



Análisis del binomio agua-energía en la isla de Tenerife

1. Introduction

Las regiones insulares presentan los mayores desafíos en términos de sostenibilidad debido a las consecuencias del cambio climático, alteraciones de los patrones del clima o efectos de origen humano directa o indirectamente, afectando varios recursos naturales como el agua dulce y los recursos energéticos [1]. Producto de lo anterior se origina la afectación a la población y a las diversas actividades económicas, lo que descompensa el desarrollo de cualquier comunidad. Por ejemplo, en el campo del agua dulce en regiones insulares, la explotación intensa y el continuo consumo de reservas subterráneas provenientes de galerías, manantiales o pozos, hacen que la extracción de agua sea menor que la recarga [2]. En Gran Canaria e Islas de Tenerife se ha producido un agotamiento de la reserva de agua subterránea de aproximadamente 2 km³ [3]. España, a nivel peninsular ha abordado la temática de escasez de agua, se conoce que cada día alcanza más el límite y se empieza a ver disminución de los recursos hídricos naturales. [4]. En cuanto al recurso energético en superficies aisladas, los sistemas de energía se están orientando a la independencia del consumo fósil, por el costo elevado de transporte de estos combustibles, debido a su importación, por lo cual se está apostando a la participación de energía renovable, como es el caso de la Isla del Hierro perteneciente al archipiélago canario, en el cual en julio del 2018 la energía procedente de fuentes renovables fue de 95.4%. [5].

La importancia de estos recursos se basa en el trabajo conjunto, por ejemplo, el suministro y disponibilidad de agua dulce se vincula directamente con la disponibilidad de energía, sea para extracción de pozos, desalación, agua regenerada, plantas de tratamiento de aguas residuales, transporte y distribución, siendo procesos de un consumo energético intenso [6][7][8]. En viceversa, el agua sirve para la producción de energía termoeléctrica o hidroeléctrica. Esto es lo que conlleva a la relación de nexo agua-energía. Llevando esta relación a nivel mundial durante el periodo 2010-2014 las extracciones de agua relacionadas con la energía oscilaron entre 398 y 583 mil millones de m³ por año, y el consumo varió entre 48 y 66 mil millones de m³. Es decir que entre el 10% y el 15% del total de las extracciones mundiales de agua se utilizan para la producción de energía [9][10]. Es de subrayar que en su mayoría es utilizada para centrales eléctricas y producción de combustibles fósiles [11]. En cuanto al consumo energético por parte del sector del agua en el año 2014 fue de 120 Mtep, (toneladas equivalentes de petróleo) esto representa el 9% del total mundial.



Por lo anterior, el presente tema se ha convertido dentro de la comunidad científica en uno de los más interesantes y proyectantes de la sostenibilidad energética. Así lo menciona Ding, T. [12] donde recopiló 1185 documentos relevantes en el tema agua y energía desde el año 2007-2019 y 43 artículos sobresalientes en el binomio agua-energía exclusivamente. Aquí hace mención a la preocupación por la crisis del agua, la presión energética y la degeneración climática, llegando a la conclusión que si se mejora la eficiencia energía-agua también permitirá aumentar el bienestar humano y reducir la huella hídrica [13]. En su mayoría las investigaciones entre agua y energía han sido vinculadas con otro vector de estudio como la agricultura – comida, seguido por industria y ciudad, y estos estudios se han dado en países o ciudades interconectadas como Hong Kong, EE.UU., Arabia Saudita, entre otros. [14][15][16][17]. Al contrario, en regiones insulares no es amplio el estudio del dúo energía-agua precisando que este tipo de superficies presentan limitaciones en los recursos hídricos y por consecuente dificultades en el campo energético poniendo en peligro el desarrollo de las economías. He aquí la importancia y el mayor reto de sostenibilidad insular. En estas comunidades remotas se ha recibido mayor atención en proyecto de energía limpia para mitigar el consumo energético de las desalinizadoras o la intensidad de bombeo de agua como es el caso de las islas remotas de Maui, Archipiélago del Egeo, Maldivas, islas canarias y S. Vicente, Cabo Verde. [18][19][20]

En este contexto, el actual trabajo tiene como objetivo abordar el tema nexo energía-agua en la Isla de Tenerife, convirtiéndose particularmente interesante y único en el campo investigativo al vincular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de cada sector y las pérdidas de cada recurso. Usualmente este tipo de estudios se realizan a partir de modelos que permiten mapear los procesos de producción y emitir una idea a escala real del sistema estudiado. Los diagramas de Sankey, son una forma de visualizar datos multidimensionales arbitrarios de una manera muy diferente. Estos permiten representar los flujos de energía, materiales o distintos recursos. Las características principales están relacionadas con: 1. La unidad del recurso 2. La magnitud del flujo mediante el ancho del enlace, que es proporcional a una propiedad del flujo, como la energía [21]. Este tipo de diagrama es implementado en esta investigación Así se forma el primer estudio insular de la Isla con este tipo de características, con el fin de que el resultado del trabajo sirva como ejemplo para los demás estados insulares.

