



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE

Integración de energía solar fotovoltaica en la conducción Júcar- Vinalopó y en el recurso de desalación

Informe elaborado para:

Junta Central de Usuarios del Vinalopó Alacantí y
Consorcio de Agua de la Marina Baja



JUNTA CENTRAL DE USUARIOS
DEL VINALOPÓ, L'ALACANTÍ
Y CONSORCIO DE AGUAS
DE LA MARINA BAJA

Octubre de 2020

Informe elaborado por:

Miguel Ángel Pérez Martín

Profesor Titular de Universidad

Investigador del Instituto de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, IIAMA-UPV.

Universitat Politècnica de València

ÍNDICE

1	Introducción	7
2	Antecedentes	9
3	Instalación fotovoltaica	15
4	Conclusiones	19

Índice detallado

1	Introducción	7
2	Antecedentes	9
2.1	Informe de Patrimonio del Estado	10
2.2	Conducción Júcar Vinalopó	12
2.3	IDAM Mutxamel.....	13
3	Instalación fotovoltaica	15
3.1	Energía del sol. Irradiancia.....	15
3.2	Volumen de agua con energía solar.....	16
3.3	Instalación fotovoltaica	17
3.4	Resultados económicos	18
4	Conclusiones	19

Índice de figuras

Figura 1. Esquema conducción Júcar-Vinalopó.	12
Figura 2. IDAM de Mutxamel.....	13
Figura 3. Irradiancia horaria a lo largo del año (kW/MW/día).....	15
Figura 4. Irradiación mensual (kWh/m ² /día).....	15
Figura 5. Volumen mensual transportado en la conducción Júcar-Vinalopó.....	16
Figura 6. Energía consumida en base a la energía solar.	16

Índice de tablas

Tabla 1. Amortización y costes unitarios en función del grado de utilización de la conducción Júcar-Vinalopó, utilización de 20 hm ³ /año.	10
Tabla 2. Estimación del coste de explotación de la conducción Júcar-Vinalopó para 20 y 35 hm ³ /año.	10
Tabla 3. Amortización y costes unitarios en función del grado de utilización de la IDAM de Mutxamel, utilización de 8 y 10 hm ³ /año.	11
Tabla 4. Estimación del coste de explotación de la IDAM de Mutxamel para 8 y 10 hm ³ /año.	11
Tabla 5. Altura manométrica, potencia requerida y ratio de consumo energético del agua elevada en la conducción Júcar-Vinalopó.	12
Tabla 6. Volumen de agua transportado, consumo de energía y emisiones de CO ₂	12
Tabla 7. Volumen de agua producido, consumo de energía y emisiones de CO ₂	13
Tabla 8. Costes medios utilizados la determinación de la inversión.	17
Tabla 9. Módulos solares, inversores, superficie de terreno necesaria e inversión total incluido IVA.	17
Tabla 10. Costes medios utilizados la determinación de la inversión.	18

1 Introducción

La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes de energía más competitivas en la actualidad. La utilización de esta energía renovable en combinación con la explotación de infraestructuras hidráulicas, con un gran consumo energético (estaciones de bombeo, desaladoras, desalinizadores, depuradoras) permite una integración de ambas tecnologías con un ahorro significativo de energía, así como una reducción de los costes de explotación, que hace muy competitivo la utilización de agua con esta fuente de energía.

En este trabajo se analiza la integración entre la energía solar fotovoltaica con la explotación de la conducción Júcar-Vinalopó, evaluando la capacidad de transporte de agua mediante el uso exclusivo de energía solar fotovoltaica y la repercusión económica de dicha integración.

