

Herramienta HOMER.

Análisis del recurso hídrico y el componente hidráulico.

Nombre Apellidos	Elisa Peñalvo ¹ (elpealpe@upvnet.upv.es) Javier Cárcel ² (fracarc1@csa.upv.es) Ainara Sancho ¹ (aisanpas@etsii.upv.es)
Departamento	¹ Instituto de Ingeniería Energética ² Instituto de Tecnología de Materiales
Centro	Universitat Politècnica de València

1 Introducción

HOMER es una herramienta utilizada para dimensionar sistemas renovables híbridos para zonas alejadas de la red eléctrica. Introduciendo como datos de entrada la demanda eléctrica, los recursos naturales disponibles y las tecnologías, el programa te ayuda a evaluar cómo varias combinaciones de sistemas renovables responden a las necesidades eléctricas. En este objeto de aprendizaje nos centraremos en la introducción de datos relacionada con el recurso hidráulico.

2 Objetivos

- Definir y caracterizar el recurso hidráulico.
- Analizar y evaluar el recurso hidráulico en el dimensionamiento de sistemas renovables e híbridos.
- Determinar la tecnología necesaria y sus costes para realizar la simulación.

3 Desarrollo

Una vez que se conoce la demanda eléctrica de un área, el siguiente paso es identificar los recursos naturales disponibles en la zona que permitan generar energía eléctrica, dígase el recurso hídrico. A continuación, se define el recurso hídrico, se muestra como introducirlo y analizarlo y se determina el componente hidráulico.

3.1. Tecnologías

En función de la tecnología energética escogida, se seleccionan una serie de equipos específicos. Estos equipos se emplean en la herramienta HOMER para caracterizar las diferentes alternativas y configuraciones de sistemas renovables. En la siguiente tabla se presentan las diferentes tecnologías junto con los equipos que se emplean en la herramienta HOMER:

Tecnología	Equipos
Energía Eólica	Aerogeneradores
Energía Solar	Paneles fotovoltaicos
Energía Hidráulica	Centrales a filo de agua
Fuente de Hidrógeno	Celda electrolítica y tanque de hidrógeno
Energía eléctrica	Generadores eléctricos, convertidores y baterías

Tabla 1: Tecnologías y equipos

3.2. Recursos naturales disponibles

En este objeto de aprendizaje se presenta el recurso natural del agua, su caudal, y se describe cómo caracterizarla en la herramienta HOMER.

En primer lugar, se introducen los elementos del sistema. Para ello, al abrir el programa se seleccionará añadir/eliminar equipos:

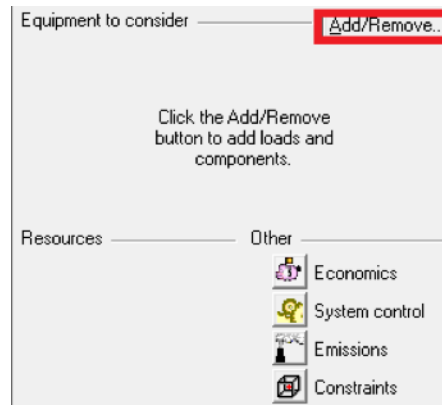


Ilustración 1: Añadir/Eliminar equipo a considerar

Se definen los componentes o tecnologías que se utilizan en el dimensionamiento. En este caso se selecciona la opción de "(Run-of-river) Hydro", instalación hidroeléctrica de pasada o a filo de agua, que genera electricidad a partir de agua en movimiento sin un gran depósito de almacenamiento.