2. Situación binomio energía- agua de la Isla de Tenerife

La Isla de Tenerife es una pequeña isla volcánica ubicada en el centro del Archipiélago Canario, cuenta con una superficie aproximada de 2034 km²,



presenta un variado relieve insular por su condición montañosa y por su irregularidad de lluvias y la no presencia de ríos. Actualmente cuenta con una población de 888.184 habitantes, dividida en 31 municipios, es la segunda Isla de Canarias con mayor población seguida por Gran Canaria. En la isla de Tenerife, y también en otras islas de la comunidad autónoma de Canarias, la mayor parte de la riqueza se ubica en las zonas costeras, producto de la actividad turística y comercial. Por las anteriores razones expuestas estos territorios insulares se ven comprometidos a mantener y proveer sus propios recursos hídricos para las principales actividades debido a la imposibilidad de abastecerse de agua de otras zonas como lo sería la península en este caso. Por lo anterior, Tenerife se provee de agua dulce en su mayoría a partir de obras que canalizan las aguas provenientes de las galerías, manantiales y extracción de los pozos. Así mismo, el consumo condiciona la gestión sostenible del agua, y el crecimiento demográfico. Como se observa en la Tabla 1, en los últimos años se ha incrementado la demanda de agua para consumo urbano y por consiguiente para la agricultura. Así mismo, se observa la disminución de un 8.6% de este recurso natural, por lo que se está condicionando a una única forma de asegurar en el futuro el recurso hídrico, y es incorporando nuevas tecnologías como lo son las desaladoras, depuradoras y reutilización del agua, las cuales se vienen introduciendo en la isla.

YEAR	2000	2005	2010	2012
POBLATION (Hab)	709365	838877	906854	898680
WATER ABSTRACTED (hm3)	217,1	219,6	197,5	198,3

Tabla 1: Población y crecimiento

2.1 Situación hídrica de la Isla de Tenerife

En el ámbito del recurso hídrico, Tenerife cuenta con 1121 Galerías, 397 pozos y 310 manantiales, los cuales aportan el 83.5% de agua dulce a la Isla. Como se observa en la Figura 1, 642 Galerías equivalentes al 57% no registran ningún tipo de caudal, el 30% de las galerías representan un caudal no mayor a 5 l/s los cuales aportan a la isla 477 l/s anuales. Únicamente el 13% (84) de las galerías, se consideran como Galerías caudalosas con un registro superior a 10 l/s anuales, y un aporte total de 2089 l/s al año .

Considerando en el documento como caudalosa las galerías con un caudal (Q)>10 L/s. Se observa que el 14.3% de las galerías caudalosas se ubican en el municipio La Orotava, seguido por Guía de Isora con un 10.7% y Los Realejos con un 9.5%. La Galería Barranco de Vergara o Corral del Paso ubicada en el municipio de La Guancha registra el mayor caudal del total de las galerías. Con un flujo de 244,93



l/s, equivalente al 8% del agua dulce que producen las galerías de la Isla de Tenerife.