2 Antecedentes

Los principales antecedentes utilizados en este informe son:

- Valoración Patrimonio. Información sobre la reunión entre la CHJ y la JCUVA-CAMB del 9-1-2018
- Conducción Júcar Vinalopó. Aspectos sustanciales para el acuerdo de suministro de agua a la Junta Central de Usuarios del Vinalopó, Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja a través de la conducción Júcar-Vinalopó
- Desaladora de Mutxamell. Aspectos sustanciales para el acuerdo de suministro de agua para abastecimiento humano a la Junta Central de Usuarios del Vinalopó, Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja desde la IDAM de Mutxamel
- 2018 TFM. Estudio para el uso de energía solar fotovoltaica en el trasvase Júcar-Vinalopó. Términos municipales de Cullera, Llaurí, Canals y Moixent (Valencia). Autora: Marta Muñoz Riera. Tutor: Miguel Ángel Pérez Martín
- 2016 TFG. Estudio de aprovechamiento del recurso eólico para un sistema de cuatro instalaciones de bombeo de agua de gran potencia. Términos municipales de Cullera, Llaurí, Canals y Moixent (valencia). Autora M^a Victoria Gómez Espejo. Tutor: Miguel Ángel Pérez Martín
- 2020 TFM. Estudio integrado hidráulico y energético de la reutilización de aguas regeneradas en el tramo final del Río Mijares (Castellón). Autor: Bernat Castro Quiles. Tutor: Miguel Ángel Pérez Martín
- 2020. TFM. Estudio de la gestión hidráulica integrada con energía fotovoltaica para la reutilización del agua de las EDARs de Rincón de León y Monte Orgegia (Alicante). Autor: Eduardo Valero Castilla. Tutor: Miguel Ángel Pérez Martín
- 2020. Vicente Richart Díaz. Modelo de análisis de costes y tarifas de los recursos del Júcar-Vinalopó y la IDAM de Mutxamel., Junta Central de Usuarios del Vinalopó y Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja.

2.1 Informe de Patrimonio del Estado

El informe de Patrimonio del Estado que contiene la información más actualizada de costes de amortización y explotación, indica que se requiere la firma de un convenio que garantice un marco estable de utilización de la conducción Júcar-Vinalopó (CJV) y de la Infraestructura de Desalinización de Agua del Mar (IDAM) de Mutxamel durante un periodo temporal de 5 años. El informe indica que el Convenio sería firmado entre Acuamed SA y la Junta Central de Usuarios del Vinalopó Alacantí y Consorcio de Agua de la Marina Baja (JCUVAyCAMB).

El informe recoge el coste anual de amortización y el coste unitario de amortización, el coste unitario fijo de explotación y el coste variable de explotación, para la utilización de 20 hm³/año. El coste total unitario es de 0.309 €/m³.

	Coste anual (€)		Coste anual unitario (€/m ³) según transferencia prevista (20 hm ³ /año)
	Completo	En función del grado de utilización previsto (20/80)	
Coste de amortización de la inversión	4.575.041	1.143.760	0,057
Coste fijo de explotación		1.620.281	0,081
Coste variable de explotación			0,171
Total			0,309

Tabla 1. Amortización y costes unitarios en función del grado de utilización de la conducción Júcar-Vinalopó, utilización de 20 hm³/año.

Aplicando el 10% IVA tal y como indica el informe, se obtiene un coste total de explotación de 0.277 €/m³ para un volumen de 20 hm³/año, y aplicando la misma metodología un coste de explotación de 0.239 €/m³/año para un volumen de 35 hm³/año.

Júcar Vinalopó		hm ³ /año	hm ³ /año
		20	35
Precio	€/m ³	+IVA €/m ³	+IVA €/m ³
Coste amortización	0.057	0.063	0.063
Coste fijo explotación	0.081	0.089	0.051
Coste variable explotación	0.171	0.188	0.188
Coste total	0.309	0.340	0.302
Cote de explotación	0.252	0.277	0.239

Tabla 2. Estimación del coste de explotación de la conducción Júcar-Vinalopó para 20 y 35 hm³/año.