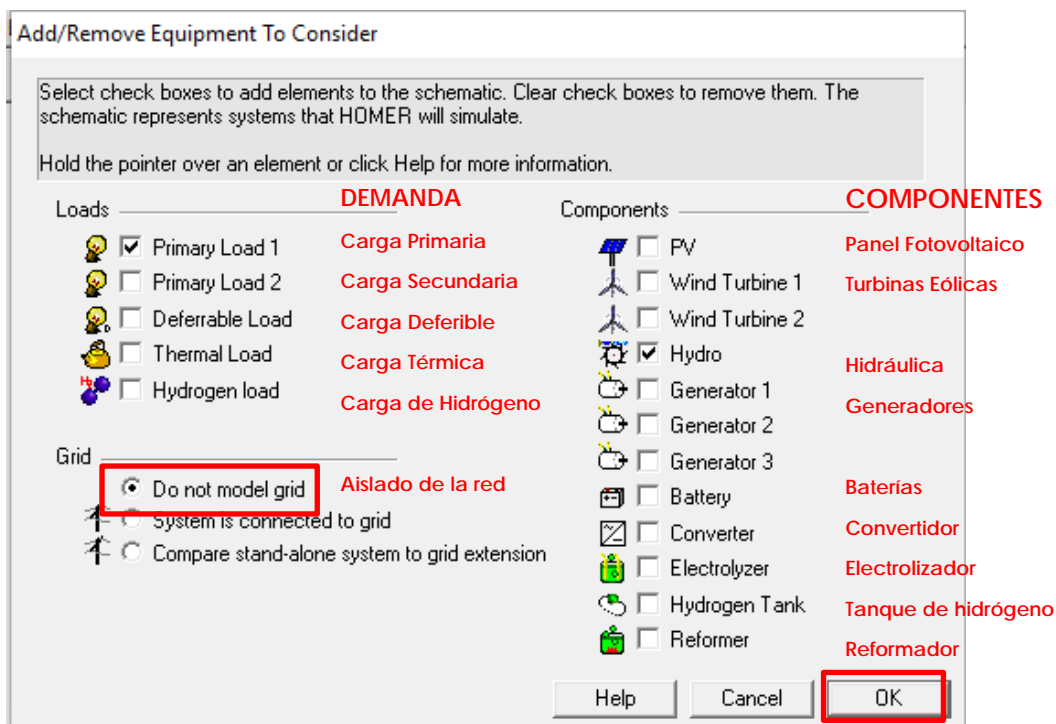


Ilustración 1: Selección de los componentes necesarios

Una vez marcadas las tecnologías, aparecen en el apartado de "Resources", los recursos necesarios para su caracterización:

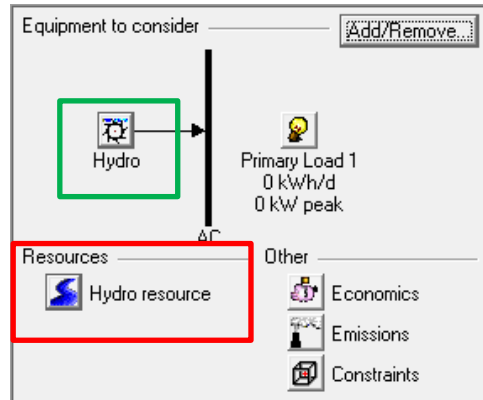


Ilustración 2: Recursos a emplear

3.3. Recurso hídrico

En la definición del recurso hídrico se selecciona la opción de "Hydro resource", tal y como se indica en el apartado anterior en rojo. La caracterización requiere conocer el caudal en L/s de la zona deseada de cada mes, durante un año. Además, la introducción de los valores puede realizarse manualmente o ser importados directamente de otro fichero. A continuación, se explica la introducción de datos de forma manual. Para ello, se marca la opción "Introducción de datos medios mensuales", que se encuentra recuadrado en morado en la siguiente imagen.

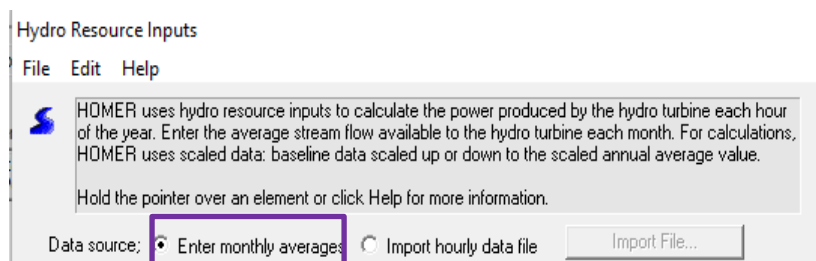


Ilustración 4: Introducción Manual de datos

En caso de importar los datos a partir de archivo, marcar la opción "Importar archivo de datos horarios". HOMER simula para cada una de las 8760 horas del año, por lo que el archivo debe incluir estos valores en una sola columna.

Estos datos se pueden encontrar en diversas fuentes tales como asociaciones y entidades dedicadas a la conservación de agua y medio ambiente.

