastecer el consumo de los equipos de comunicaciones, GPS y luminaria mínima en caso de catástrofe. Estas celdas contribuirían con energía eléctrica a la instalación del buque y, en caso de catástrofe, cargarían las baterías para abastecer los servicios mencionados. No se analizaría la rentabilidad, sino la seguridad en el mar.

Una segunda alternativa relacionada con la primera pero modificando el tipo de embarcación, es aplicar la tecnología en cuestión en balsas salvavidas. El objetivo del trabajo consistiría en mantener una comunicación por mayor tiempo, priorizando en su estudio el sistema de seguridad de comunicaciones en vez del ahorro energético.

Por último se propone la instalación de celdas fotovoltaicas en un nuevo prototipo desde su diseño en el astillero, contemplando la normativa vigente de Prefectura Naval Argentina y el Certificado Nacional de Seguridad de la Navegación desde su origen. En dicho prototipo se buscará que los paneles formen parte estructural de la instalación, de esta manera se reduzca el peso añadido por la instalación fotovoltaica y se reduzca el aumento del consumo de combustible, principal costo del proyecto analizado.

4. CONCLUSIONES

La elaboración del proyecto se basó en el estudio de la factibilidad de la instalación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana en la ciudad de Mar del Plata, que representan el 15,3 % de la flota pesquera del puerto de la ciudad. Se utilizó como referencia el prototipo de embarcación pesquera costera lejana “Padre Pío”. Este buque pesquero fue construido en el Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., ubicado en el puerto de la ciudad de Mar del Plata.

Se comenzó con un diagnóstico de la situación inicial del buque, en la que se analizó la instalación eléctrica. Con el objetivo de prescindir de acumuladores de energía, se dimensionó el sistema fotovoltaico para situarse en todo momento por debajo del mínimo de consumo energético, calculado mediante el balance eléctrico de la embarcación. El consumo mínimo se presenta en la condición de operación “Puerto”, con una demanda de potencia de 39,23 kW. Asimismo, para el diseño de la instalación fotovoltaica se tuvo en cuenta que 800 W es la potencia mínima requerida para cargar en 6 h las baterías de 4,8 kWh que alimentan los sistemas de comunicación.

En una segunda etapa, se seleccionaron los módulos fotovoltaicos a utilizar a partir de una matriz de selección. Al analizar los mismos se evidenció que el espacio disponible en la cubierta de la embarcación resultó ser el factor limitante del proyecto. Luego de seleccionar el inversor, se realizó el cálculo de la configuración del sistema, resultando de dos ramas de once módulos fotovoltaicos de 250 W conectados en serie al inversor, alimentando a la instalación existente en el buque con una potencia máxima de 5 kW. Se efectuó el cálculo de la estructura de soporte, cableado y protecciones necesarias y se desarrolló el mantenimiento necesario para la instalación.

El diseño de la instalación fotovoltaica y la estructura de soporte contempla las Ordenanzas Marítimas Nº 1/08, 3/02, 1/97, 1/81, 2/81 de Prefectura Naval Argentina. Considerando el régimen técnico del buque, normas de construcción, medidas de seguridad, protecciones, pintado, signos identificatorios, fuente de energía, tableros y operatividad. Se complementó la instalación eléctrica con las normas AEA 90364-7-771, CEI 60364-7-712 y ITC-BT-40.

Se analizó en conjunto con el Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., capitanes de barco e ingeniero naval, la influencia del peso de la instalación fotovoltaica y la estructura de soporte con respecto a factores de importancia en buques pesqueros como son la operatividad, navegabilidad, estabilidad, flotabilidad y seguridad en el mar.

De las entrevistas con los especialistas se pudo concluir que, si bien la cubierta superior cercana a proa de este prototipo de buques no se utiliza en las operaciones de navegación y pesca, ya que las capturas ingresan por una rampa en popa y toda la manipulación de la pesca se produce bajo cubierta, se recomendó dejar libre de obstáculos el espacio lateral a los distintos accesos a bodegas para no dificultar las operaciones de carga y descarga de la embarcación en el puerto, como también el armado y acopio de redes.

La instalación propuesta representa el 0,31 % del desplazamiento máximo del buque, con lo cual se pudo determinar que para un buque de dicho desplazamiento máximo, el tonelaje y la ubicación propuesta de la instalación fotovoltaica no afecta su operatividad, navegabilidad, estabilidad, y carga del buque.

. En cambio, el peso asociado a la instalación conlleva al incremento de 893,52 l/año de consumo de combustible del motor propulsor.

La zona de operación del buque es en el mar adyacente a la Provincia de Buenos Aires. Se utilizaron las coordenadas (latitud 57° S; longitud 38° E) del mar argentino para obtener los datos de radiación promedio mensual y temperatura ambiente mensual. Mediante el software PVSyst se realizó la estimación de la pérdida por sombras, que resultó de 3,04 %. La estimación de la producción de energía del sistema fotovoltaico resultó de 7,219 MWh durante el primer año y 6,420 MWh/año en promedio para la vida útil del proyecto (25 años), disminución debida a las pérdidas de eficiencia de conversión de los módulos a lo largo del tiempo. El rendimiento de los módulos disminuye al 97,5 % luego del primer año y a continuación, a lo largo de su vida útil, disminuye en razón de 0,8564 % por año.

Finalmente, para realizar el análisis económico, se consideraron las situaciones del barco en altamar y del barco en el puerto. Para la primera se calculó el precio de la energía mediante las curvas del motor auxiliar y el rendimiento del alternador de la instalación. Con respecto a la segunda situación, se tomó el precio de la energía de la red eléctrica del puerto.

Los costos asociados al proyecto son 454,5 US\$/año para el mantenimiento y 898,08 US\$ en el primer año del proyecto debido al aumento del consumo de combustible por el peso adicional de la instalación fotovoltaica. A pesar de ahorrar más litros que los que se consumen en propulsión por la instalación fotovoltaica, dichos costos representan el 83,5 % del ahorro económico relacionado a la utilización de la instalación fotovoltaica.

Con una inversión total de 10.588 US\$, la TIR del proyecto es de -9,77 % y el VP -9.025 US\$, valores influenciados directamente con la reducción del rendimiento de paneles y aumento del consumo de combustible. Por lo tanto, el proyecto no resulta rentable y no se recomienda su ejecución.

El proyecto resultaría rentable si el precio del combustible aumentara un 270,2 %. Por otra parte, se pudo observar que ningún aumento anual en el precio de combustible, durante los 25 años de vida útil de los paneles, conlleva la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, si desde el punto de vista tecnológico hay avances significativos con respecto a la densidad de potencia promedio [W/m^2] y/o al peso promedio del panel por Watt obtenido [kg/W], el proyecto podría ser rentable. Esto se debe a que se generaría más energía con la misma superficie que conllevaría a un ahorro mayor y, con una disminución del peso añadido por la instalación fotovoltaica, el aumento del consumo de combustible destinado a la propulsión sería menor.