El informe recoge el coste anual de amortización y el coste unitario de amortización, el coste unitario fijo de explotación y el coste variable de explotación, para la utilización de 8 y 10 hm³/año. El coste total unitario es de 0.559 €/m³ para 8 hm³/año y de 0.543 para 10 hm³/año.

Volumen desalinizado de 8 hm ³ /año	Coste anual (€)		Coste anual unitario (€/m ³) según transferencia prevista (8 hm ³ /año)
	Completo	En función del grado de utilización previsto (8/18)	
Coste de amortización de la inversión	2.248.976	999.545	0,125
Coste fijo de explotación		1.147.279	0,143
Coste variable de explotación			0,291
Total			0,559

Volumen desalinizado de 10 hm ³ /año	Coste anual (€)		Coste anual unitario (€/m ³) según transferencia prevista (10 hm ³ /año)
	Completo	En función del grado de utilización previsto (10/18)	
Coste de amortización de la inversión	2.248.976	1.249.431	0,125
Coste fijo de explotación		1.265.590	0,126
Coste variable de explotación			0,291
Total			0,543

Tabla 3. Amortización y costes unitarios en función del grado de utilización de la IDAM de Mutxamel, utilización de 8 y 10 hm³/año.

Aplicando el 10% IVA tal y como indica el informe, se obtiene un coste total de explotación de 0.277 €/m³ para un volumen de 20 hm³/año, y aplicando la misma metodología un coste de explotación de 0.239 €/m³/año para un volumen de 35 hm³/año.

Desaladora Mutxamell		hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año
		8	10	18
Precio	€/m ³	+IVA €/m ³	+IVA €/m ³	+IVA €/m ³
Coste amortización	0.125	0.138	0.138	0.138
Coste fijo operación	0.143	0.157	0.126	0.070
Coste variable explotación	0.291	0.320	0.320	0.320
Coste total	0.559	0.615	0.583	0.528
Coste de explotación	0.434	0.477	0.446	0.390

Tabla 4. Estimación del coste de explotación de la IDAM de Mutxamel para 8 y 10 hm³/año.

2.2 Conducción Júcar Vinalopó

La conducción Júcar-Vinalopó cuenta con cuatro instalaciones de bombeo: bombeo de la Marquesa, bombeo de Panser, bombeo de llanera de Ranes y bombeo de Moixent.

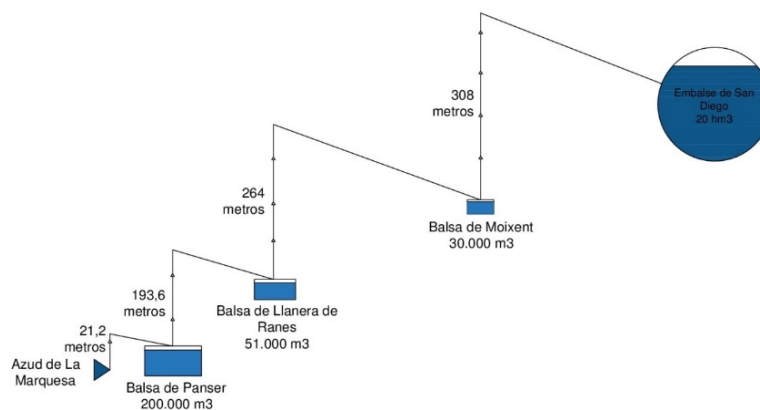


Figura 1. Esquema conducción Júcar-Vinalopó.

La altura manométrica total es de 787 metros, con una potencia necesaria de 40.86 MW y un consumo energético del agua elevada de 2.5 kWh/m³.

Bombeo	Caudal Q m ³ /s	Altura manométrica m	rendimiento	Potencia kW	Ratio consumo kWh/m ³
Marquesa	3.55	21.2	0.85	868.6	0.068
Panser	4.50	193.6	0.85	10,054.7	0.621
Llanera	4.50	264.0	0.85	13,710.9	0.846
Moixent	4.50	308.0	0.85	15,996.1	0.987
Total	4.50	786.8	0.85	40,862.7	2.522

Tabla 5. Altura manométrica, potencia requerida y ratio de consumo energético del agua elevada en la conducción Júcar-Vinalopó.