Para este ejemplo se obtienen los datos de caudal mensual del río Ebro en Zaragoza del anuario de aforos 2014-2015 proporcionados por el ministerio español para la transición ecológica:

ANUARIO DE AFOROS 2014 - 2015
ESTACIONES DE AFORO: Datos de estación foronómica

PÁGINA PRINCIPAL DEL CEH PÁGINA INICIO ANUARIO

ESTACIÓN 9011: RIO EBRO EN ZARAGOZA

Confederación Hidrográfica EBRO

Ámbito EBRO

Nº de Cuenca 9289

Corriente EBRO (Tipo de corriente RIO)

Nº estación foronómica 9011

En servicio: 1 (0 NO; 1 SÍ)

Lugar ZARAGOZA

Municipio ZARAGOZA

Provincia ZARAGOZA

Hoja 1/50000 383 (ZARAGOZA)

XUTM
676533

YUTM
4614247

XUTM30
676533

YUTM30
4614247

Longitud
-5247

Latitud
413935

Sup. cuenca estación: 40434 km²

Sup. cuenca río: 85001 km²

Altitud: 201 m

Altitud max: 2886 m

Ver estación en Google maps (NOTA Las coordenadas de las estaciones están en proceso de revisión)

Ver ficha de la estación (PDF)

Nº años con datos diarios: 93 Ver datos anuales y aforos diarios Ver datos extremos anuales revisados y/o completados

Nº años con datos mensuales: 104 Ver datos mensuales

Nº años con máximos instantáneos mensuales: 63

comentario:

observaciones :

Ilustración 5: Anuario de Aforos 2014-2015 Rio Ebro en Zaragoza

ANUARIO DE AFOROS 2014 - 2015
ESTACIONES DE AFORO: datos mensuales

PÁGINA PRINCIPAL DEL CEH PÁGINA INICIO ANUARIO

ESTACIÓN 9011: RIO EBRO EN ZARAGOZA

Corriente: EBRO

Tipo corriente: RIO

Aclaraciones:

Qm : Caudal medio mensual

Qc : Caudal diario máximo mensual

Qn : Caudal diario medio mínimo mensual

Qm : Caudal medio mensual

Fecha (añosmes)	Qm (m ³ /s)	Aportación (Hm ³)	Qc (m ³ /s)	Día Qc	Qn (m ³ /s)	Día Qn	Origen del dato
191201							ANUARIO DE AFOROS
191202							ANUARIO DE AFOROS
191203							ANUARIO DE AFOROS
191204							ANUARIO DE AFOROS
191205							ANUARIO DE AFOROS
191206							ANUARIO DE AFOROS
191207							ANUARIO DE AFOROS
191208							ANUARIO DE AFOROS
191209							ANUARIO DE AFOROS
191210							ANUARIO DE AFOROS
191211							ANUARIO DE AFOROS
191212							ANUARIO DE AFOROS
191301	97,099	260,07	131,012	24	70,226	9	ANUARIO DE AFOROS
191302	131,555	318,257	344,283	1	105,906	16	ANUARIO DE AFOROS
191303	133,772	358,294	507,848	31	105,906	28	ANUARIO DE AFOROS
191304	296,522	768,585	1242,265	1	127,841	21	ANUARIO DE AFOROS
191305	259,11	694,001	1323,867	17	120,44	30	ANUARIO DE AFOROS
191306	158,815	411,647	684,652	4	78,156	30	ANUARIO DE AFOROS
191307	31,371	84,024	70,226	1	14,929	28	ANUARIO DE AFOROS
191308	15,264	40,884	18,826	9	14,929	2	ANUARIO DE AFOROS
191309	68,972	178,775	351,263	30	14,929	1	ANUARIO DE AFOROS
191310	245,3	657,012	1079,061	23	74,191	20	ANUARIO DE AFOROS
191311	223,643	579,682	603,049	15	122,555	23	ANUARIO DE AFOROS

Ilustración 6: Anuario de Aforos – datos mensuales

Se utilizan los datos de 2014. En la primera columna de la siguiente ilustración se indica el año y los meses mientras que en la segunda se indica el caudal medio en m³/s para cada uno de los meses del año. Hay que tener en cuenta que HOMER solicita los datos en L/s, por lo que hay que prestar especial atención a las unidades.