Se mencionan tres posibles alternativas para distintas aplicaciones de celdas fotovoltaicas en embarcaciones. La primera corresponde a la instalación, en el mismo buque, de sólo las celdas fotovoltaicas necesarias para abastecer el consumo de los equipos de comunicaciones, GPS y luminaria mínima en caso de catástrofe. En la segunda alternativa, relacionada con la primera, se propone la aplicación de celdas fotovoltaicas en balsas salvavidas buscando mantener una comunicación por mayor tiempo. Por último, se busca la instalación de celdas fotovoltaicas en un nuevo prototipo desde su diseño en el astillero.

El proyecto presenta dos beneficios, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en promedio 1.220 t/año y asegura la carga de las baterías que alimentan los sistemas de comunicación en menos de 6 h. Por lo tanto, el mismo favorece al medioambiente, mejora la imagen social de la empresa y contribuye en la seguridad en el mar.

Sin embargo, para la realización del proyecto y de las alternativas planteadas se debe contar con el análisis detallado de un Ingeniero Naval, que avale técnicamente el cumplimiento y modificación de las normativas de la Prefectura Naval Argentina desarrollando las líneas del buque y el cálculo de estabilidad, valor crítico del centro de gravedad, curvas de altura metacéntrica transversal inicial mínimos, altura del centro de gravedad sobre la línea base máximos y manual de carga.

Sumado a la no rentabilidad del proyecto, se adicionan tareas rutinarias que cargan la operatividad a la tripulación del buque y al personal de mantenimiento, como también la reducción del espacio libre en cubierta relacionado con la carga y descarga del buque, el armado y acopio de redes. Por lo tanto, no se recomienda la realización del proyecto.

5. BIBLIOGRAFÍA

AEA. (2006). Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles - Viviendas, Oficinas y Locales (Unitarios)".

AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA. (2014). Informes de perspectivas de las tecnologías energéticas.

AGLIANO, S. (2016). Empresario pesquero y ex capitán de embarcaciones pesqueras.

AITECO. (2011). Aiteco Consultores. Recuperado el 4 de Julio de 2015, de <http://www.aiteco.com>

ALSEMA, SCHOLTEN, W., & FTHENAKIS. (2006). Environmental impacts of PV electricity generation.

ÁLVAREZ, B. (2013). Otro mundo. Recuperado el 17 de Septiembre de 2015, de <http://www.otromundoesposible.net/informes/el-precio-del-petroleo>

ASOCIACIÓN CANARIA DE METEOROLOGÍA. (2010). Recuperado el 12 de Mayo de 2015, de <http://www.acanmet.org/portal/pages/climatologia/cambio-climaacutetico/evolucion-temperatura-global.php>

ASTILLERO NAVAL FEDERICO CONTESSI Y CÍA. S.A. (2015). Entrevista.

BP. (2015). BP plc. Recuperado el 26 de Junio de 2015, de <http://www.bp.com/>

CÁRDENAS, G. J. (2012). Matriz energética argentina. Situación actual y posibilidades de diversificación. Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario.

CEI. (2006). Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica.

CONSORCIO PORTUARIO REGIONAL MAR DEL PLATA. (2012). Informe de gestión período 2008-2011 puerto de Mar del Plata. Obtenido de http://www.puertomardelplata.net/informe_gestion.pdf

CUMMINS ENGINE COMPANY. (2004). Recuperado el 22 de Agosto de 2015, de <http://www.cummins.com/>

DAVID, F. R. (2010). Conceptos de administración estratégica. Pearson - Prentice Hall.

DE HORMAECHEA, J. (2016). Ingeniero Civil.

DECKER, K. (2015). Low-tech Magazine. Recuperado el 2015 de Mayo de 2015, de <http://www.lowtechmagazine.com/2015/04/how-sustainable-is-pv-solar-power.html>

DIRECCIÓN DE DESARROLLO MARÍTIMO Y FLUVIAL, MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES. (2015). Disposición N° 75/15. Dirección de desarrollo marítimo y fluvial, Ministerio de Asuntos Agrarios.

DIRECCIÓN DE ECONOMÍA PESQUERA. (2015). Informe de Cuyutura Diciembre 2015. Ministerio de Agroindustria.

ECOLOGISTAS EN ACCIÓN. (2006). Ecologistas en Acción. Recuperado el 1 de Junio de 2015, de <http://www.ecologistasenaccion.org/article4450.html>

ENERGÍAS RENOVABLES. (2016). Obtenido de <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/como-limpiar-paneles-solares/>

ERENOVABLE. (2015). Energías renovables, ventajas y desventajas. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de <http://erenovable.com/energias-renovables-ventajas-y-desventajas/>

ESBOLSA. (Abril de 2013). Recuperado el 10 de Septiembre de 2015, de <http://esbolsa.com/blog/bolsa-americana/que-es-el-sp-500/>

ESCALANTE PÉREZ, A. (2015). Fuentes de energía y sus aplicaciones. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de <http://uaaan.dspace.escire.net/bitstream/handle/123456789/6647/63316%20ESCALANTE%20PEREZ%2c%20ADONIRAM%20%20MONOG.pdf?sequence=1>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado el 13 de Agosto de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s05.htm>

FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. (2006). United Nations - Framework Convention on Climate Change. Recuperado el 24 de Julio de 2015, de <http://www.newsroom.unfccc.int/es>

GUDMUNDSSON, A. (2009). Prácticas de seguridad relativas a la estabilidad de buques pesqueros pequeños.

IGNOTO, L. (2016). Presidente Sociedad de Patrones Pescadores.

IRENA. (2012). Renewable energy technologies: cost analysis series. Recuperado el 21 de Mayo de 2015, de http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf

IRIANI, M. (2016). Ingenier Electromecánico.

ISOFOTÓN. (2008). Manual de instalación, uso y mantenimiento de los módulos fotovoltaicos.

ITC. (2002). Reglamento para Instalaciones generadoras de baja tensión.

LACALLE, E. (2016). Capitán de embarcaciones pesqueras.

LUND, J. (2009). Characteristics, Development and utilization of geothermal resources.

MUNICIPALIDAD GENERAL PUEYRREDÓN. (2015). Municipalidad General Pueyrredón. Recuperado el 22 de Agosto de 2015, de <http://www.mardelplata.gob.ar/>

NASA. (2013). NASA Earth Fact Sheet. Recuperado el 15 de Julio de 2015, de <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>

PERPIÑÁN LAMIGUEIRO, O. (2012). Energía solar fotovoltaica.

PESCADORES, S. M. (2015). Obtenido de <http://simape.org/tabla-de-valores/>

PREFECTURA NAVAL ARGENTINA. (1981). Ordenanza Marítima N° 2/81 "Máximos alejamientos y tiempos de ausencia para pesqueros marítimos costeros y de rada 0 ría".

PREFECTURA NAVAL ARGENTINA. (1981). Ordenanza Marítima N° 1/81 "Normas Relativas a la fuente de energía eléctrica principal y al tablero eléctrico principal de los buques y artefactos navales".

PREFECTURA NAVAL ARGENTINA. (1997). Ordenanza Marítima N° 1/97 "Normas para el pintado y signos identificatorios de los buques pesqueros".