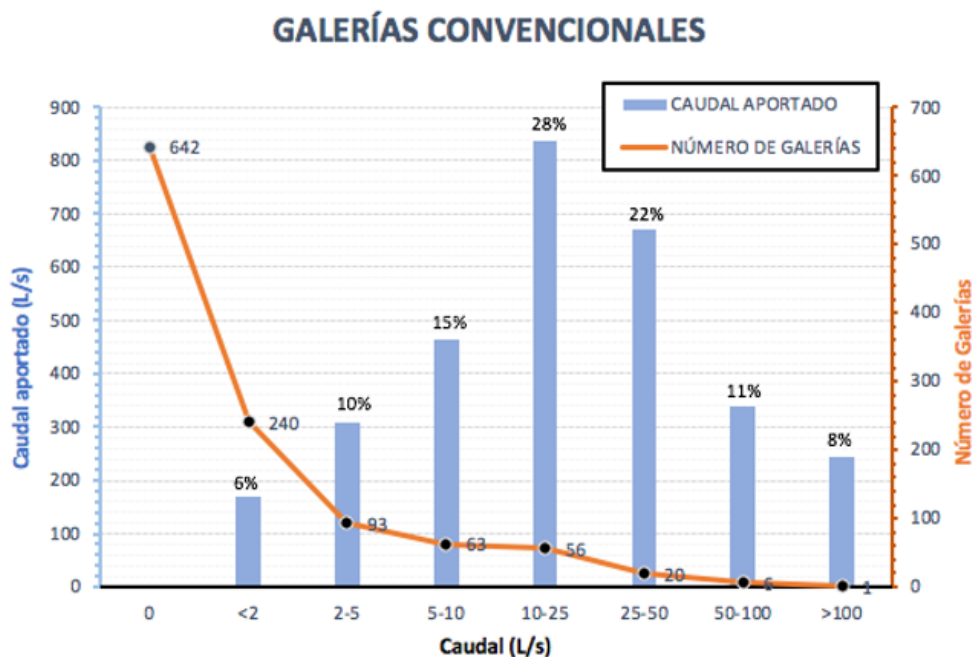


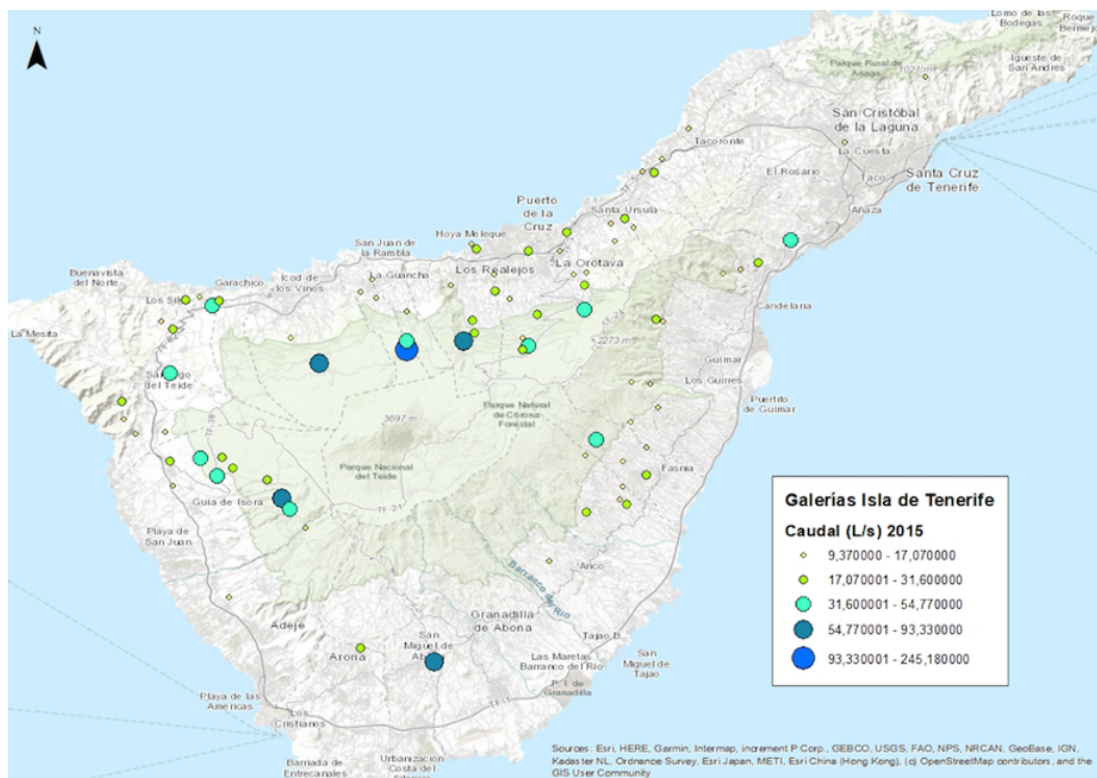
Figura 1. Estado actual de las Galerías Convencionales de la Isla de en Tenerife.2015

Debido al crecimiento de la población y a la continua sobreexplotación de las fuentes naturales de la Isla se observa la disminución de estos recursos a nivel general. Por lo anterior, se presenta en la Figura 2ª y 2b, la ubicación de las galerías caudalosas y por consiguiente la reducción o aumento de agua que han tenido desde el año 2015 (Figura 2ª) al 2018 (Figura 2b). Se consideran únicamente 84 galerías, las cuales tienen un $Q > 10$ l/s anuales. En el 2015 estas produjeron 2333,5 l/s para la Isla de Tenerife, al año 2018 se redujo 280 l/s equivalente al 12% del Q ofertado por las galerías.

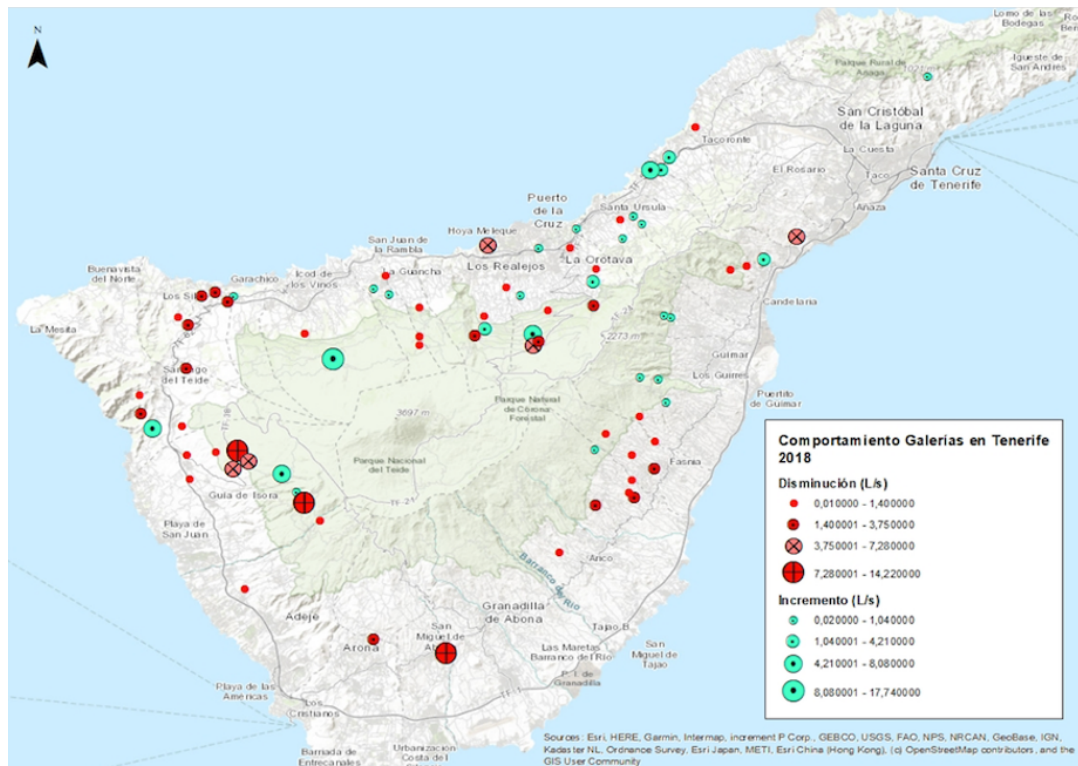
Como se aprecia en la Figura 2a, se observan las galerías ubicadas en la Isla de Tenerife diferenciadas por el Caudal producido en el año 2015. Únicamente cinco (5) galerías presentan caudales superiores a 54 l/s. Así mismo, a modo comparativo en la figura 2b, se observan las mismas galerías al año 2018 donde se aprecian en color rojo las galerías que han disminuido su caudal entre el año 2015 y 2018, y en color aguamarina las que han incrementado.