201401	428,032
201402	575,75
201403	598,129
201404	320,9
201405	134,452
201406	97,533
201407	120,323
201408	67,065
201409	83,8
201410	78,903
201411	121,4
201412	410,581

Ilustración 7: Datos de caudal másico 2014 (en m3/s)

Una vez introducidos se obtiene un perfil como el que se muestra en la siguiente figura:

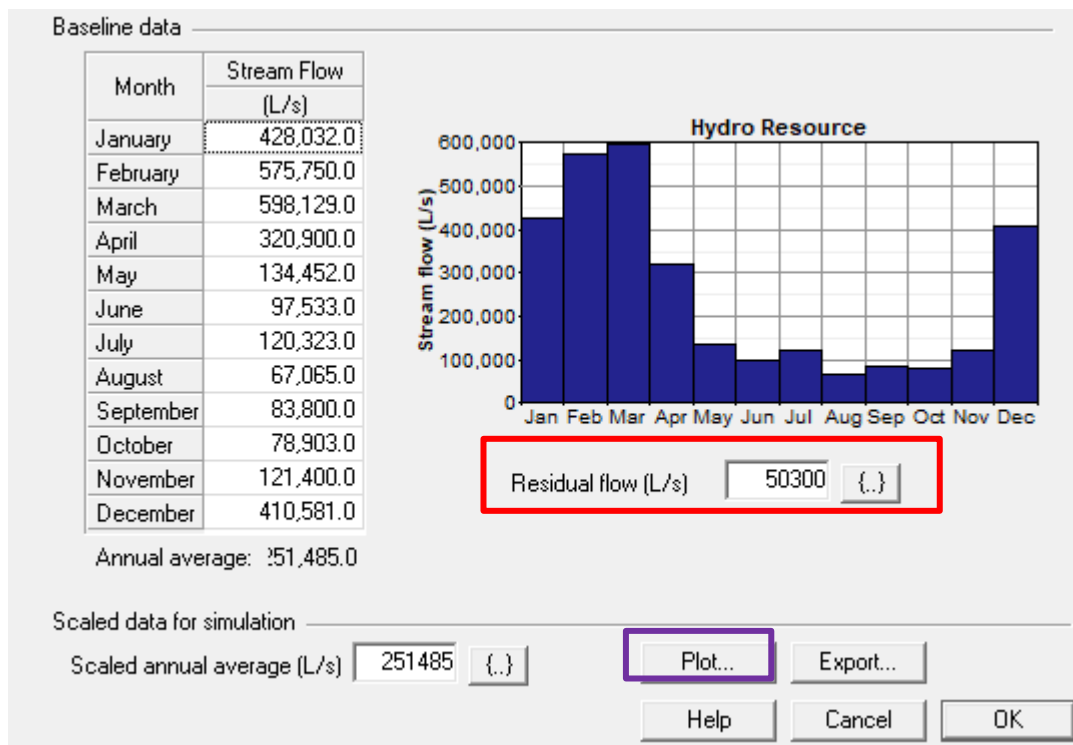


Ilustración 8: Introducción de datos del recurso hidráulico

Seguidamente se define el flujo residual indicado en rojo, este parámetro es necesario para evitar la alteración del ecosistema en la medida de lo posible. Es decir, para intentar mantener la temperatura del agua, el nivel de vegetación y fauna del río, etc. Se considerará un 20% de la media anual de caudales.

Mediante la opción "Plot" HOMER permite visualizar el perfil del recurso. A continuación, se muestran las gráficas: mensual, perfiles y PDF (frecuencia):