PREFECTURA NAVAL ARGENTINA. (2002). Ordenanza N° 3/02 (DPSN) "Régimen Técnico del buque", normas de construcción para buques y artefactos navales. .

PREFECTURA NAVAL ARGENTINA. (2008). Ordenanza N° 108 (DPSN) "Régimen técnico del buque".

PREFECTURA NAVAL ARGENTINA. (2016). Prefectura Naval Argentina Autoridad Martinima. Obtenido de http://www.prefecturanaval.gov.ar/web/es/html/spnn_tramite.php?id_tramite=40#tiempo

PUERTO MAR DEL PLATA. (2016). Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de <http://www.puertomardelplata.net/index-2.html#>

PUIG, J., & COROMINAS, J. (1990). La ruta de la energía. Recuperado el 12 de Julio de 2015, de https://books.google.com.ar/books?id=GMRZlZUfxGkC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

RECARTE, KOLDO AGUDO. (2010). Pre-diseño de la planta propulsora, planta eléctrica y estudio de eficiencia y ahorro energético de un Bonitero del Cantábrico

RENAC. (2009). Renac Mexico. Recuperado el 23 de Julio de 2015, de http://www.renacmexico.com/fileadmin/user_upload/Download/RENAC_Mexico/Introduccion_fotovoltaica.pdf

SEBASTIANI, M. (2016). Despachante de Aduana.

SECRETARÍA DE ENERGÍA. (2014). Recuperado el 25 de Septiembre de 2015, de <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>

SMART GREEN. (2015). Análisis de la influencia de la sociedad en FV.

UNIÓN OBRERA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. (2016). Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina. Recuperado el 20 de Septiembre de 2015, de http://www.uocra.org/newuocra/tablasalarial/f5e167_convenio_colectivo_de_trabajo_2016.pdf

UNIÓN OBRERA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. (Abril de 2015). Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina. Recuperado el 20 de

Septiembre de 2015, de

http://www.uocra.org/newuocra/tablasalarial/850095_Anexo%20I%20-%20convenio%202015.pdf

YARDENI, E., & ABBOTT, J. (2015). Stock Market Briefing: S&P 500 Profit Margins, Sectors & Industries.

ZUGARRAMUNDI, A., & PARÍN, M. (2008). Apuntes de catedra.

6. ANEXO

6.1. Anexo 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL BUQUE PADRE PIO.

Se presentan las especificaciones técnicas del buque Padre Pio.

1- MOTOR PROPULSOR

Constructor: MITSUBISHI

Características y dimensiones

Cantidad	1 (uno)
Número de fábrica:	72375
Marca:	MITSUBISHI
Modelo:	S6R2-MPTA
Tipo:	Diesel
Nro. de cilindros:	6 (seis)
Posición de los cilindros:	en Línea
Simple o doble efecto:	Simple
Número de ciclos:	4 (cuatro)
Diámetros de los cilindros:	170mm
Carrera de los émbolos:	220mm
Nro. máximo de rpm:	1.350 rpm
Potencia máxima:	597 HP (445 kW)
Potencia reducida:	450 (HP)
Velocidad máxima:	9,5 Nudos
Sistema de arranque:	Eléctrico
Reversible o no:	No
Turbo:	Mitsubishi, cantidad 1 (uno) / Posenfriado
Tipo de inyección:	Directa-Solida
Ubicación:	Sala de Máquinas

COMBUSTIBLE:

Clase:	Gasoil
Consumo/h a velocidad máxima:	109,1 l/h
Consumo/h a velocidad normal:	92 l/h

ACEITE LUBRICANTE:

Clase:	SAE 15W40
Consumo a velocidad máxima:	0,014 l/h
Consumo a velocidad normal:	0,011 l/h

REDUCTOR DE VELOCIDAD:

Marca o tipo:	TWIN DISC MG 5202
Serial Nro.:	3X7343
Relación de red:	5,04 : 1
Relación de reduc. marcha atrás:	5,04 : 1
Sistema de acoplamiento:	Hidráulico

COJINETE DE EMPUJE

Incluido en la caja reductora

EJE INTERMEDIO

No posee

EJE PORTAHELICE

Material:

Acero inoxidable ISI 316L

Largo:

3.570 mm

Diámetro:

163 mm

Con o sin camisas:

sin camisas

Material de las camisas:

Sistema de lubricación:

Baño de aceite

Sistema de refrigeración:

Baño de aceite

BUJES:

Material

Popa: de Bronce con asiento de metal blanco

Proa: de Bronce con asiento de metal blanco

Largo

Popa: 470 mm Ø217 mm esp.: 25mm

Proa: 375 mm Ø217 mm esp.: 25mm

Sistema de lubricación:

Popa: Baño de aceite

Proa: Baño de aceite

Sistema de refrigeración:

No posee

BOCINA

Material:

Acero SAE 1020

Largo:

2.000 mm

Diámetro:

270 mm

PRENSAESTOPA DEL EJE:

Material:

Provisión BUEN RUMBO

Largo:

170 mm

Diámetro:

180mm

HÉLICE

Tipo, peso:

KA 5-75, 0,43 t

Nº de palas:

5

FA/F:

75%

Diámetro:

1,75 m

Paso:

1,83 m

Material de núcleo y palas:

Bronce al manganeso

Superficie desarrollada de c/ pala:

0,451 m²

Rev. Hélice a velocidad max.:

268 rpm

VELOCIDADES

Velocidad máxima del buque:

9,5 Nudos

2- MOTORES AUXILIARES

2 (dos)

MOTOR DE ESTRIBOR

1 (uno)

Constructor:

CUMMINS BRASIL

Lugar de construcción:

BRASIL

Marca:

CUMMINS

Modelo:

6CTA 8.3-M (JW)

Tipo:

Diesel

Nro. de cilindros:

6 (seis)

Número de pistones de cada cilindro:

1 (uno)

Número de ciclos:

4 (cuatro)

Diámetros de los cilindros:

114 mm

Carrera de los émbolos:

135 mm

Potencia efectiva:

190 kW a 1.800 rpm

Sistema de arranque:

Eléctrico 12VCC

Reversible o no:

No

Tipo de inyección:

Directa-Solida

Ubicación:

Sala de máquinas

MOTOR DE BABOR

1 (uno)

Constructor:

CUMMINS BRASIL

Lugar de construcción:

BRASIL

Marca:

CUMMINS

Modelo:

6CTA 8.3-M (JW)

Tipo:

Diesel

Nro. de cilindros:

6 (seis)

Número de pistones de cada cilindro:

1 (uno)

Número de ciclos:

4 (cuatro)

Diámetros de los cilindros:

114 mm

Carrera de los émbolos:

135 mm

Potencia efectiva:

190 kW a 1.800 rpm

Sistema de arranque:

Eléctrico 12VCC

Reversible o no:

No

Tipo de inyección:

Directa-Solida

Ubicación:

Sala de máquinas

Aceite lubricante (ambos motores)

SAE 15W40

Consumo a velocidad máxima c/motor:

0,04 l/h

Consumo a velocidad normal c/motor:

0,02 l/h

3- TANQUES DE COMBUSTIBLE

Cantidad, capacidad total:

5, suman 35.300 l

Destino:

Alimentación de motor propulsor y aux.