De acuerdo con la Figura 2b, las galerías con mayor caudal reducido del 2015 al 2018 se presentan enmarcadas con un recuadro rojo. Las cuales son San Juan de Chio con un 31,6% de reducci6n de caudal, Hoya de la Leña con un 28.2%, El Niagara con 26.8%, Los Beltranes con un 24.5% y Fuente Bella o Fuente del Valle con un 21.7%. En cuanto a las galerías con un incremento del caudal se encuentran enmarcadas con un recuadro azul. Estás son, La Atalaya con un incremento del 51% pasando de 15.83 l/s en el año 2015 a 23.91 l/s en el año 2018, de igual forma se encuentra la galería Las Mozas o Tamaimo con un incremento del 38.7%, pasando de 14.3 l/s a 19.84 l/s y por último El Pastelito con un incremento del 37.8% pasando del 15 l/s a 20.67 l/s en el año 2018.



2a. Caudal de las Galerías. 2015



2b. Caudal de las Galerías 2018

Figura 2. Comparación del estado de las galerías año 2018 con respecto año 2015

2.2 Situación energética de la Isla de Tenerife

En el campo energético, las Islas Canarias consumieron 8.283.203 MWh en el año 2018, de los cuales el 39% corresponden a Tenerife [22]. Esta isla está dominada en su mayoría por los combustibles fósiles, por lo cual, importan los hidrocarburos, que incluyen GLP, Gasolinas, gasóleos, fuelóleos y querosenos. Actualmente cuenta con dos grandes centrales térmicas ubicadas en Candelaria y Granadilla, con una potencia de 288,2 MW y 797,40 MW correspondientemente, las cuales aportan la energía eléctrica de la isla y únicamente el 9.7% de aporte energético se hace a partir de renovables, exactamente energía fotovoltaica y eólica. En cuanto al consumo energético, el municipio de Adeje consumió en el año 2018 75.85 GWh, seguido por Santa Cruz de Tenerife con 37.61 GWh, como se aprecia en la Figura 3.

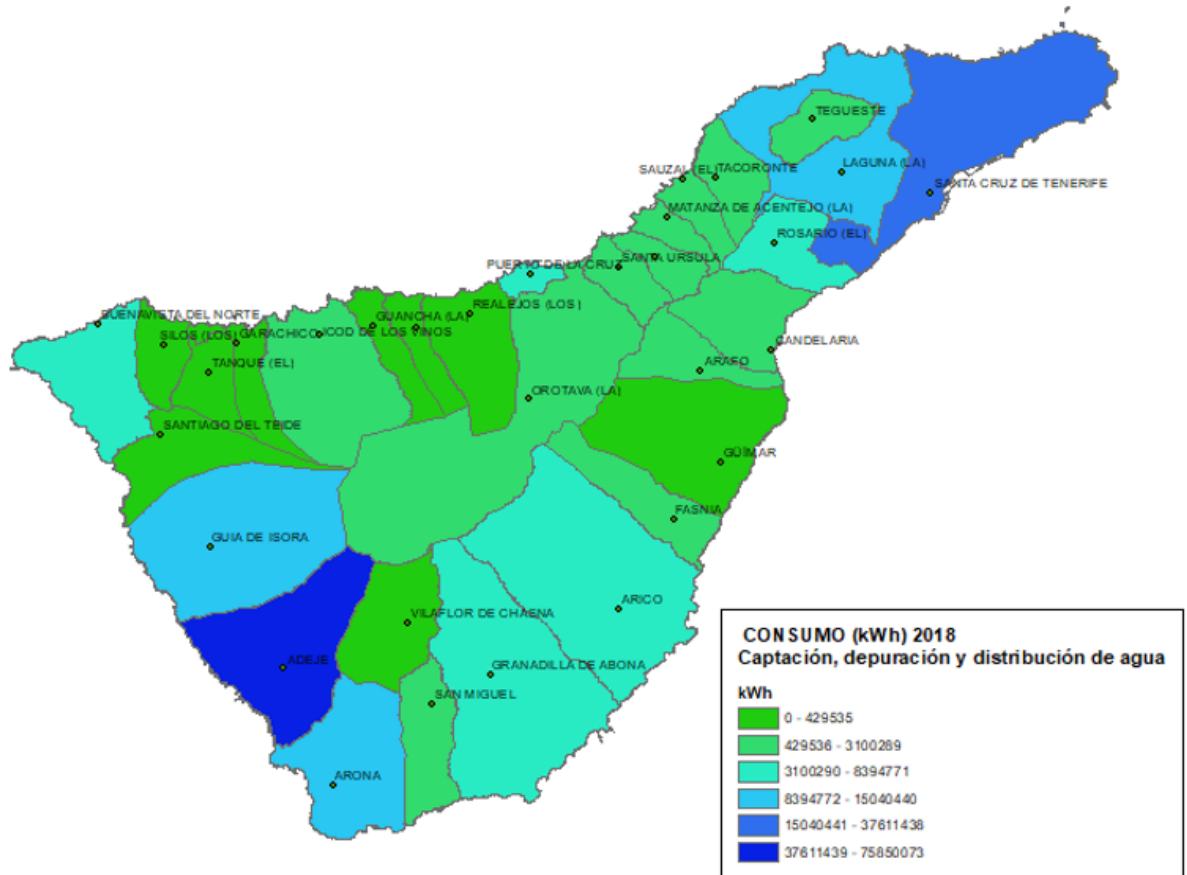


Figura 3. Consumo energético de la Isla de Tenerife. Año 2017.

2.3 Binomio energía-agua de la Isla de Tenerife

El agua y la energía son dos sectores que durante sus procesos de producción y consumo trabajan en conjunto. A nivel independiente la energía es el principal bien básico de la economía, donde se permite observar el crecimiento de la población. En el caso del agua, esta permite ser el principal sustento de la agricultura, la industria y el consumo energético siendo uno de los dos principales bienes a cuidar. En cuanto a su vínculo entre agua y energía, como es el proceso de la depuración de las aguas residuales, potabilización del agua, en la desalación y en todos aquellos procedimientos donde se requiere aportar energía al agua para limpiarla o producir la misma. Vista desde la sostenibilidad, el binomio agua



y energía, la energía puede ayudar a proveer de agua dulce y a su vez el agua puede contribuir al desarrollo de energías alternativas.

