



DOCUMENTO DE RECOMENDACIONES

PARA LA INCLUSIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PATRIMONIO CUENCANO

Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Producto del desarrollo de Trabajo de Integración Curricular
denominado “Evaluación de la “Casa de 1860” en el Centro
Histórico de Cuenca-Ecuador para la aplicación de Energías
Renovables en el ámbito de Eficiencia Energética”

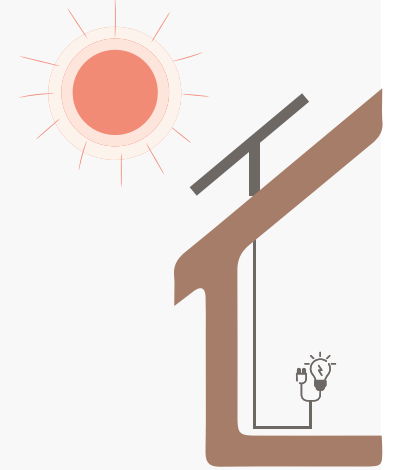
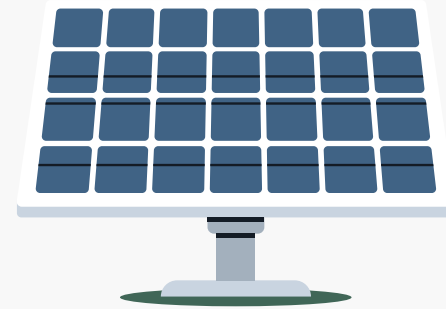
Natalia Arteaga G.
Doménica Illescas G.

Julio 2024

TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de varios equipos que permiten que la energía solar se convierta en energía eléctrica de manera limpia y sustentable. Existen dos tipos principales de sistemas: los conectados a la red, que funcionan en combinación con la red eléctrica convencional, y los sistemas autónomos, que incluyen baterías para asegurar el suministro continuo de energía.



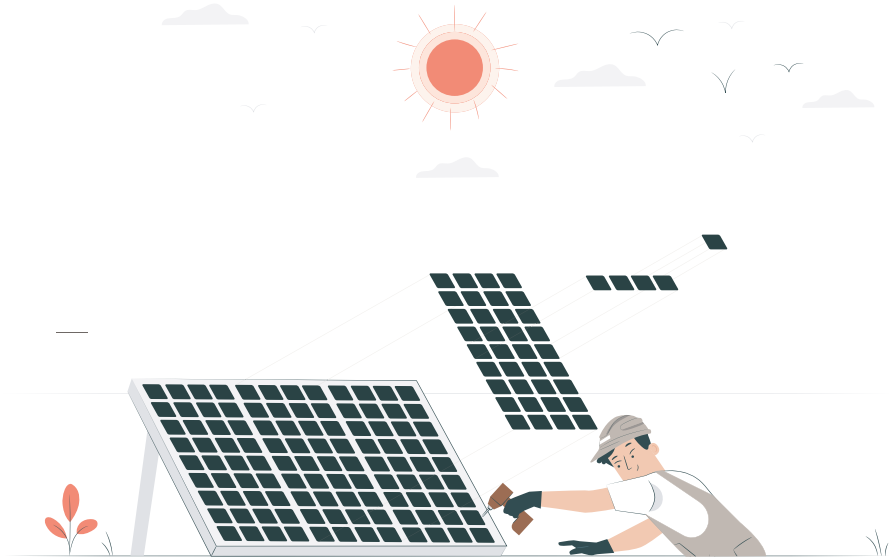
RECOLECCIÓN DE AGUA PLUVIAL

La captación de agua de lluvia es una forma sencilla y efectiva de obtener agua en regiones con precipitaciones adecuadas. Consiste en recolectar y almacenar el agua en depósitos, utilizando métodos como la captación en techos para reducir la contaminación.