CAPACIDAD Y UBICACIÓN C/U

Tanque sala maq. Estribor:

4.750 l

Tanque sala maq. babor:

4.750 l

Tanque popa estribor:

6.750 l

Tanque popa babor:

6.250 l

Tanque doblefondo central:

12.800 l

**CANTIDAD Y UBICACIÓN DE
PUERTAS DE REGISTRO:**

2 en sala de maq., 3 en cuarto timón y 2 en bodega

Tanque agua potable

Cantidad, ubicación:

2, suman 25.500 l

Tanque de proa:

15.500 l

Tanque pique de proa:

10.000 l

5- FILTROS PARA COMBUSTIBLE

Cantidad:

3 (tres)

Tipo:

Uno triple con valvulas individuales

Ubicación:

Sala de máquinas

6- FILTROS PARA ACEITE LUBRICANTE

Los incorporados de fábrica en los motores

7- CÁMARA Y MÁQUINA FRIGORÍFICA

Cámara frigorífica:

(bodega de carga)

Cantidad:

1 (una)

Capacidad, ubicación:

145 m³ entre c16 y c39

Máquinas frigoríficas

1 (una)

Potencia:

12 kW

Ubicación:

Sala de máquinas

Gas refrigerante:

Freon 22

Compresores frigoríficos

1 (uno) marca Moskar

Alternativo a pistón, 2 cilindros vert.

Etapas de compresión:

1 (una)

Diámetro de la etapa:

88,5 mm

Carrera de los émbolos:

77 mm

Máximas revoluciones:

900 rpm

Presión de trabajo:

7 Kg/cm²

Presión de prueba:

20 Kg/cm²

Sistema de lubricación:

Forzada con bomba

Accionada por:

Motor eléctrico de 12 kW

Separador de aceite:

Tipo Wite, automático c/retorno cárter

8- BOMBAS

De achique e incendio

2 (dos)

Dimensiones y características:

Ø2", 24 m³/h a 25mca

Servicio a que esta destinada:

Aliment. colector incendio y achique

Accionado por:

motores eléctricos de 3 kW

De achique y bodega

1 (una)

Dimensiones y características:

Ø3", 24 m³/h a 25mca

Servicio a que esta destinada:

Aliment. colector incendio y achique

Accionado por:

motores eléctricos de 3 kW

De trasvase de combustible	1 (una)
Dimensiones y características:	1 engranaje $\varnothing 1\ 1/4''$
Servicio a que esta destinada:	5,3 m ³ /h
Accionado por:	Motor eléctrico de 2,2 kW
De agua dulce	2 (una)
Dimensiones y características:	Centrífuga de 1/2"
Servicio a que esta destinada:	11m ³ /h a 28 mca
Accionado por:	Motor eléctrico de 1,1 kW
De agua salada	1 (una)
Dimensiones y características:	Centrífuga de 1/2"
Servicio a que esta destinada:	11m ³ /h a 28 mca
Accionado por:	Motor eléctrico de 1,1 kW
De circuito de frío	1 (una)
Dimensiones y características:	Centrífuga de 1/2"
Servicio a que esta destinada:	11m ³ /h a 28 mca
Accionado por:	Motor eléctrico de 2,2 kW
De sanitarios	1 (una)
Dimensiones y características:	Centrífuga de 1/2"
Servicio a que esta destinada:	11m ³ /h a 28 mca
Accionado por:	Motor eléctrico 2,2 kW
De electropac	1 (una)
Dimensiones y características:	Centrífuga de 1/2"
Servicio a que esta destinada:	12m ³ /h a 31 mca
Accionado por:	Motor eléctrico de 1,5 kW
De purificadora de combustible	1 (una)
Dimensiones y características:	Centrífuga de 1/2"
Servicio a que esta destinada:	5m ³ /h a 4 atm
Accionado por:	Motor eléctrico de 1,49 kW
De enfriador guinche	1 (una)
Dimensiones y características:	Centrífuga de 1/2"
Servicio a que esta destinada:	11m ³ /h a 28 mca
Accionado por:	Motor eléctrico 2,2 kW

9- TUBERIAS

De combustible

Material:	Acero negro
Tipo de tubos:	Sin costura
Diámetro externo:	42 mm
Diámetro interno:	35 mm
Sistema de unión de los tubos:	Soldados y bridas

De agua dulce

Material:	Acero galvanizado y aqua system
Tipo de tubos:	Standard
Diámetro externo:	33 mm
Diámetro interno:	26 mm
Sistema de unión de los tubos:	Roscado y termofusion

De agua salada

Material:	Acero Galvanizado
Tipo de tubos:	Reforzado galvanizado en caliente
Diámetro externo:	60,3 mm , 73 mm , 89 mm y 114 mm
Diámetro interno:	3,9 mm , 5,2 mm , 5,5 mm , 6 mm
Sistema de unión de los tubos:	Soldados y bridas

10- GUINCHE DE PESCA

Dimensiones y características:

	2 (dos), Rotativo a tambor, marca: BERYCAR
	Poseen 1 tambores Ø900 mm, para cable 18 mm
	Velocidad de giro 40 rpm, todo de acero
Potencia:	140 HP
Velocidad del cable (tambor vacío):	22 m/min / tiro 70 KN
Velocidad del cable (tambor lleno):	70 m/min / tiro 70 KN
Accionado por:	Motor auxiliar
Tipo, ubicación:	Sobre cubierta principal, hidráulica monocontrol

11- VENTILADORES SALA DE MAQUINAS

Potencia:	3 (tres) Extractor axial en sala de maquinas, 1,1 kW
	2 (dos) Forzadores centrífugos, 2,2 kW

12- MÁQUINA DEL TIMÓN SERVOMOTOR

Marca:	Buen Rumbo
Tipo:	Dos cilindros hidráulicos en antiparalelo (Push-Pull)
Modelo:	BR-1000
Torque:	1.000 Kgm
Presión de trabajo máxima:	100 Bar

BOMBA HIDRÁULICA DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO

Marca:	Pilmhor
Modelo:	G1A-CF-24-CC-DR-D
Torque:	1,91 Kgm
Presión de trabajo:	100 Bar
Accionada por:	Motor propulsor

ELECTROBOMBA

Marca:	Pilmhor
Modelo:	G1A-CF-24-CC-DR-D
Torque:	1,91 Kgm
Presión de trabajo:	100 Bar
Accionada por:	Motor eléctrico Siemens 2,2 kW

BOMBA HIDRÁULICA DE EMERGENCIA

Marca:	Venturi
Modelo:	90313000
Presión de trabajo:	100 Bar
Accionada por:	Manualmente, en rueda de cabillas

13- GENERADORES

Cantidad:	2 (dos)
Marca:	Cramaco
Tipo:	Sincrónico
Potencia:	80 kVA
Tensión:	220/380 V
Accionada por:	Motores auxiliares
Aislación:	IP 23

14- COMPRESOR DE AIRE

Cantidad: 1 (uno)
Marca: Modenesi
Modelo: T5
Potencia: Motor eléctrico 0,75 kW
Capacidad: 105 l

15- PURIFICADORA

Cantidad: 1 (una)
Marca: Westfalia
Modelo: OTC 02-137
Potencia: Motor eléctrico 1,1 kW
Caudal: 1.200 l/h

6.2. Anexo 2: EJEMPLO ANÁLISIS BALANCE ELÉCTRICO.

A modo de ejemplo se muestra como se realiza el análisis del balance eléctrico para un consumidor del buque. La metodología para realizar el balance se encuentra en la sección 2.3 del Marco Teórico del presente trabajo. El consumidor elegido para realizar la ejemplificación es “Rectif. Luces nav/bod/pes” debido a que presenta una diferencia apreciable entre las diferentes situaciones y, además, resulta simple de analizar sin necesidad de un amplio conocimiento de la operación del buque.