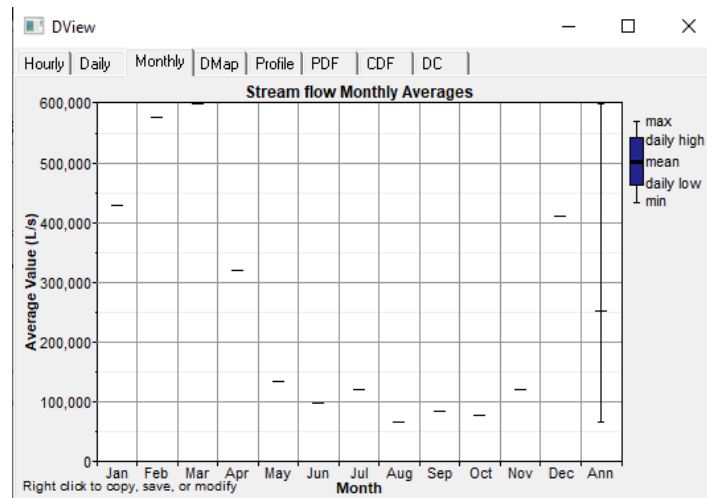


Ilustración 9: Caudal mensual

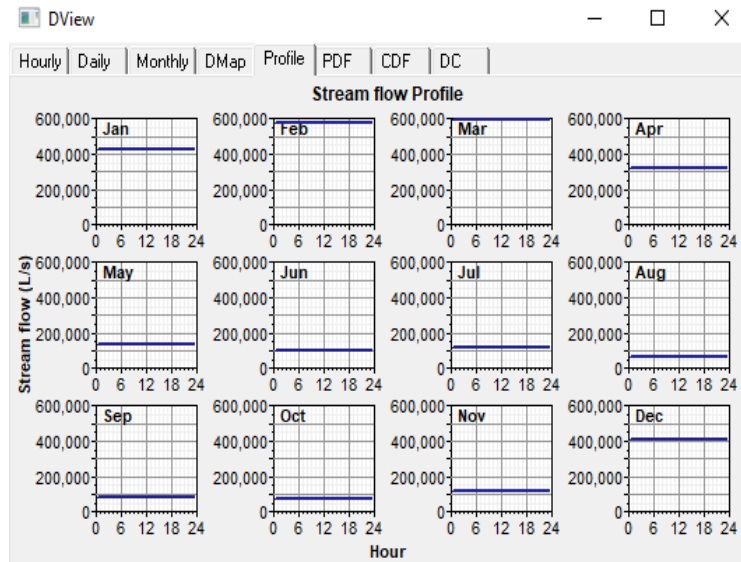


Ilustración 10: Perfiles de caudal

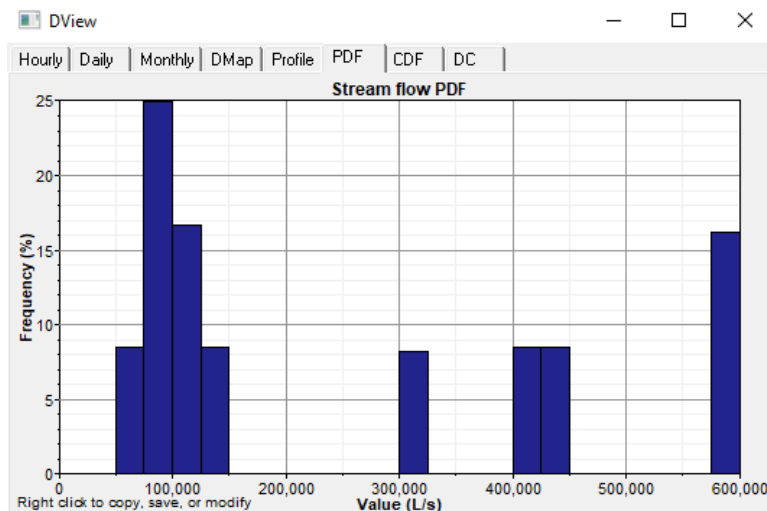
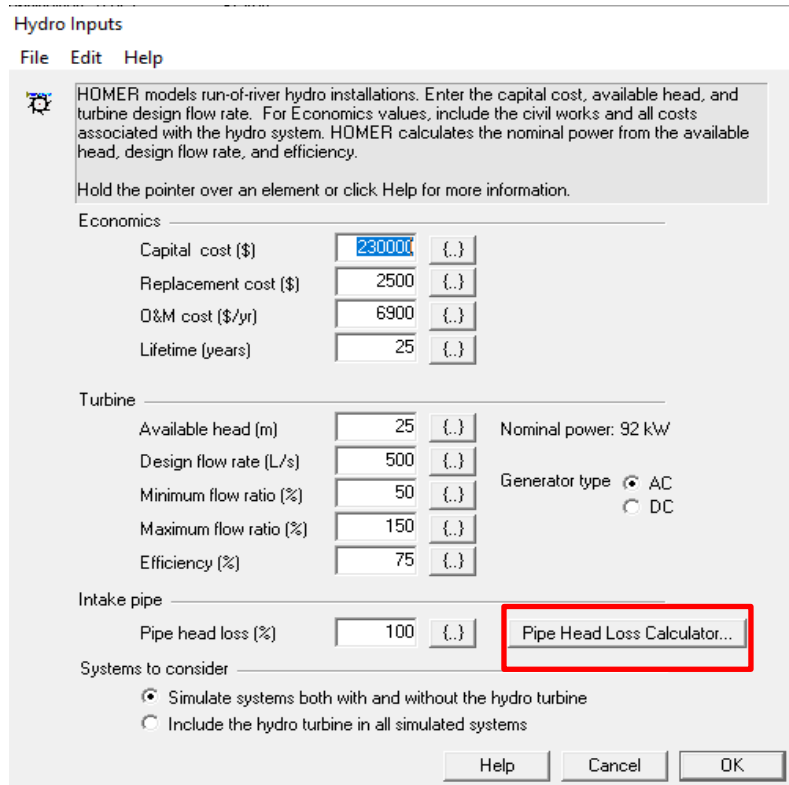