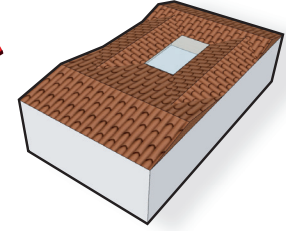
ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Para implementar energía renovable de tipo fotovoltaica en una edificación en el Centro Histórico de Cuenca, es crucial identificar el tipo de caso de la edificación en cuestión para determinar la viabilidad de su instalación. Este proceso es fundamental debido a que este sector está regido por la Ordenanza de Áreas Históricas y Patrimoniales, la cual establece que en las edificaciones existentes sin valor patrimonial o de impacto negativo, se permite la instalación de cubiertas sostenibles, incluyendo paneles solares, con el objetivo de mejorar la estética de la quinta fachada, así como para las nuevas edificaciones. Sin embargo, esta normativa excluye a las casas patrimoniales que permanecen intactas, lo que sugiere una limitación en la implementación de sistemas fotovoltaicos en este tipo de estructuras.

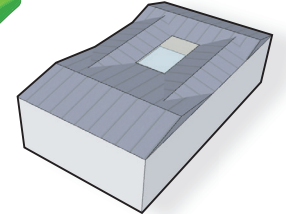


TIPOS DE CASO

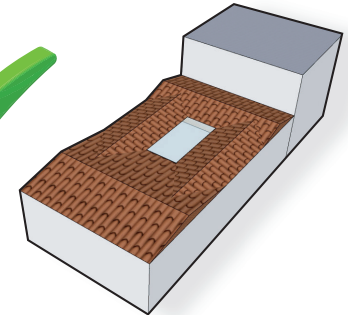
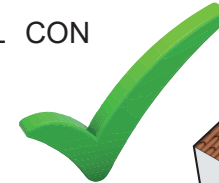
1. CASA PATRIMONIAL