En el caso de la Isla de Tenerife, el agua subterránea de las galerías, no requiere de ningún aporte energético para su captación y transporte, sin embargo, los puntos de captación son beneficiosos a la sociedad para aprovechar energéticamente la infraestructura hidráulica que esta tiene in-situ. Actualmente existen dos pequeños saltos hidráulicos (Vergara – La Guancha y Altos Icod – Reventón), con una potencia total de 1.1 MW. Actualmente, la participación del sector del agua en el consumo total de la isla es el 7% equivalente a 214.754 MWh [22].

2.4 Situación legislativa de Tenerife.

En el campo legislativo, cada isla se configura como una cuenca hidrográfica independiente, creando ante lo mencionado siete (7) consejos insulares de aguas (Ley Canaria 12/1990, de 26 de julio, de Aguas) [23] que constituyen la administración hidráulica de cada isla, teniendo por objetivo la dirección, ordenación, planificación y gestión unitaria del agua de cada una. Así mismo, está regulado por el organismo denominado Consejo insular de Aguas siendo el representante a nivel insular de los sectores que se impliquen en la producción y consumo del recurso, a través del instrumento de planificación hidrológica el Plan Hidrológico insular (PHI). Una vez constituidas las leyes Comunidad Autónoma de Canarias comenzó a intervenir la gestión del agua, invirtiendo en la construcción de nuevas infraestructuras hidráulicas, siendo estas balsas, depuradoras y redes de distribución [2].

En cuanto a los derechos adquiridos sobre aprovechamientos de caudales aforados se han otorgado por un plazo de cincuenta años a partir de la entrada en vigor de dicha ley, aunque quienes al término de dicho plazo se encuentren utilizando los caudales en virtud de título legítimo, tienen derecho a la obtención de la correspondiente concesión administrativa.

En el campo energético, existen varias comercializadoras de energía, donde la empresa generadora, mayoritaria, es ENDESA. Hay otros pequeños productores de renovables, como DISA, el propio Cabildo de Tenerife, entre otros, por lo que se puede indicar que Endesa es la empresa encargada de la generación convencional, que representa un 85% de la generación total. Y un 7% de la participación del sector agua en el consumo total de la Isla.



3. Metodología

Para determinar la interacción actual entre el agua y la energía en la Isla de Tenerife, el objetivo del presente estudio es proyectar gráficamente la relación entre los dos recursos, a partir del diagrama de Sankey. Este diagrama permite comprender el flujo de energía y del agua en cada sector de demanda y suministro, donde se mapea el consumo energético e hídrico y la transformación desde el origen hasta el uso final. Este se representa a partir de conexiones con líneas que indican el movimiento del recurso, donde el ancho equivale la intensidad de cada sector de origen y el valor equivale a su representación numérica.

El estudio es trabajado para los cinco (5) sectores de demanda de energía y agua: residencial, comercial, industrial, agrícola y de transporte. Realizado en 6 pasos principales como se ilustra en la Figura 4. Primero, se identifican los datos de producción de energía primaria y recursos hídricos de la Isla. Estos datos provienen de diferentes fuentes, desde artículos científicos, estadísticas publicadas, hasta información de las empresas participantes. Se realiza un estado actual de la Isla de Tenerife. Segundo, se identifican los combustibles utilizados y cálculos de consumos energéticos en los diferentes sectores. Tercero, se calcula el consumo hídrico de cada sector. Cuarto, se identifica el uso final energético e hídrico. En quinto lugar, se calculan las pérdidas energéticas e hídricas. En sexto lugar, se calculan las emisiones de kt CO₂-eq y por último la conexión entre agua y energía para realizar el diagrama Sankey.

i) Initial Resource of Water and Energy. ii) Use sector and distribution of Energy and Water iii) Energy efficiency iv) Water efficiency and discharge. v) kt CO₂ eq

Figura 4. Metodología

Los valores energéticos y de consumo calculados, están basados y corroborados con datos publicados en información científica o literaria correspondientemente validada. Por lo cual, el objetivo del diagrama es reflejar la energía y los flujos de agua en la isla. Cada sistema contiene los procesos desde la oferta hasta la demanda. Los flujos nexos energía-agua se basan en las relaciones entre entradas y salidas para cada proceso. En este apartado, se identifican las fuentes y el cálculo del diagrama para la Isla de Tenerife, a partir de cinco apéndices. I) Initial Resource of Water and Energy; ii) Use sector and distribution of Energy and Water; iii) Energy efficiency; iv) Water efficiency and discharge; v) kt CO₂ eq



i) Initial source

En cuanto al recurso inicial, se habla de la obtención del producto base para generación de electricidad y consumo en los diferentes sectores. Así como el recurso inicial para generar agua potable. En el primer caso los productos derivados del petróleo que se suministran al mercado interior y a la navegación en la Isla de Tenerife son: Gasoline and Kerosene, Gasoil, Diesel y GLP. De estos, los combustibles destinados a la electricidad son el Fuel oil y Gasoil, así como los productos derivados del petróleo como Petrol and kerosene, y el diesel se destinan a grupos de consumo como el sector del transporte e industrial [24]. En cuanto al suministro de gas licuado del petróleo (GLP), este se suministra de acuerdo a cada sector, como se aprecia en la Tabla 2. El butano, propano, autogás a distribuidores y de venta al público, son los gases licuados de petróleo de distribución en la Isla de Tenerife.