Ilustración 11: PDF del recurso hidráulico

3.4. Definición de la tecnología

Se define la tecnología utilizando la pestaña “Hydro”, indicada anteriormente en verde en la ilustración 3. Seguidamente aparece una ventana como la siguiente:



Hydro Inputs
File Edit Help

HOMER models run-of-river hydro installations. Enter the capital cost, available head, and turbine design flow rate. For Economics values, include the civil works and all costs associated with the hydro system. HOMER calculates the nominal power from the available head, design flow rate, and efficiency.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Economics

Capital cost (\$) 230000 (.)
Replacement cost (\$) 2500 (.)
O&M cost (\$/yr) 6900 (.)
Lifetime (years) 25 (.)

Turbine

Available head (m) 25 (.) Nominal power: 92 kW
Design flow rate (L/s) 500 (.)
Minimum flow ratio (%) 50 (.) Generator type AC
Maximum flow ratio (%) 150 (.) DC
Efficiency (%) 75 (.)

Intake pipe

Pipe head loss (%) 100 (.) **Pipe Head Loss Calculator...**

Systems to consider

Simulate systems both with and without the hydro turbine
 Include the hydro turbine in all simulated systems

Help Cancel OK

Ilustración 12: Introducción de datos de la tecnología hidráulica

Parámetros económicos – Se incluyen los gastos de obra y construcción.

- Capital Cost (\$): Coste de capital inicial del sistema hidráulico. En este ejemplo se considera 2500\$/kw instalado (minihidráulica).
- Replacement Cost (\$): Coste de remplazo o reposición del sistema. En este caso se supone el coste de instalación de una nueva turbina.
- O&M cost (\$/año): Coste anual de operaciones y mantenimiento. Para este parámetro se suele considerar un 3% del coste inicial.
- Lifetime (años): Esperanza de vida.

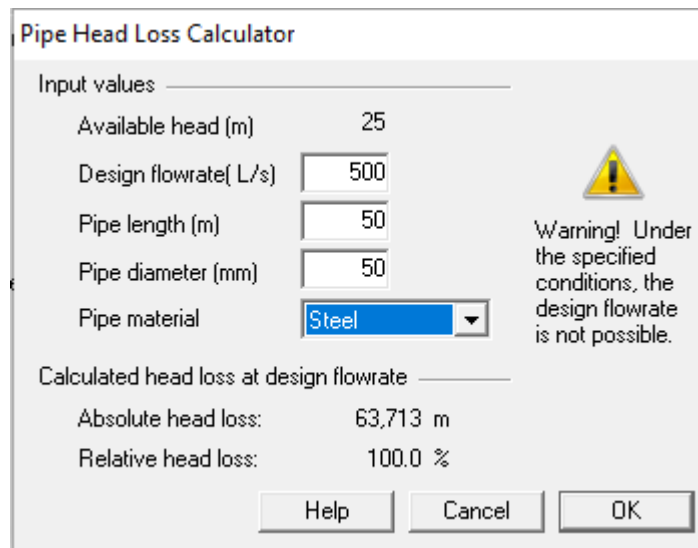
Parámetros de la turbina - HOMER calcula la potencia nominal a partir de los datos de turbina introducidos.

- Available head (m): El desnivel vertical entre la admisión y la turbina.
- Design flow rate (L/s): El caudal de diseño de la turbina hidráulica. Normalmente es el caudal que maximiza la eficiencia de la turbina.
- Minimum flow ratio (%): Caudal mínimo de la turbina hidráulica, expresado como porcentaje de su caudal nominal.
- Maximum flow ratio (%): Caudal máximo de la turbina hidráulica, expresado como porcentaje de su caudal nominal.