2. CASA PATRIMONIAL CON CUBIERTA MODIFICADA



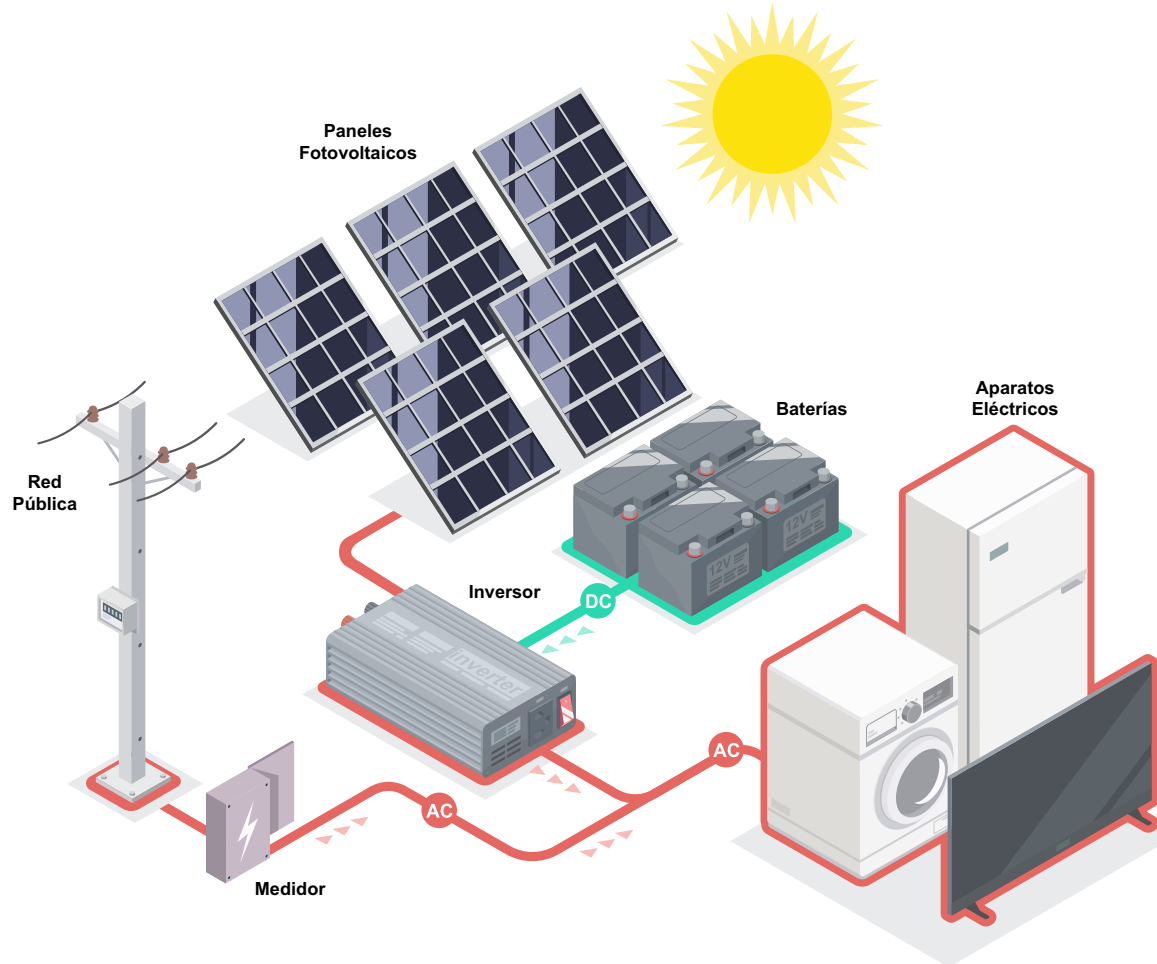
3. CASA PATRIMONIAL CON AÑADIDO



En caso de ser casa patrimonial sin modificaciones no se podría incorporar energía fotovoltaica, en cambio si es casa patrimonial con cubierta modificada y/o con añadido si es posible esta integración.

COMPONENTES

SISTEMA CONECTADO A LA RED PÚBLICA



DIMENSIONAMIENTO BÁSICO

Es importante recordar que el sistema fotovoltaico a dimensionar está conectado a la red pública, lo que implica que la generación de energía eléctrica a partir de la radiación solar será transformada y utilizada directamente por la edificación, mientras que el excedente será inyectado a la red eléctrica pública.

1. CÁLCULO DE LAS HORAS DE SOL PICO (HSP) DE LA ZONA

Como primer paso para el dimensionamiento básico de un sistema fotovoltaico es conocer las horas de sol pico o efectivas de la zona del caso de estudio en cuestión. Para ello, se necesita:

- Ubicación geográfica de la instalación.
- Los datos de la radiación solar de la zona estudiada. Esta información puede consultarse en fuentes como el Atlas de Radiación Solar de Ecuador (CONELEC), donde se conoce como insolación global, o en la NASA Power Data Access, donde se refiere a este dato como irradiancia.



Con base a los datos obtenidos se determina las **horas de sol pico (HSP)** dividiendo el índice solar de la zona donde se instalará el panel (kWh/m²), sobre la constante de irradiancia, la cual comúnmente es de 1000 W/m² en condiciones estándares de temperatura.

$$H_{SP} = \frac{I_{SOLAR}}{I_{PANEL}}$$

DONDE:

HSP = Horas Solar Pico [h]

I Solar = Índice solar de la ubicación [Wh/m²]

I Panel = Irradiancia del Panel [W/m²]

Se recomienda elegir el dato de la fuente que resulte de menor horas de sol pico para dimensionar el sistema de forma eficiente.

2. CANTIDAD DE ENERGÍA A GENERAR: CÁLCULO CONSUMO ENERGÉTICO DIARIO

La cantidad de energía eléctrica requerida para generar depende de las necesidades específicas de cada instalación. Para autogenerar todo el consumo de energía de una instalación o vivienda, se puede utilizar la factura de energía para determinar el consumo mensual promedio o en su defecto si es posible encontrar el consumo más alto en un periodo de 1 año.