Este consumidor contempla todas las luminarias de la instalación del buque y tiene una potencia de 1,5 kW. Como el conjunto de luminarias se toma como un solo consumidor, entonces, n es igual a 1 y, por la ecuación (1), P_{ct} es igual a P_{ce} que es 1,5 kW.

$$P_{ct} = P_{ce} * n \quad (1)$$

Las condiciones de operación son: Pesca nocturna (S1), pesca diurna (S2), navegación nocturna (S3), navegación diurna (S4) y puerto (S5).

Coefficiente de utilización (K_n), definido al calcular la fracción de potencia instalada que ha de ser consumida en cada uno de los casos considerados por cada uno de los consumidores o grupo de consumidores.

Se puede observar que el valor de K_n más alto se presenta en la situación de “Pesca nocturna” debido a que se deben utilizar las luminarias de pesca. En segundo lugar, con un valor de 0,7 se encuentra “Navegación nocturna”, debido a que esta situación no utiliza las luces de pesca. Las situaciones de “Pesca diurna” y “Navegación diurna” solo requieren las luminarias ubicadas en el interior del buque. Para el caso de “Puerto” es necesario el uso de las luminarias del interior del buque para tareas de mantenimiento, carga y descarga.

Coefficiente de servicio y régimen (K_{sr}), representa la posible superposición de condiciones análogas de trabajo, aunque desfasadas en el tiempo. Depende del ciclo de funcionamiento y del régimen de servicio considerado.

Este consumidor toma valor de unidad debido a que su utilización en régimen corresponde a la totalidad de la potencia del equipo, dicho valor podría variar si la intensidad de la luminaria fuera regulable.

Denominación Equipo	K _n					K _{sr}				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
Rectif. Luces nav/bod/pes	0,8	0,3	0,7	0,2	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabla II.1: Ejemplo balance eléctrico luminarias.

Fuente: Elaboración propia en base a (Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A., 2015).

Utilizando la ecuación (2) se calcula la potencia demandada por consumidor y situación. El resultado se presenta en la Tabla II. y representa la potencia media demandada por el consumidor en cada una de las condiciones de operación.

$$Potencia\ demandada\ por\ consumidor\ y\ situación\ (Pcs) = Pct * Kn * Ksr \quad (2)$$

Denominación	Potencia demandada [kW]				
Equipo	S1	S2	S3	S4	S5
Rectif. Luces nav/bod/pes	1,20	0,45	1,05	0,30	0,75

Tabla II.2: Ejemplo potencia demandada por condiciones de operación.
Fuente: Elaboración propia.

Se calcula la potencia total demandada por situación con la ecuación (3).

$$Potencia\ total\ demandada\ por\ situación = \sum_{n=1}^m Pcs \quad (3)$$

Siendo m el número total de consumidores instalados.

6.3. Anexo 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RENESOLA - VIRTUS II JC250M.

Se presenta las especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico ReneSola - VIRTUS II JC250M.



High Module Conversion Efficiencies



Easy Installation and Handling for Various Applications



Mechanical Load Capability of up to 5400 Pa



Conforms with IEC 61215:2005, IEC 61730:2004, UL 1703 PV Standards



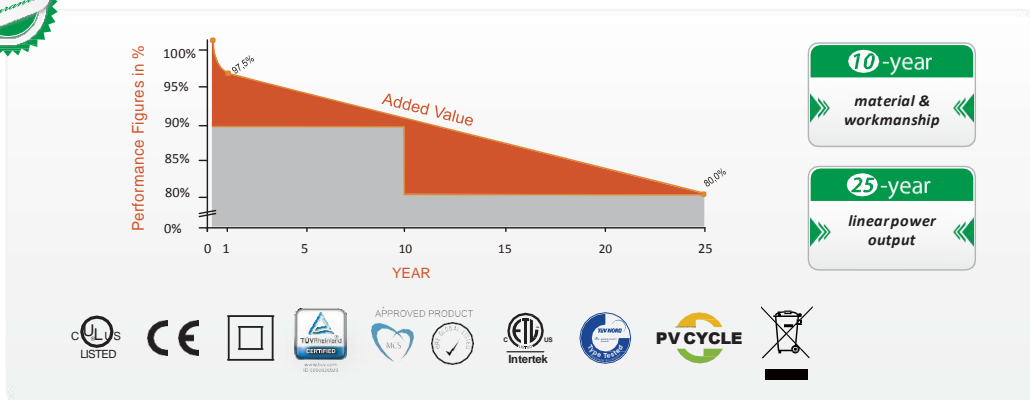
ISO9001, OHSAS18001, ISO14001 Certified



Application Class A, Safety Class II, Fire Rating C



Also Applicable For Module With Black Frame



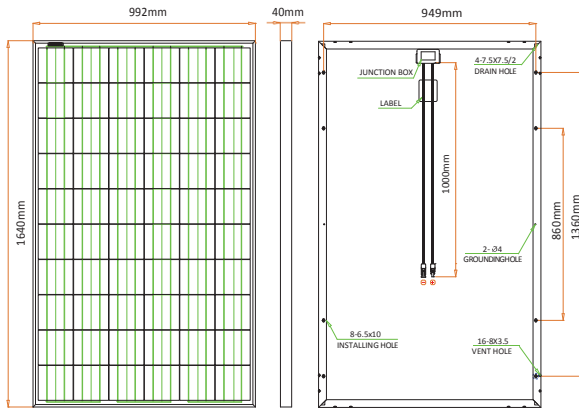
ReneSola.com



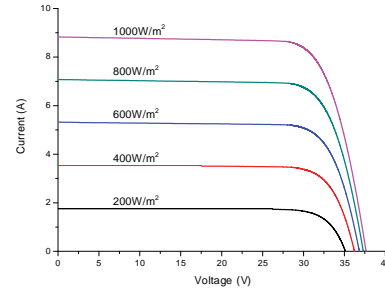
Virtus® II Module

250W, 255W, 260W

Dimensions



I-V Curves



Varied Irradiation Efficiencies

Irradiance	200W/m ²	400W/m ²	600W/m ²	800W/m ²	1000W/m ²
Efficiency	15.8%	16.2%	16.2%	16.1%	16.0%