El consumo energético varía desde 50 GWh/año para 20 hm³/año, hasta de 88 GWh/año para un volumen de 35 hm³/año, con una emisión equivalente de CO₂ (357 gCO₂/kwh) que va desde 18,000 tn de CO₂ a 31,500 tn CO₂ para 35 hm³/año.

Volumen hm ³ /año	Horas-día	Consumo GWh/año	tnCO ₂
20	3.4	50.4	18,010
25	4.3	63.1	22,512
30	5.1	75.7	27,015
34	5.8	85.8	30,617
35	6.0	88.3	31,517

Tabla 6. Volumen de agua transportado, consumo de energía y emisiones de CO₂.

2.3 IDAM Mutxamel

Respecto a la IDAM de Mutxamel, la capacidad de producción es de 50.000 m³/día, con un volumen de producción de agua de 18,5 hm³/año. La potencia contratada es de 9.6 MW, con un ratio de consumo de energía de 3.2 kWh/m³.

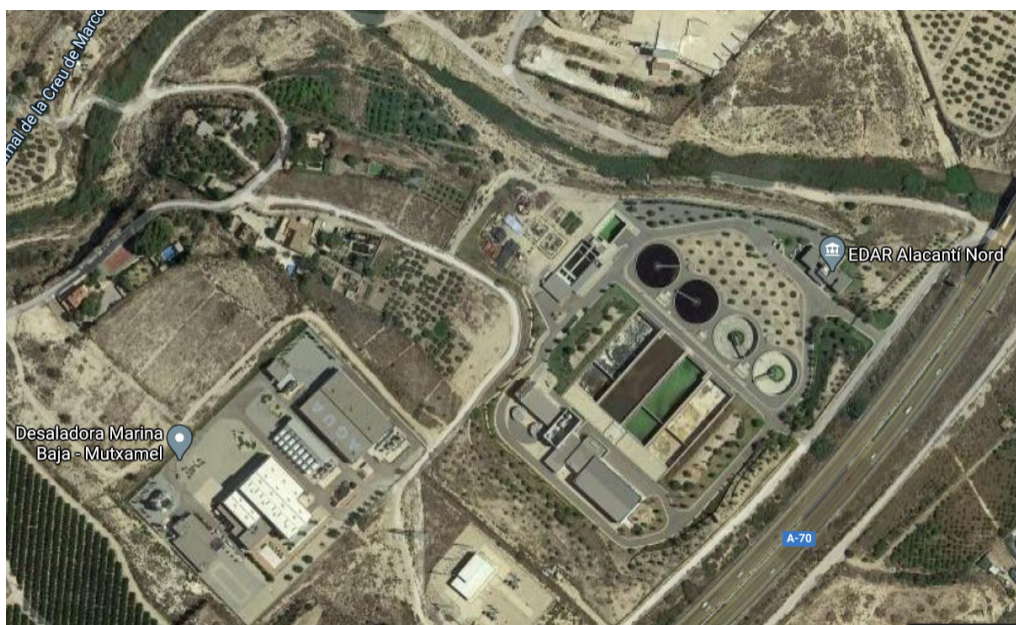


Figura 2. IDAM de Mutxamel.

El consumo energético es de 16 GWh/año para 5 hm³/año y de 48 GWh/año para un volumen de 15 hm³/año, con una emisión equivalente de CO₂ (357 gCO₂/kwh) con 5,700 tn de CO₂ para 5 hm³/año y de 17,000 tn CO₂ para 15 hm³/año.

Volumen hm ³ /año	horas-día	GWh/año	tnCO ₂
5.0	6.7	16.0	5,712
8.0	10.7	25.6	9,139
10.0	13.3	32.0	11,424
15.0	20.0	48.0	17,136
18.0	24.0	57.6	20,563

Tabla 7. Volumen de agua producido, consumo de energía y emisiones de CO₂.