DIMENSIONAMIENTO BÁSICO

Este consumo mensual promedio, o el consumo mensual máximo, se divide entre 30 días promedio del mes o entre los días del mes correspondiente al consumo máximo.

$$C_{\text{diario}} = \frac{C_m}{30 \text{ días}}$$

Cdiario = Consumo diario [kWh]

Cmensual = Consumo mensual [kWh]

El consumo diario obtenido se divide por el 74% que es el porcentaje de eficiencia total del sistema, considerando que los equipos presentan un cierto nivel de pérdida. De esta forma, se obtiene el Consumo Diario Total.

$$C_{\text{DiarioT}} = \frac{C_{\text{diario}}}{74\%}$$

CDiarioT = Consumo Diario Total [kWh]

Cmensual = Consumo diario [kWh]

3. CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA EL SISTEMA

Teniendo en cuenta los datos obtenidos anteriormente determinaremos la potencia requerida por el sistema fotovoltaico. Para ello se divide el Consumo Diario para las Horas de Sol Pico.

$$P_{\text{REQ}} = \frac{C_{\text{DiarioT}}}{H_{\text{EF}}}$$

4. ELECCIÓN DE MODELO DE PANEL A INSTALAR

Se recomienda seleccionar un panel fotovoltaico de alta **potencia nominal** para satisfacer la demanda de energía con la menor cantidad de paneles posible. Entre los recomendables se encuentran los monocristalinos y los policristalinos.



Monocristalino



Policristalino



DIMENSIONAMIENTO BÁSICO

5. CANTIDAD DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Una vez elegido el modelo de panel a instalar tomando en cuenta su potencia. La cantidad de paneles necesarios se puede calcular al dividir la potencia requerida sobre la potencia del panel a utilizar.

$$N_p = \frac{P_{REQ}}{P_{PANEL}}$$

DONDE:

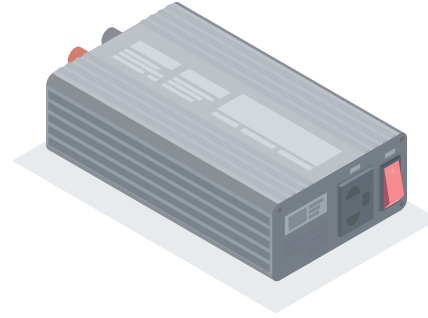
NP = Numero de paneles

PReq = Potencia Requerida [W]

PPanel = Potencia Panel elegido [W]

6. INVERSOR DE CONEXIÓN A RED ELÉCTRICA PUBLICA

Un inversor conectado a la red debe contar con características como la regulación de la tensión y corriente de los paneles, la sincronización de la señal, la filtración de armónicos y la capacidad de desconexión cuando sea necesario. La potencia del inversor se elige según la potencia generada. Conoceremos la potencia del inversor multiplicando la potencia del panel utilizado por el número de paneles, esa sera nuestra potencia final.



$$P_{INV} = P_p \times N_p$$

DONDE:

PInv = Potencia Inversor [W]

PReq = Potencia Panel [W]

Np = Número de paneles

EJEMPLO PRÁCTICO

Se realizará el cálculo para determinar el sistema fotovoltaico de la “Casa de 1860” en el Centro Histórico de Cuenca con los siguientes datos:

Consumo Mensual Máximo = 570 kWh en el mes de Octubre

Indice Solar = 3859.47 Wh/m2

Potencia del Panel = 450W

Potencia del Inversor = 10000W

El dato del **Indice Solar** puedes utilizarlo en tu calculo si tu instalación se encuentra en el Centro Histórico de Cuenca.



DIMENSIONAMIENTO BÁSICO

Calculamos las horas de de sol pico con el dato otorgado por la NASA Power Data Access.

$$H_{SP} = \frac{3859.47 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 3.86\text{h}$$

Disponemos de **3.86 horas de sol pico**.

Calculamos el consumo diario con el dato del consumo mensual máximo.

$$C_{\text{diario}} = \frac{570 \text{ kWh}}{31} = 18.38\text{kWh}$$

El consumo diario es de 18.38 kWh.

Ahora dividiremos para el porcentaje de la eficiencia total del sistema fotovoltaico.

$$C_{\text{Diario Total}} = \frac{18.38\text{kWh}}{74\%} = 24.90\text{kWh}$$

Así, el **consumo diario total es de 24.90 kWh**

Posteriormente calculamos la potencia requerida dividiendo el consumo diario total para las horas de sol pico.

$$P_{\text{Req}} = \frac{24.90 \text{ kWh}}{3.82\text{h}} = 6.50\text{kW}$$

La **Potencia Requerida** del sistema fotovoltaico es de **6.5 kW o 6500W**.