Electrical Characteristics STC

	JC250M-24/Bb	JC255M-24/Bb	JC260M-24/Bb
Maximum Power (P _{max})	250 W	255 W	260 W
Power Tolerance	0 ~ +5W	0 ~ +5W	0 ~ +5W
Module Efficiency	15.4%	15.7%	16.0%
Maximum Power Current (I _{mp})	8.31 A	8.39 A	8.53 A
Maximum Power Voltage (V _{mp})	30.1 V	30.4 V	30.5 V
Short Circuit Current (I _{sc})	8.83 A	8.86 A	8.95 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	37.4 V	37.5 V	37.6 V

Values at Standard Test Conditions STC (AM1.5, Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C)

Electrical Characteristics NOCT

	JC250M-24/Bb	JC255M-24/Bb	JC260M-24/Bb
Maximum Power (P _{max})	185 W	189 W	193 W
Maximum Power Current (I _{mp})	6.57 A	6.63 A	6.74 A
Maximum Power Voltage (V _{mp})	28.2 V	28.5 V	28.6 V
Short Circuit Current (I _{sc})	7.12 A	7.20 A	7.27 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	35.0 V	35.1 V	35.2 V

Values at Normal Operating Cell Temperature, Irradiance of 800 W/m², AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s

Mechanical Characteristics

Cell Type	Virtus II (Polycrystalline) 156x156 mm, 60 (6x10) pcs in series
Glass	High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP65/IP67 Rated, With Bypass Diodes
Dimension	*1640 x 992 x 40 mm
Output Cable	4 mm ² (EU)/12 AWG (US), 1000 mm
Weight	19 kg
Installation Hole Location	See Drawing Above

Characteristics

Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.04%/°C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.40%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C ± 2°C

Packing Information

Container	20' GP	40' GP	40' HQ
Pallets per Container	12	28	28
Pieces per Container	300	700	770

Maximum Ratings

Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000VDC (EU) / 600VDC (US)
Maximum Series Fuse Rating	20A (EU) / 20A (US)

Rev No: IC/TDS/2014.05 *Contact ReneSola for tolerance specification
CAUTION: All rights reserved. Design and specification are subject to change without prior notice.

ReneSola.com

6.4. Anexo 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RENESOLA – REPLUS 6000TL3A.

Se presenta las especificaciones técnicas del inversor ReneSola – REPLUS 6000TL3A.



ReplusTM
by ReneSola

Replus 4000 / 5000 / 6000TL3E



Features

- Max.Efficiency 97.8%, MPPT Efficiency>96.7%
- Integrated DC switch for added safety protection (optional)
- Transformerless design and high power density,offer lighter and more convenient installation
- 5 years standard warranty(Optional 10 years warranty available)
- Supports Wi-Fi, RS-485

INTRODUCTION

ReneSola Replus serial inverters take reliability, efficiency, and ease of installation to a whole new level. Replus inverters are perfect for system integrators and end users who require high performance PV inverters for small and medium sized solar PV projects in industrial, commercial and residential applications. Replus inverters are available in sizes from 4KW to 6KW, and optimized for cost-efficiency in megawatt sized power plants.

Follow us



www.renesola.com



Replus 4000 / 5000 / 6000TL3E

Model name	Replus 4000TL3EL	Replus 5000TL3EL	Replus 6000TL3EL
DC Input Data			
Max DC power(W)	4200	5200	6200
Max DC voltage(V)		1000	
MPPT voltage range(V)		200-800	
Starting voltage(V)		180	
Max DC current(A)		11 / 11	
No. of DC connectors		2	
No. of MPPTs		2(can parallel)	
DC connector		SUNCLIX / MCA(Optional)	
AC Output Data			
Nominal AC power(W)	4000	5000	6000
Max AC power(W)	4000	5000	6000
Max AC current(A)	7	8.5	10
Nominal AC output		50 / 60Hz, 400Vac	
AC output range		45 ~ 55Hz / 55 ~ 65Hz; 310~480Vac	
THDI		<1.5%	
Power factor		0.9 leading-0.9 lagging	
Grid connection		3W / N / PE	
Efficiency			
Max efficiency		97.6%	
Euro efficiency		>96.7%	
MPPT adaptation efficiency		>99.5%	
Protection			
Residual current monitoring unit		Integrated	
Anti-islanding protection		Integrated	
DC switch		Integrated(optional)	
AC over current protection		Integrated	
Insulation monitoring		Integrated	
Certifications&Standards			
Grid regulation	AS4777.2&3, G82 / 2, VDE0126-1-1+A1, VDE-AR-N 4105, UTECI 5-712-1		
Safety	AS3100, IEC62109-1&2		
EMC	EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3		
General Data			
Dimensions(WxHxD)		516*474*192mm	
Weight(kg)		24	
Mounting		Wall bracket	
Ambient temperature range		-25~60°C(>45°C derating)	
Relative humidity		0~95%	
Max operating altitude		2000m	
Protection degree		IP65	
Topology		Transformerless	
Night power consumption(W)		<1	
Cooling		Nature convection	
Noise emission(dB)		<30	
Display		5.0"LCD	
Communication		USB2.0, RS485 or Wi-Fi	
Standard warranty(years)		5 / 10(optional)	

Follow us



www.renesola.com

6.5. Anexo 5: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EXZHELLENT – MAR RDtC4Dt

Se presenta las especificaciones técnicas del cable EXZHELLENT – MAR RDtC4Dt.



EXZHELLENT – MAR RDtC4Dt

ENERGÍA / POWER
Tensión asignada / Rated voltage: 0,6/1 kV



Armado / Armoured

NORMAS / STANDARDS:

IEC 60092-350 IEC 60092-351 IEC 60092-353 IEC 60092-359	IEC 60754-1 IEC 60754-2 IEC 61034-2	IEC 60332-1-2 IEC 60332-3-22
--	---	---------------------------------

CONSTRUCCIÓN:

- 1.- **CONDUCTOR:**
Cobre recocido clase 5.
- 2.- **AISLAMIENTO:**
Poliétileno reticulado libre de halógenos (HF XLPE)
IEC 60092-351.
Identificación de conductores:
ver página 30.
- 3.- **RECUBRIMIENTO INTERNO:**
Polioléfina termoplástica, libre de halógenos.
- 4.- **ARMADURA:**
Trenza de alambres de cobre.
- 5.- **CUBIERTA EXTERIOR:**
Polioléfina termoplástica, libre de halógenos (SHF1).
IEC 60092-359.



CONSTRUCTION:

- 1.- **CONDUCTOR:**
Annealed copper, stranded class 5.
- 2.- **INSULATION:**
Halogen free cross linked polyethylene (HF XLPE).
IEC 60092-351.
Core identification: see page 30.
- 3.- **INNER COVERING:**
Thermoplastic polyolefine LSF.
- 4.- **ARMOUR:**
Copper wire braid.
- 5.- **OUTER SHEATH:**
Halogen free thermoplastic polyolefin (SHF1).
IEC 60092-359.