3 Instalación fotovoltaica

El dimensionado de la instalación fotovoltaica se realiza partiendo de la energía procedente del sol, los componentes solares existentes y la integración entre la producción solar y la elevación de agua.

3.1 Energía del sol. Irradiancia

La energía procedente del sol se maximiza con una inclinación de 35° y alcanza un valor máximo de 920 W/m² a medio día en julio.

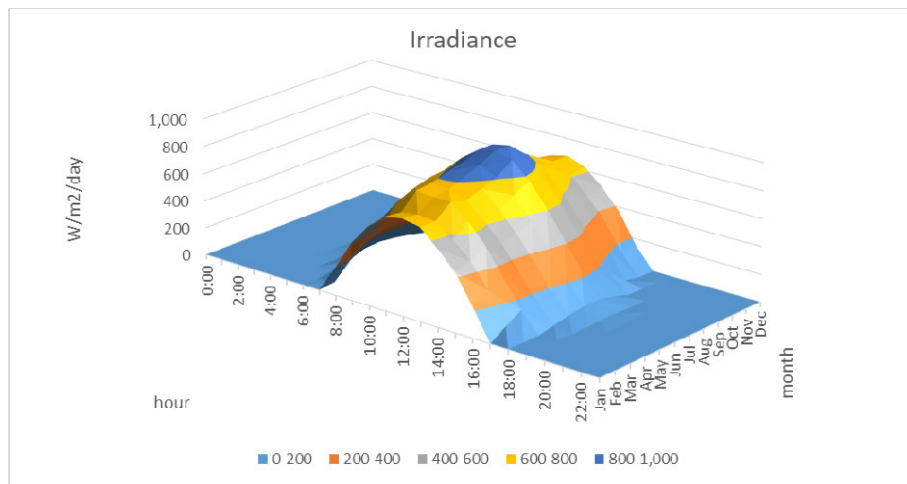


Figura 3. Irradiancia horaria a lo largo del año (kW/MW/día).

La energía total diaria para paneles fijos con una inclinación de 35°, varía desde 4 kWh/m²/día en diciembre hasta 7 kWh/m²/día en julio, con un valor medio anual de 5.6 kWh/m²/día, lo cual puede equivaler a 5.6 horas a máxima potencia.

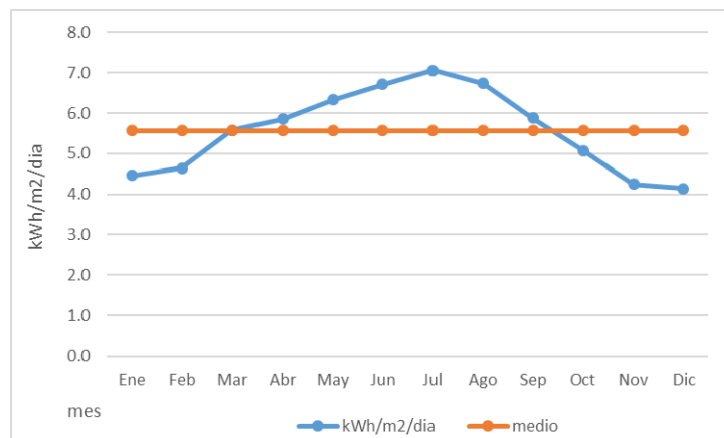


Figura 4. Irradiación mensual (kWh/m²/día).

3.2 Volumen de agua con energía solar

La integración de la producción con energía solar fotovoltaica con la elevación de agua, permite la elevación de 34 hm³/año, utilizando exclusivamente energía procedente del sol. El volumen de agua elevado se distribuye desde un mínimo de 2.1 hm³ en diciembre hasta un máximo de 3.5 hm³ en los meses de junio, julio y agosto.