Elegiremos un panel monocristalino de 450W.



Finalmente, con estos datos realizamos el cálculo del número de paneles a instalar en el caso de estudio. Tomando en cuenta la conversión de kW a W.

$$N_P = \frac{6500 \text{ W}}{450\text{W}} = 14.44 \text{ Paneles}$$

Tomaremos el dato redondeado debido al sobredimensionamiento por el porcentaje de la eficiencia total, es decir de es necesario **14 paneles con una potencia de 450 W** cada uno.

Ahora calcularemos la potencia del inversor a colocar.

$$P_i = (450\text{W}) (14) = 6300\text{W}$$

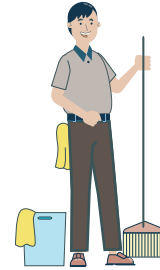
Por lo tanto, se necesita un inversor de 6300W para abastecer el sistema fotovoltaico, sin embargo, se puede colocar un inversor de mayor potencia si no se encuentra el de la potencia exacta requerida.

RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA

Para implementar la recolección de agua lluvia como energía renovable en una edificación en el Centro Histórico de Cuenca se debe tener en cuenta los siguientes factores.



1. EL PROPÓSITO DE LA RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA

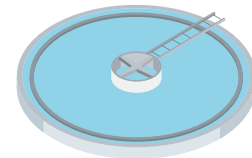


LIMPIEZA

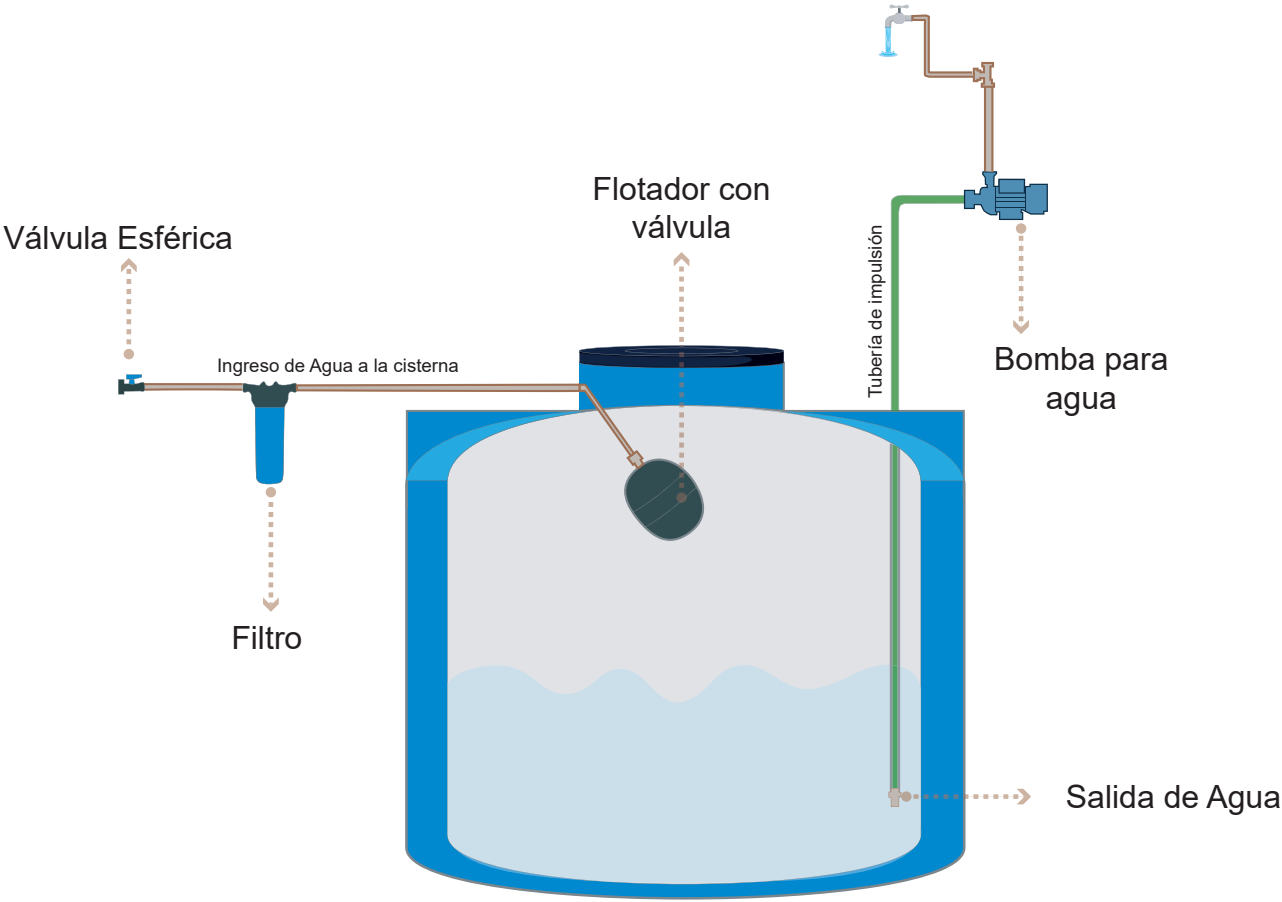


RIEGO DE PLANTAS

2. ESPACIO PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO



COMPONENTES



DIMENSIONAMIENTO BÁSICO

1. CALCULO DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA MENSUAL

Para determinar el abastecimiento de agua de lluvia de nuestra cubierta, primero necesitamos calcular el área de la cubierta destinada a la recolección. Además, el coeficiente de escorrentía varía según el material de la cubierta.