- Efficiency (%): Eficiencia promedio con la cual el sistema hidroeléctrico convierte la energía del agua en electricidad.
- Generator Type: Seleccionar producción de electricidad en corriente continua o corriente alterna.

Parámetros de la admisión

- Pipe head loss (%): El agua que fluye a través de una tubería experimenta una pérdida de presión debido a la fricción. Estas pérdidas por fricción de la tubería se expresan como porcentaje de "Available head" (desnivel entre la admisión y la turbina). Los sistemas hidroeléctricos pequeños de gran altura y bajo flujo suelen experimentar pérdidas de entre un 10% y un 20%. Para obtener ayuda para estimar las pérdidas de carga en la admisión seleccionar "Pipe Head Loss Calculator" indicado en anteriormente en rojo.



Pipe Head Loss Calculator

Input values

Available head (m) 25

Design flowrate(L/s) 500

Pipe length (m) 50

Pipe diameter (mm) 50

Pipe material Steel

Warning! Under the specified conditions, the design flowrate is not possible.

Calculated head loss at design flowrate

Absolute head loss: 63.713 m

Relative head loss: 100.0 %

Help Cancel OK

Ilustración 12: Calculadora de pérdidas de carga

Pérdidas de carga en la admisión

- Pipe length (m): La longitud de la tubería desde la admisión hasta la turbina
- Pipe diameter (mm): El diámetro de una tubería circular. Si la tubería no es circular se debe calcular el diámetro hidráulico equivalente.
- Pipe material: El material de la tubería afecta a las pérdidas ya que tienen un coeficiente de rugosidad distinto. Se puede elegir entre Steel (Acero), Cast Iron (Hierro fundido), Polyethylene (Polietileno) y PVC.
- Absolute head loss: Es el resultado de la ecuación de Darcy-Weisbach de mecánica de fluidos.
- Relative head loss: La pérdida de carga absoluta dividido entre "Available head" (desnivel entre la admisión y la turbina). Este valor se completa automáticamente al seleccionar "OK".

Sistemas a considerar

- Simulate systems both with and without the hydro turbine: Seleccionar esta opción para simular sistemas con y sin turbinas hidráulicas. HOMER clasificará los

sistemas según el costo para que pueda ver si el sistema hidráulico es rentable o no.

- *Include the hydro turbine in all simulated systems*: Seleccionar esta opción si se desea que todos los sistemas incluyan turbinas hidráulicas.

4 Cierre

Se describe en este objeto de aprendizaje el uso del software HOMER para la caracterización y análisis del recurso hídrico. Inicialmente, se describe cómo introducir los datos de caudal y dónde se pueden encontrar. Seguidamente, se explican las herramientas de que dispone HOMER para realizar un estudio del recurso y la definición de su tecnología.

5 Bibliografía¹

5.1 Libros:

Diseño de un sistema de suministro de energía eléctrica en una comunidad rural aislada mediante la instalación de una central mini hidráulica (Fernández-Baldor Martínez, Álvaro | Monterde Díaz, Rafael; Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales | Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2005.)

Sistemas de almacenamiento de energía y su aplicación en energías renovables (Escobar Mejía, Andrés ; Holguín Londoño, Mauricio)

Metodología para el diseño de sistemas autónomos de electrificación rural con energías renovables (Domenech Léga, Bruno ; Ferrer Martí, Laia ; Pastor Moreno, Rafael).

Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad (Xavier Elias Castells)

5.2 Comunicaciones presentadas en revistas:

A. Pérez-Navarro, D. Alfonso, H.E. Ariza, J. Cárcel, A. Correcher, G. Escrivá-Escrivá, E. Hurtado, F. Ibáñez, E. Peñalvo-López, R. Roig, C. Roldán, C. Sánchez, I. Segura, C. Vargas. (2016). "Experimental verification of hybrid renewable systems as feasible energy sources". *Renewable Energy*, 86, pp. 384–391.

E. Hurtado, E. Peñalvo-López, A. Pérez-Navarro, C. Vargas, D. Alfonso (2015). "Optimization of a hybrid renewable system for high feasibility application in non-connected zones". *Applied Energy*, 155, pp. 308–314.

¹ Se recomienda consultar el siguiente documento: Cómo citar la bibliografía en los trabajos académicos. Disponible en : <http://riunet.upv.es/handle/10251/31590>