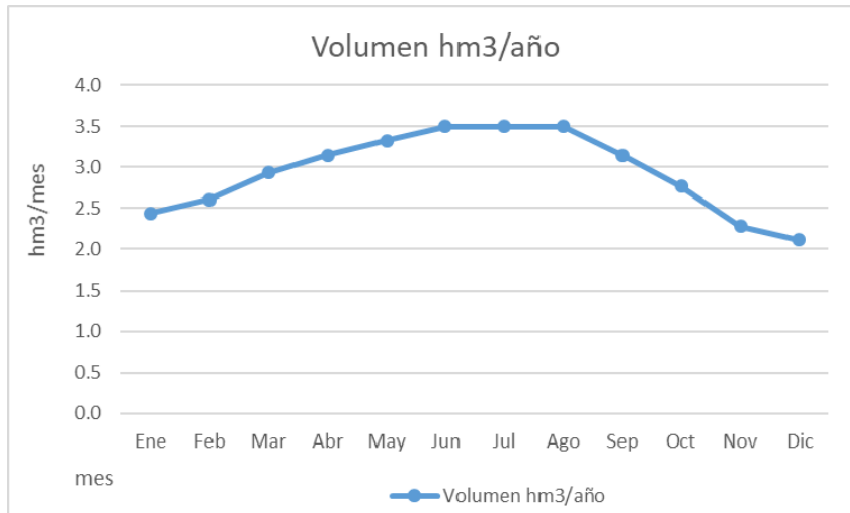


Figura 5. Volumen mensual transportado en la conducción Júcar-Vinalopó.

La demanda energética a lo largo de los días del año se distribuye hasta alcanzar la máxima potencia de los bombeos 40,800 kW en las horas centrales de los meses de junio, julio y agosto.

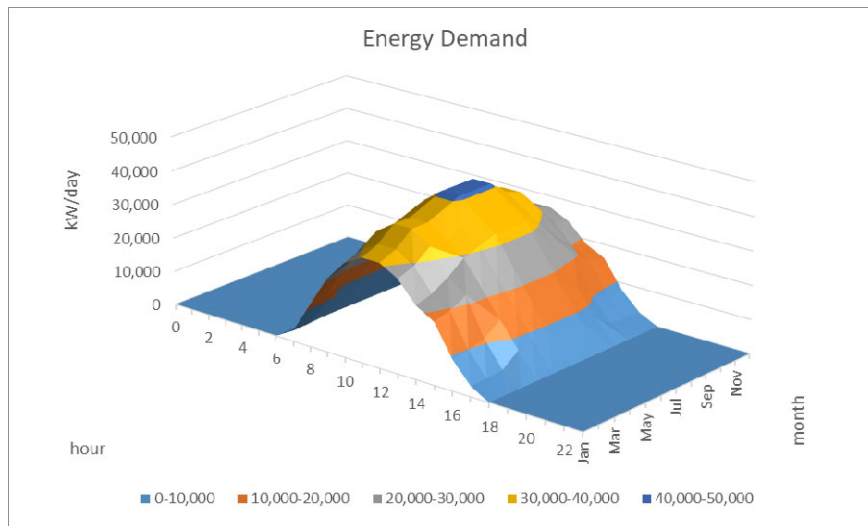


Figura 6. Energía consumida en base a la energía solar.

Hay que considerar que la disponibilidad de energía solar ya tiene en cuenta el número medio de días nublados en cada mes.

3.3 Instalación fotovoltaica

La instalación fotovoltaica definida, consiste en cuatro plantas fotovoltaicas situadas junto con las cuatro estaciones de bombeo, el conjunto de las plantas tiene una potencia instalada 59.1 MW. La instalación está formada por 120,000 módulos fotovoltaicos de 500 Wp distribuidos en 15 inversores. La superficie total ocupada es de 60 ha en el conjunto de las cuatro instalaciones.