$$A_i = \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000}$$

DONDE:

P_{pi} = Precipitación promedio mensual [litros/m²]

C_e = Coeficiente de escorrentía

A_c = Área de captación [m²]

A_i = Oferta de agua mensual "i" [m³]

Para calcular la dotación de litros de agua por persona al día, se debe sumar la oferta mensual de agua de cada mes.

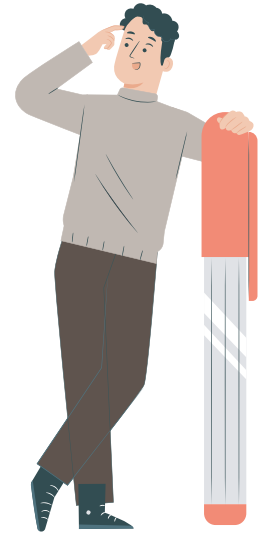
Recuerda: Para que el calculo sea eficiente se debe inicial por el mes con mayor promedio de precipitación, dentro del Centro Histórico de Cuenca se empieza desde el mes de **Marzo**.

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	
Tipo	
Calamina metálica	0.9
Tejas de arcilla	0.8 - 0.9
Madera	0.8 - 0.9
Paja	0.6 - 0.7

Nota: En el Centro Histórico de Cuenca, la precipitación promedio mensual es de 102.21 litros/m², basado en datos de la NASA de los últimos 10 años (2012-2022).

$$Aa_i = A_{(1-i)} + \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000}$$

Febrero = Enero + Febrero



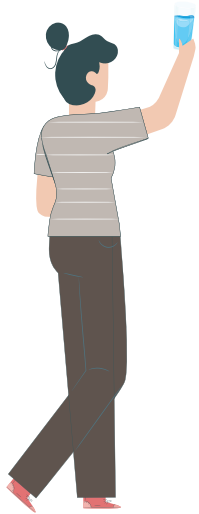
DIMENSIONAMIENTO BÁSICO

2. CALCULO DE LA DOTACIÓN DE LITROS POR HABITANTE POR DÍA

El siguiente paso será calcular la dotación de litros por habitante al día tomando en cuenta el último valor calculado en el anterior paso.

$$\text{Dot} = \frac{Aa_i \times 1000}{365 \text{ días} \times n}$$

Una vez calculada la dotación, seguiremos con el cálculo de la Demanda de Agua.



$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times \text{Dot}}{1000}$$

Para poder calcular el volumen del tanque se debe realizar una se debe sumar la demanda mensual de agua de cada mes.