Tabla 2: Consumo GLP

Sector	Percent GLP	Studies
Residencial	71,50%	[24]
Comercial	26,3%	[24]
Industria	0,8%	[24]
Transporte	1,1%	[24]
Agricultura	0,33%	[24]



Como participación de otras tecnologías para la generación de electricidad se encuentran las energías renovables. La energía fotovoltaica, eólica y biogás son fuentes aportantes a los recursos iniciales en el territorio insular [24].

El recurso principal de Tenerife es el agua subterránea, proveniente de pozos, y galerías. [25]. El cálculo del agua de mar, proviene de: i) el consumo de las centrales térmicas para enfriamiento [26], [27], ii) de las desaladoras de la Isla de Tenerife [28] iii) del plan hidrológico de Tenerife, donde se señala el agua subterránea a desalar [25]. En cuanto al agua importada está es calculada de acuerdo al agua potable importada por Canarias [29]

ii) Usos y distribución

Sector de la energía

La metodología propuesta para la estimación del consumo de energía está relacionada con el volumen de agua utilizado por cada sector o sistema y su consumo específico energético. En el caso de la energía requerida en los procesos de agua de la Isla de Tenerife se atribuyen a los procesos de la desalinización de plantas, desalinización de agua salobres, plantas de tratamiento de aguas residuales y consumo energético pozos. En la tabla 3 se observa el consumo energético de acuerdo a cada sistema. De igual forma, para identificar el consumo energético de los servicios públicos, el sector residencial, comercial e industrial, en la tabla 3 se presentan los porcentajes de cobertura a los diferentes sectores. [24].



Tabla 3. Consumo energético por usos del agua

Sector	Specific Consumption	Studies
<i>Consumo energético Desalination plants</i>	$4,46 \frac{kWh}{m^3}$	[28]
<i>Consumo energético Solubres plants</i>	$1,15 \frac{kWh}{m^3}$	[30]
<i>Plantas de tratamiento de aguas residuales</i>	$1,15 \frac{kWh}{m^3}$	[28]
<i>Consumo energético pozos</i>	$1,32 \frac{kWh}{m^3}$	[31]

Tabla 4. Porcentaje demanda de energía en los diferentes sectores

Sector	Percent demanda de energía eléctrica	Studies
<i>Consumo energético Residential</i>	36,70%	[24]
<i>Consumo energético Commercial</i>	33,9%	[24]
<i>Consumo energético Public Supply</i>	16,50%	[24]
<i>Consumo energético Industrial Sector</i>	3,84%	[24]

Para identificar el consumo eléctrico en el sector del transporte, el consumo de energía de vehículos eléctricos va directamente relacionado con el volumen de vehículos eléctricos en la isla, el total de distancia promedio diario, el consumo día promedio por kilómetro (kWh/km) y el número de días al año promedio de desplazamiento. Este consumo se identificó de acuerdo a la ecuación 1.

- Días al año, se asume el 80% de los días del año en que el vehículo transita en el día.
- Consumo día promedio y kilómetros día promedio [32]
- N° de vehículos eléctricos [29]



Sector del agua

Las principales fuentes de agua potable de la isla son: las plantas desalinizadoras y agua subterránea. De estas dos fuentes direccionan agua al sistema de enfriamiento termoeléctrico, los servicios públicos, agua embotellada y parte a la agricultura. Para el sector residencial, comercial e industrial, proviene de la fuente de servicios públicos y está dividida porcentualmente.

El proceso de desalinización es un procedimiento que permite eliminar la sal del agua de mar o salobre (agua subterránea). The total produced desalinated water is divided for the different services.

El agua utilizada para el enfriamiento termoeléctrico proviene del agua de mar. [26], [27]. Suministro público, se refiere al agua extraída por los proveedores de agua públicos y privados que suministran agua. El agua de abastecimiento público se entrega a los usuarios para fines domésticos, comerciales e industriales [17]. El total de servicios públicos proviene de las aguas desalinizadoras [28] y de las aguas subterráneas. [25]. Lo que se recibe en el suministro público es igual a lo que se retira. El sector comercial se estima un 30% del total de los servicios públicos, el sector residencial un 58% y el industrial un 12%.

En cuanto al proceso final del agua, se observan las plantas de tratamiento. Estas consisten en el agua que proviene de los diferentes sectores, denominada como agua negra, la cual debe ser limpiada para ser descargada en una superficie limpia, para el caso de Tenerife en el océano. Para el sector residencial y comercial el 38,8% del agua que llega a estas secciones es conducida a las plantas de tratamiento y depuración. De igual forma el 73,8% del sector industrial es depurada. En cuanto al agua proveniente de las plantas de tratamiento, el 21% por ciento no es tratada de forma adecuada y se vierte al mar. [33], así como el 16,1% es recuperada para ser reutilizada en diferentes usos y el restante es devuelta al mar tratada. [25].

iii) Eficiencia energética

La energía disipada es el proceso por el cual la energía no sólo no está disponible sino que es irre recuperable en cualquier forma. Esto se basa en el Departamento de



Energía de los Estados Unidos [17] El sector del transporte, el 79 por ciento de la energía se convierte en energía disipada. El sector comercial y residencial, el 35 por ciento y el sector industrial, el 20 por ciento de la energía. El porcentaje restante se supone eficiente. Los servicios energéticos son la energía utilizada de cada sector.

La energía disipada de la generación de electricidad es la cantidad de energía no utilizada como electricidad. De acuerdo con el Departamento de Energía de Estados Unidos [17]. La energía se calcula restando el uso de la electricidad del contenido energético total de los combustibles para crear electricidad.

iv) Descarga

Se divide en cuatro opciones. Primero, el agua que se vierte al subsuelo a través de sistemas de depuración comunitarias o fosas sépticas y pozos domésticos. Segundo, agua que es recuperada o reutilizada para campos de golf o jardines. Tercero, agua no recuperada, que se vierte al mar y cuarto, agua consumida.