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Cables flexibles armados para instalación en buques con especiales características de no propagación del incendio y reducida emisión de humos opacos, gases tóxicos y corrosivos.

MAIN USES AND FEATURES:

Flexible armoured cables for installation in marine applications with special performances on flame spread and low emission of smoke and fumes.

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Temperatura máxima del conductor en servicio permanente: 90°C.
Temperatura mínima de instalación y tendido: -15 °C.
Temperatura mínima de operación: -40 °C.

DESIGN CHARACTERISTICS:

Max. rated conductor temperature in normal operation: 90°C
Minimum handling & laying temperature: -15 °C.
Minimum operational temperature: -40 °C.

EXZHELLENT – MAR RDtC4Dt



ENERGÍA / POWER

Tensión asignada / Rated voltage: 0,6/1 kV

CÓDIGO	SECCIÓN NOMINAL	DIÁMETRO BAJO ARMADURA	DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	RADIO CURVATURA	INTENSIDAD ADMISIBLE AIRE 45° C	CAÍDA TENSIÓN (COS φ=0,8)	INDUCTANCIA
CODE	CROSS SECTION	DIAMETER UNDER ARMOUR	OUTER DIAMETER	WEIGHT	BENDING RADIUS	CURRENT RATING AIR 45 °C	VOLTAGE DROP (COS φ=0,8)	INDUCTANCE
	mm ²	mm	mm	kg/km	mm	A	V/A km	mH/km
7784105	1x1	4,7	7,5	90	30	16	34,83	0,549
7784106	1x1,5	4,9	7,7	95	35	21	23,67	0,520
7784107	1x2,5	5,3	8,1	110	35	28	14,26	0,480
7784108	1x4	5,9	8,7	135	35	38	8,890	0,443
7784109	1x6	6,4	9,2	160	40	49	5,966	0,414
7784110	1x10	7,4	10,4	215	45	67	3,500	0,383
7784111	1x16	8,4	11,4	280	45	91	2,254	0,356
7784112	1x25	10,0	13,2	390	55	117	1,490	0,341
7784113	1x35	11,1	14,3	495	60	147	1,085	0,325
7784114	1x50	12,7	16,5	695	70	180	0,786	0,318
7784115	1x70	14,8	18,8	930	75	233	0,580	0,305
7784116	1x95	16,4	20,4	1.150	85	285	0,460	0,293
7784117	1x120	18,4	22,6	1.430	90	333	0,378	0,286
7784118	1x150	20,2	24,6	1.735	100	386	0,321	0,284
7784119	1x185	22,1	26,5	2.050	160	444	0,279	0,280
7784120	1x240	25,2	29,8	2.700	180	528	0,230	0,272
7784121	1x300	28,6	33,4	3.290	200	612	0,200	0,265
7784205	2x1	7,3	10,3	150	45	13	34,57	0,349
7784206	2x1,5	7,8	10,8	165	45	23	23,61	0,331
7784207	2x2,5	8,6	11,6	200	50	31	14,20	0,307
7784208	2x4	9,7	12,9	240	55	43	8,839	0,287
7784209	2x6	10,8	14,0	340	60	55	5,919	0,272
7784210	2x10	12,7	16,5	515	70	75	3,458	0,256
7784211	2x16	14,7	18,7	690	75	100	2,218	0,245
7784212	2x25	18,0	22,2	980	90	130	1,458	0,246
7784213	2x35	20,2	24,6	1.260	100	161	1,057	0,239
7784214	2x50	20,0	24,6	1.455	150	196	0,759	0,235
7784215	2x70	23,5	28,3	1.965	170	251	0,556	0,232
7784216	2x95	26,4	31,4	2.495	190	306	0,438	0,227
7784217	2x120	29,7	35,5	3.210	215	357	0,358	0,226
7784218	2x150	32,8	38,8	3.900	235	412	0,302	0,228
7784219	2x185	36,2	42,6	4.690	255	472	0,262	0,229
7784220	2x240	41,3	48,1	6.095	290	558	0,215	0,226

6.6. Anexo 6: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CIMET DUROLITE CONTRAFUEGO.

Se presenta las especificaciones técnicas del cable Cimet Durolite Contrafuego.



**Tabla 7: CORRIENTE ADMISIBLE NOMINAL EN TIERRA- (A)
CONDUCTORES CLASE 2**

sección nominal mm ²	COBRE					ALUMINIO				
	1 X			2 X	3x; 3x/N	1 X			2 X	3 X y 4X
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1.5	29	30	30	29	26					
2.5	38	39	39	39	34					
4	49	50	50	51	44					
6	61	62	63	65	55					
10	81	83	84	88	73					
16	104	107	108	112	94	81	83	84	86	73
25	134	138	140	144	122	104	107	109	112	94
35	161	165	168	173	146	125	128	130	134	113
50	189	195	198	207	174	147	151	153	161	135
70	232	238	243		216	180	185	188		168
95	277	286	291		261	215	222	226		202
120	315	325	331		298	245	253	258		231
150	353	364	372		334	274	283	288		260
185	397	410	420		377	310	320	326		294
240	459	474	487		437	359	371	380		341
300	517	534	552		493	406	420	430		386
400	586	607	631			465	481	495		
500	668	693	726			535	555	573		
630	742	770	823			606	629	656		



Tabla 8: FACTOR DE CORRECCIÓN POR TIPO DE TERRENO

Resistividad térmica del terreno (K.m/W)	Factor de corrección	Referencias Aproximadas (1)	
		Condición de suelo	Condición climática
0.70	1.10	Muy húmedo	LLC
1.00	1.00	Húmedo	LLR
1.20	0.92		
1.50	0.85		
2.00	0.75	Seco	LLA
2.50	0.69		
3.00	0.63	Muy seco	LLN

(1) En caso de incertidumbre consultar valor de resistividad volumétrica a autoridades locales o medir.

LLC= Lluvias continuas.

LLR= Lluvias regulares.

LLA= Lluvias aisladas.

LLN= Muy poca o ninguna lluvia.

Temperatura del terreno (°C)	Factor de corrección
-5	1.30
0	1.26
5	1.21
10	1.16
15	1.11
20	1.06
25	1.00
30	0.94

Tabla 9: FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA DEL TERRENO

Tabla 10: FACTOR DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE CABLES

Separación entre cables o grupos [S] (mm)	Número de cables multipolares o grupos de cables unipolares						
	2	3	4	5	6	8	10
0	0.79	0.69	0.63	0.58	0.55	0.50	0.46
70	0.85	0.75	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53
250	0.87	0.79	0.75	0.72	0.69	0.66	0.64



Profundidad (m)	Factor de corrección
0.25-0.70	1.00
0.71-0.90	0.97
0.91-1.10	0.95
1.11-1.30	0.93
1.31-1.50	0.92

Tabla 11: FACTOR DE CORRECCIÓN POR PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN

OTROS FACTORES:

FACTOR DE CORRECCIÓN PARA CABLES DENTRO DE CAÑERÍAS: 0.80

FACTOR DE CORRECCIÓN PARA CABLES CON CUERDAS FLEXIBLES CLASE 4 Ó 5: 0.95

6.7. Anexo 7: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CRAMACO G2R 200 MB/4.

Se presenta las especificaciones técnicas del alternador Cramaco G2R 200 MB/4.