DONDE:

Dot = dotación litro por habitante al día [litros/hab-día]

Aai = Acumulado de la oferta del mes "i" [m³]

n= Número de habitantes

DONDE:

Nu= Número de usuarios beneficiados del sistema

Nd= Número de días del mes analizados

Dot= Dotación de agua por persona al día

Di= Demanda mensual [m³]

$$Da_i = D_{(1-i)} + \frac{Nu \times Nd \times \text{Dot}}{1000}$$

DIMENSIONAMIENTO BÁSICO

3. CALCULO DEL VOLUMEN NECESARIO

Finalmente se realiza el cálculo del Volumen necesario con la diferencia entre el acumulado de la oferta con el de la demanda. Con este cálculo se determina el volumen necesario del tanque.

$$V_i = Aa_i - Da_i$$

DONDE:

V_i = volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes "i" [m³]

Aa_i = Volumen captado en el mes "i" [m³]

Da_i = Volumen de la demanda de los usuarios por el mes "i" [m³]



Nota: Las áreas de techo que resulten en diferencias acumulativas negativas en cualquier mes del año se descartan, ya que no pueden captar la cantidad de agua requerida por los usuarios.

EJEMPLO PRÁCTICO

Se realizará el cálculo para determinar el volumen de almacenamiento para la Casa de 1860 en el Centro Histórico de Cuenca con los siguientes datos:

Número de Usuarios = 4

Tipo de teja = Arcilla

Coefficiente de escorrentía = 0.8

Área de cubierta = 36,12m²

PRECIPITACIÓN (mm)		ABASTECIMIENTO (m ³)	
MES	NASA	PARCIAL	ACUMULADO
Marzo	121.29	3.50	3.50
Abril	106.06	3.06	6.56
Mayo	101.5	2.93	9.49
Junio	82.406	2.38	11.87
Julio	50.24	1.45	13.32
Agosto	38.51	1.12	14.44
Septiembre	36.87	1.06	15.5
Octubre	71.786	2.07	17.57
Noviembre	82.801	2.39	19.96
Diciembre	74.833	2.16	22.12
Enero	102.21	2.95	25.07
Febrero	99.602	2.87	27.94

DIMENSIONAMIENTO BÁSICO

Del cuadro se puede observar que el techo de 36,12 m² proporciona una oferta de 27.94 m³ de agua a lo largo del año. Por lo tanto la dotación diaria para cada una de las cuatro personas que residen en la vivienda es la siguiente:

$$\text{Dot} = \frac{27.94 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ lts}}{365 \text{ días} \times 4 \text{ hab}} = 19,13 \text{ lts/hab-día}$$

Con una dotación diaria establecida en 19.13 litros por habitante al día, se calcula la demanda de agua y se determina la oferta de agua de lluvia. Utilizando estos datos, se determina que el volumen necesario para el tanque de almacenamiento es de 2.5 m³.

PRECIPITACIÓN (mm)		ABASTECIMIENTO (m ³)		DEMANDA (m ³)		DIFERENCIA (m ³)
MES	NASA	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
Marzo	121.29	3.50	3.50	2.37	2.37	1.13
Abril	106.06	3.06	6.56	2.3	4.67	1.89
Mayo	101.5	2.93	9.49	2.37	7.04	2.45
Junio	82.406	2.38	11.87	2.3	9.34	2.53
Julio	50.24	1.45	13.32	2.37	11.71	1.61
Agosto	38.51	1.12	14.44	2.37	14.08	0.36.
Septiembre	36.87	1.06	15.5	2.3	16.38	-0.88
Octubre	71.786	2.07	17.57	2.37	18.75	-1.18
Noviembre	82.801	2.39	19.96	2.37	21.12	-1.16
Diciembre	74.833	2.16	22.12	2.3	23.42	-1.30
Enero	102.21	2.95	25.07	2.37	25.79	-0.72
Febrero	99.602	2.87	27.94	2.14	27.93	0.01

RECUERDA ASESORARTE CON UN TÉCNICO ESPECIALIZADO PARA GARANTIZAR LA CORRECTA IMPLEMENTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ENERGÍA RENOVABLE PROPUESTOS. DE ESTE MODO, ASEGURARÁS TANTO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO LA SOSTENIBILIDAD DE TU PROYECTO.