En base a los costes medios de las instalaciones estudiadas en los trabajos previos indicados en este informe, se han utilizado los siguientes costes medios de inversión, desglosados en: modulo solar (panel fotovoltaico), inversor y adecuación del terreno y montaje de los módulos solares.

	Coste unitario €/w
Modulo solar	0.25
Inversor	0.10
Montaje	0.35
Total	0.70

Tabla 8. Costes medios utilizados la determinación de la inversión.

El coste final de la instalación, teniendo en cuenta, gastos generales (13%), beneficio industrial (6%), coste de los terrenos (5% de la inversión, 2 Millones €) y el IVA 21%, que da en 62 M€, lo cual representa un coste unitario de la instalación de 1.05 €/Wp.

Estación	módulos	inversores	superficie ha	Inversión coste €
Marquesa	3234	2	1.7	1,671,431
Panser	29531	4	15.6	15,263,633
Llanera	40269	5	21.3	20,814,045
Moixent	46981	5	24.8	24,283,053
Total	120015	16	63.4	62,032,163

Tabla 9. Módulos solares, inversores, superficie de terreno necesaria e inversión total incluido IVA.

En base a la inversión necesaria en las tres grandes instalaciones desde 15 Millones de euros hasta 24 millones de euros, y en relación a otros proyectos, el plazo de ejecución se establece en 24 meses en cada instalación, pudiéndose abordar de forma simultánea.

3.4 Resultados económicos

El diseño realizado, transporta un volumen anual de 34 hm³ mediante el uso exclusivo de energía solar fotovoltaica. La demanda de energía atendida es de 85.7 GWh-año, con una producción de 89.4 GWh-año, que finalmente produce un mínimo excedente de energía de 3.7 GWh-año el cual puede venderse a la red eléctrica.

	hm ³ /año
Volumen hm ³	34.0
	GWh-año
Demanda energía	85.7
Producción PV	89.4
Excedente energía	3.7

Tabla 10. Costes medios utilizados la determinación de la inversión.

En base los precios de referencia que determinan una parte significativa parte del coste explotación IVA incluido que se sitúa en 0.277 €/m³ a 0.239 €/m³, los precios de la energía utilizados son: precio final compra de energía incluyendo término de potencia y término de consumo de 90 €/MWh, y precio de venta de la energía al mercado eléctrico de 40 €/MWh. El coste energético del transporte e de agua se establece en 0.227 €/m³.

Con estos valores el retorno de la inversión (payback) se produce en 10 años (utilizando una tasa de actualización del 4%). La instalación funciona a partir de la energía solar fotovoltaica, por lo que el coste energético consiste en la amortización de la instalación fotovoltaica, que es de 0.0487 €/m³. Finalmente se produce una **reducción en el coste de explotación de 0.1743 €/m³**.

4 Conclusiones

La energía solar fotovoltaica es una energía renovable que se integra perfectamente con elevaciones de agua y sistemas de alto consumo de energía. La **utilización de la conducción Júcar-Vinalopó únicamente mediante energía solar fotovoltaica es de 34 hm³/año, con una inversión 62 millones de euros impuestos incluidos**. Ese volumen de agua representaría en la actualidad una huella de carbono de 30,600 tn de CO₂ por año.

El proyecto consiste en cuatro instalaciones solares fotovoltaicas, cada una situada junto la estación de elevación actual: La Marquesa, El Panser, Llanera y Moixent. El **plazo de ejecución de las instalaciones sería de 24 meses y ocupan una superficie de 2 hectáreas la más pequeña hasta 25 hectáreas la de mayor tamaño, con un total de 60 ha en el conjunto de las instalaciones**. El análisis económico de la inversión indica que los **costes de explotación, fijos y variables, podrían reducirse en 0.1743 €/m³**.

La instalación de paneles solares fotovoltaico en la desaladora de Mutxamel también contribuirá de forma significativa a reducir el consumo energético y por lo tanto la huella de carbono y el coste de explotación del agua.