REV 4 19.05.15

G2R 200 MB/4

80 kVA - 50 Hz

105 kVA - 60 Hz

**Características Técnicas - - Technical Characteristics
Según normas - - According to:
IEC 34-1 CEI 2-3 VDE 0530 UTE NF C 51-100-111 BS 4999**

Aislación clase - Insulation class	H	Rodamiento L.A. - D.E. Bearing	6313-2RS-C3
Protección - Enclosure	IP23	Rodamiento L.O.A - O.D.E Bearing	6310-2RS-C3
Cosφ - Power factor	0,8	Caudal de aire - Air Flow:	(50Hz:20.5m ³ /1')
Altura - Altitude	≤ 1000 m		(60Hz:24.6m ³ /1')
Sobrevelocidad - Oversped	2160 rpm	Peso alternador - Alternator weight	350 kg
Sistema de excitación - Excitation system	brushless	Peso estator completo - Stator weight	221 kg
Sistema de regulación - Regulation system	A.V.R.	Peso rotor completo - Rotor weight	129 kg
Precisión tensión - Voltage accuracy	± 0,5%	Resist. fase - Estator winding resist.20°C	0,055Ω
Paso de arrollamiento - Winding pitch	2/3	Resist. Rotor - Rotor resist. 20°C	2,63Ω
Distorsión armónica - Harmonic residual	≤ 5%	Resist. Estator excit - Excit.stator resist.	14,5Ω
Número de terminales - Number of leads	12	Resist. Rotor excit. - Excit. Rotor resist.	0,19Ω
Sobrecarga - Overload	10%(1Hora)	Constante de tiempo - Time constant T'do	750mS
Radio interferencia - Radio interference	G-VDE 0875	Constante de tiempo - Time constant T'd	58mS
Corriente de cortocircuito - Short circuit current	>3,5In	Constante de tiempo - Time constant T''d	13mS
Relación de cortocircuito - Short circuit ratio	kcc 0.34	Constante de tiempo - Time constant Ta	11mS

Conexiónados - Arrangements:	50 Hz				60 Hz					
Tensión - voltage: estrella serie-series star	380	400	415	440	380	416	440	460	480	
Tensión - voltage: estrella paral-paral star	190	200	207	220	190	208	220	230	240	
Tensión - voltage: triang.seriel.delta series	220	231	240	254	220	240	254	266	277	
Tensión - voltage: triang.paral-paral.delta	110	115	120	127	110	120	127	133	138	
Pot.- Power: Continuous kVA S1 (cl.H -40°C)	80	80	76.0	64	90	95	105	105	105	
Pot.- Power: Stand By kVA S1 (cl.H -40°C)	90	90	85.5	72	95	100	115	115	115	
Reactancia-Reactances %(S1-cl.F-40°C)	Xd	360	325	302	221	421	405	387	354	325
	X'd	24,7	22,3	20,7	15,2	30,2	27,8	26,5	24,3	22,3
	X"d	8,2	7,4	6,9	5	11,6	9,2	8,8	8,1	7,4
	Xq	189	171	116	116	227	212	203	186	171
	X2	21,3	19,2	13,1	13,1	26,1	24	22,8	21	19,2
X0	4	3,6	2,5	2,5	4,7	4,5	4,3	3,9	3,6	
Tensión monofásica - Voltage monophas	220	230	240	254	220	240	254	266	277	
Potencia monofásica - Power monophas	52	52	49	42	59	61	68	68	68	

S1 - cl. F - 40°C - 400/440 V		50 Hz			60		
Cosφ 0,8	n%	90,4	91,4	90,5	92,0	93,0	92,7
	I Excit. (A)	1.4	1.9	2.3	1.2	1.7	2.1
Cosφ 1	n%	91,5	92,6	91,5	92,4	93,5	92,9
	I Excit. (A)	1.3	1.8	2.2	1.1	1.6	2.0

6.8. Anexo 8: COPARTICIPACIÓN DEL ASTILLERO NAVAL FEDERICO CONTESSI Y CÍA. S.A..

Se deja constancia de la participación del Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A. en la realización del trabajo final mediante la siguiente carta.

Siendo Nicolás Lorenzo Eijo (Mat: 12638) y Juan Ignacio Paneiva Pompa (Mat: 12734) estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la carrera Ingeniería Industrial.

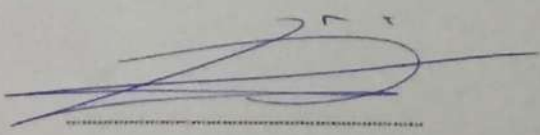
A pedido de los interesados y a efectos de ser presentado ante las autoridades correspondientes, se certifica la participación en conjunto entre los estudiantes mencionados y el Astillero Naval Federico Contessi y Cía. S.A durante la elaboración del Trabajo Final "Aplicación de celdas fotovoltaicas en embarcaciones de pesca costera lejana".

En primera instancia se realizó una entrevista en el astillero el día 01/04/2015 con Domingo Contessi, quién luego de conversar las cuestiones primordiales del proyecto (donde se seleccionó la embarcación "Padre Pío") nos introdujo a Leandro Goñi con quién se continuó la entrevista.

Durante la misma se reforzó la selección del buque y se hizo entrega de planos y especificaciones técnicas correspondientes, enfatizando que el mismo es una embarcación de doble cubierta. En consecuencia tanto la superficie correspondiente a la cubierta principal, en el sector más cercano a la proa, y por encima de la cabina se encuentran disponibles para la instalación de las celdas fotovoltaicas.

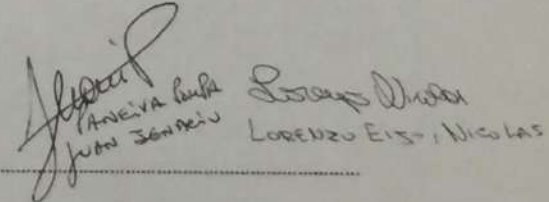
El desarrollo y validación de los aspectos técnicos del proyecto contó con el apoyo del astillero. Específicamente, se evaluó en conjunto información, análisis técnicos y avances del Trabajo Final con respecto a las cuestiones que se detallan a continuación, encontrándose resultados favorables a los aspectos técnicos planteados por los alumnos en el desarrollo de la tesis.

- Balance eléctrico.
- Centro de gravedad de la embarcación.
- Consumos eléctricos y de combustibles.
- Esquema de la instalación.
- Influencia de las estructuras en la operatividad y navegabilidad.
- Normativas vigentes.
- Ubicación de las celdas fotovoltaicas.


Firma y Aclaración

Autoridad competente del Astillero Federico Contessi y Cía. S.A.

FRANCISCO D. PALESTINI
TECNICO CONSTRUCTOR NAVAL
MAT P.N.A. 421
MAT C.P.T. 100


Firma y Aclaración

Estudiantes de la Facultad de Ingeniería.