La energía disipada es el proceso por el cual la energía no sólo no está disponible sino que es irre recuperable en cualquier forma. Esto se basa en el Departamento de Energía de los Estados Unidos [17] El sector del transporte, el 79 por ciento de la energía se convierte en energía disipada. El sector comercial y residencial, el 35 por ciento y el sector industrial, el 20 por ciento de la energía. El porcentaje restante se supone eficiente. Los servicios energéticos son energía No hay tratamiento de aguas residuales es el agua que se vierte en el subsuelo a través del sistema de purificación de la comunidad o fosas sépticas y weels domésticos. El 39,5% del agua total de cada sector no se trata [33]. El agua recuperada es el proceso de conversión de las aguas residuales para otros fines para jardines y campos de golf o agrícolas. El 16,1% del agua total de cada sector se trata para otros fines. [25]. El vertido al mar es el total del tratamiento de las aguas residuales sin el agua recuperada. Plantas desalinizadoras: El 55% del total de las desalinizadoras se vierte al océano [34]. La refrigeración termoeléctrica, es el total utilizado menos el agua utilizada. Con respecto al agua consumida es la parte del uso del agua que no se devuelve a la fuente de agua original después de ser extraída, ni se vierte al subsuelo.



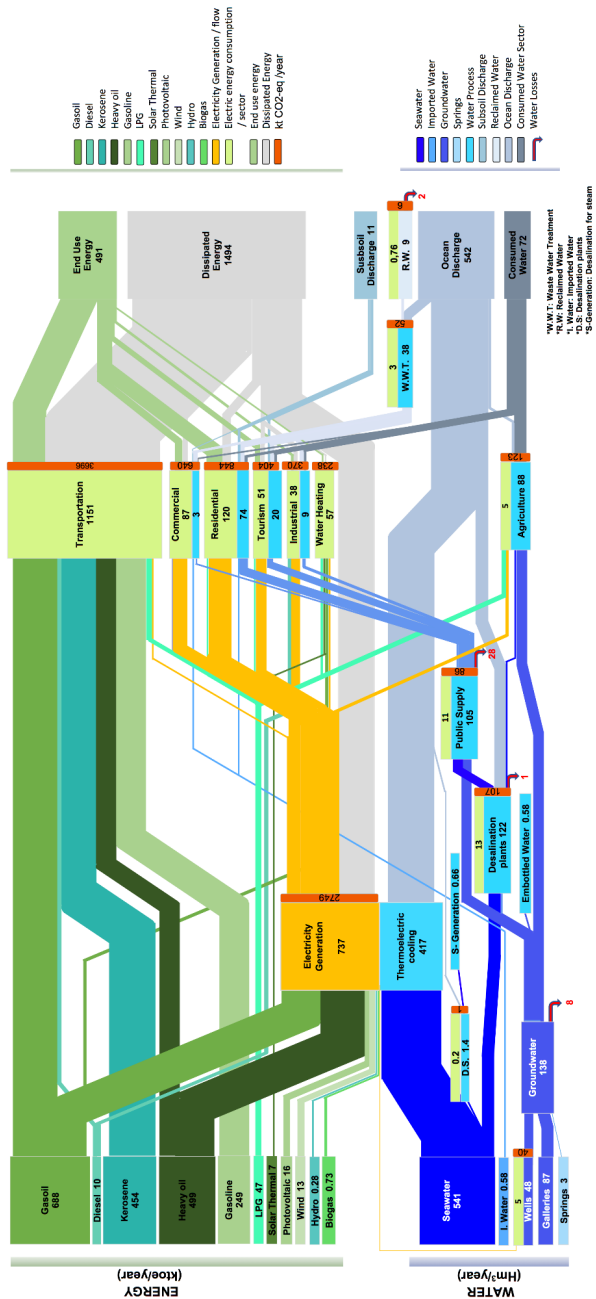
v) Kt de CO2 eq

Las emisiones de gases de efecto invernadero son calculadas para las centrales termoeléctricas y las plantas de tratamiento. Así mismo se analizan en los sectores de transporte, residencial, commercial, industrial and agriculture. De acuerdo al inventario del IPCC de gases de efecto invernadero en Canarias, 2016. Canarias tuvo un total de emisiones de 12.976,67 kt CO2 eq. [24], de los cuales el 43% correspondería a Tenerife (acuerdo a la población). El aporte de cada sector se presenta en la Tabla 4, porcentaje que es aplicado a las emisiones de Tenerife para identificar el aporte de cada uno a la Isla.

Tabla 5. Porcentaje de emisiones de kt CO2 eq

+	Sector	Kt CO2 eq – Canarias	Percent emissions kt CO2 eq. Canarias
	<i>Sector energético</i>	5923	46%
	<i>Transport</i>	4724	36%
	<i>Procesos industriales</i>	588,53	5%
	<i>Agriculture</i>	190	1%
	<i>Trtamiento y eliminación de residuos</i>	1187	9%
	<i>Residential and commercial</i>	358	3%

Resultado:



15



Referencias:

- [1] C. M. Papapostolou, E. M. Kondili, D. P. Zafirakis, and G. T. Tzanes, "Sustainable water supply systems for the islands: The integration with the energy problem," *Renew. Energy*, vol. 146, pp. 2577–2588, Feb. 2020.
- [2] C. I. Ruiz, J. León García, C. Castilla, J. C. Santamaría, and N. Antonova, *Agua y turismo en Tenerife: Producción, gestión y consumo*. 2019.
- [3] E. Custodio, M. del C. Cabrera, R. Poncela, L.-O. Puga, E. Skupien, and A. del Villar, "Groundwater intensive exploitation and mining in Gran Canaria and Tenerife, Canary Islands, Spain: Hydrogeological, environmental, economic and social aspects," *Sci. Total Environ.*, vol. 557–558, pp. 425–437, Jul. 2016.
- [4] J. Espinosa-Tasón, J. Berbel, and C. Gutiérrez-Martín, "Energized water: Evolution of water-energy nexus in the Spanish irrigated agriculture, 1950–2017," *Agric. Water Manag.*, vol. 233, p. 106073, Apr. 2020.
- [5] J. I. Sarasúa, G. Martínez-Lucas, and M. Lafoz, "Analysis of alternative frequency control schemes for increasing renewable energy penetration in El Hierro Island power system," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 113, pp. 807–823, Dec. 2019.
- [6] X. Xiang and S. Jia, "China's water-energy nexus: Assessment of water-related energy use," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 144, pp. 32–38, May 2019.
- [7] L. H. Jos, "Integración simultánea de agua y energía: logros y desafíos," vol. 43, no. March, pp. 37–50, 2016.
- [8] F. Mateos and S. Rodríguez, "Estudio de Prospectiva Consumo Energético en el sector del agua," *Minist. Ind. Energía y Tur. Fund. Esc. Organ. Ind.*, 2012.
- [9] M. A. D. Larsen and M. Drews, "Water use in electricity generation for water-energy nexus analyses: The European case," *Sci. Total Environ.*, vol. 651, pp. 2044–2058, Feb. 2019.
- [10] IEA, "World Energy Outlook 2012 Summary," p. 12, 2012.
- [11] IEA(International Energy Agency), "Water Energy Nexus- Excerpt from the World Energy Outlook 2016," *Iea*, p. 60, 2016.
- [12] T. Ding, L. Liang, K. Zhou, M. Yang, and Y. Wei, "Water-energy nexus: The origin, development and prospect," *Ecol. Modell.*, vol. 419, p. 108943, Mar. 2020.
- [13] K. Lezzaik, A. Milewski, and J. Mullen, "The groundwater risk index: Development and application in the Middle East and North Africa region," *Sci. Total Environ.*, vol. 628–629, pp. 1149–1164, Jul. 2018.
- [14] M. Li, Q. Fu, V. P. Singh, D. Liu, and T. Li, "Stochastic multi-objective modeling for optimization of water-food-energy nexus of irrigated agriculture," *Adv. Water Resour.*, vol. 127, pp. 209–224, May 2019.
- [15] K. A. Rambo, D. M. Warsinger, S. J. Shanbhogue, J. H. L. V, and A. F. Ghoniem, "Water-Energy Nexus in Saudi Arabia," *Energy Procedia*, vol. 105, pp. 3837–3843, May 2017.
- [16] P.-C. Chen, V. Alvarado, and S.-C. Hsu, "Water energy nexus in city and hinterlands: Multi-regional physical input-output analysis for Hong Kong and South China," *Appl. Energy*, vol. 225, pp. 986–997, Sep. 2018.
- [17] U.S. Department of Energy, "The water-Energy Nexus: Challenges and opportunities," 2014.
- [18] G. Kyriakarakos, A. I. Dounis, S. Rozakis, K. G. Arvanitis, and G. Papadakis, "Polygeneration microgrids: A viable solution in remote areas for supplying power, potable water and hydrogen as transportation fuel," *Appl. Energy*, vol. 88, no. 12, pp. 4517–4526, Dec. 2011.
- [19] R. Segurado, M. Costa, N. Duić, and M. G. Carvalho, "Integrated analysis of energy and water supply in islands. Case study of S. Vicente, Cape Verde," *Energy*, vol. 92, pp. 639–648, Dec. 2015.
- [20] J. Schallenberg-Rodríguez, J. M. Veza, and A. Blanco-Marigorta, "Energy efficiency and desalination in the Canary Islands," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 40, pp. 741–748, Dec. 2014.



- [21] R. C. Lupton and J. M. Allwood, “Hybrid Sankey diagrams: Visual analysis of multidimensional data for understanding resource use,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 124, pp. 141–151, Sep. 2017.
- [22] ENDESA S.A., “Tenerife_Suministro_Potencia_Consumo 2018_Sectores por Municipios.” .
- [23] Gobierno de Canarias, “Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas de Canarias.” .
- [24] D. Canarias, “Anuario energético de canarias 2017,” 2017.
- [25] P. Hidrol, “PLAN HIDROLÓGICO.” CIATF Consejo Insular de Aguas en Tenerife, Tenerife.
- [26] ENDESA S.A., “Declaración Medioambiental Enero-Diciembre 2017. CT Candelaria,” 2017.
- [27] ENDESA S.A., “Declaración Medioambiental Enero-Diciembre 2017. CT Granadilla,” 2017.
- [28] Gobierno_de_Canarias, “Plan de ECOGESTIÓN en la producción y distribución de agua de Canarias 2014-2020,” 2014.
- [29] “ISTAC | Inicio ISTAC - Gobierno de Canarias.” [Online]. Available: <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/>. [Accessed: 06-Mar-2020].
- [30] “Plan Hidrológico insular de Tenerife-Producción de agua.” [Online]. Available: <https://www.aguastenerife.org/images/pdf/planhidrologico/memoria06.pdf>. [Accessed: 07-Mar-2020].
- [31] L. Hardy and A. Garrido, *Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España.* .
- [32] Instituto Tecnológico de Canarias S.A, “Estudio para la implantación del Vehículo Eléctrico en Canarias,” p. 242, 2013.
- [33] D. de Avisos, “El 21 % de las aguas residuales de Tenerife se vierten al mar sin tratar,” *24 de Agosto*, 2017.
- [34] M. Torres, “La desalación de agua de mar y el vertido de la salmuera,” *Ambienta*, pp. 27–31, 2004.