

INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS PARA AYUDAS ALA NAVEGACIÓN



Documento elaborado por:
José Carlos Diez Gonzalo
Área de Ayudas a la
Navegación
Puertos del Estado
08/08/2013

Revisado: ago. 2015

CONTENIDOS:

INTRODUCCIÓN.....	4
1. CALCULO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	5
1.1. CONSUMOS	8
1.1.1. Lámparas de filamento	8
1.1.2. Equipos de LED	11
1.1.3. RACONES, RTE (intensificadores de blancos de radar) y AIS.....	12
1.2. VARIACIÓN ESTACIONAL DE LOS CONSUMOS	12
1.3. DIAS DE AUTONOMÍA.....	13
1.4. CALCULO DE LAS BATERIAS- CARACTERISTICAS DE LAS BATERIAS.....	14
1.4.1. Capacidad de la batería	14
1.4.2. Profundidad de descarga.....	15
1.4.3. Ciclos de carga-descarga:	15
1.4.4. Autodescarga.....	16
1.4.5. Temperatura de trabajo	17
1.4.6. Rendimiento	18
1.5. INCLINACION DE LOS PANELES.....	18
1.6. TABLAS DE RADIACION.....	19
1.7. POTENCIA DE LOS PANELES.....	20
1.8. REGULADOR DE CARGA.....	21
2. OTRAS CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA SOBRE PANELES SOLARES.....	22
2.1. Tipos de paneles fotovoltaicos	22
2.2. Asociación de células.....	23
2.3. Pérdida de rendimiento.....	23
2.4. Principales parámetros de un panel FV.....	25
2.4.1 Eléctricos	25
2.4.2. Térmicos.....	26
2.5. Conexión de Paneles.....	27

2.6. Fijaciones	27
2.9. Caída de tensión en los conductores.....	27
2.10. Nivel de estanqueidad	28
3. MANTENIMIENTO DE UNA INSTALACION FV.....	28
4. BALIZAS AUTOALIMENTADAS	29
5. OTROS SISTEMAS DE ENERGIA RENOVABLE	30
5.1. Generación eólica	30
5.2. Generación por oleaje	31
ANEXO I	32
1. EJEMPLO DE CÁLCULO DE UNA INSTALACION	33
1.1 Calculo de las necesidades energéticas (consumo):.....	33
1.2. Cálculo de las baterías	35
1.3. Calculo de los paneles:.....	35
2. EJEMPLO DE CÁLCULO DE UNA INSTALACION CON LAMPARA DE INCANDESCENCIA	38
2.1. Cálculo de las necesidades energéticas (consumo):.....	38
2.2. Cálculo de las baterías	40
2.3. Calculo de los paneles:.....	40
ANEXO II	42
TABLAS.....	42

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la tecnología FV (fotovoltaica) ha tenido un gran desarrollo en el campo de las ayudas a la navegación, uno de los factores que más ha influido en este desarrollo, haciéndola más ventajosa frente a otros sistemas, ha sido el desarrollo de la tecnología LED.

El primer diodo LED fue diseñado por Oleg Vladimirovich Losev en 1927, pero no fue hasta el año 1962 cuando Nick Holonyak, considerado el inventor del LED moderno, desarrolló el primer LED que emitía en el espectro visible. Durante los años 60 y 70, tuvo un gran desarrollo la aplicación industrial del LED sobre todo como indicadores, pero no es hasta los años 90 cuando comienza la aplicación en el campo de la iluminación.

El uso de la tecnología LED en las ayudas a la navegación ha supuesto un gran avance, sobre todo en las luces de pequeño y medio alcance, gracias a la reducción de los consumos, actualmente, si exceptuamos los grandes faros, se podrían alimentar con energía FV prácticamente todas las AtoNs (Ayuda a la navegación, del inglés Aids to Navigation).

La reducción de los consumos se ha logrado en varios aspectos: las luces de color, no necesitan filtros que reducen la intensidad hasta un 80%; tienen mayor eficiencia que las lámparas de incandescencia; y por último la posibilidad de disminuir los ciclos de trabajo de las luces, ya que las lámparas de incandescencia necesitan una duración mínima del tiempo de destello, para dar tiempo al filamento a calentarse y alcanzar su máxima intensidad, con los LED esto no es necesario, la duración del destello solo estará limitada, por el tiempo que el ojo necesita para detectar la luz (entre 0.15 y 0.2 segundos).

Esta disminución de consumos también ha permitido el desarrollo de las linternas autoalimentadas o compactas para pequeños alcances, en las que se integran todos los elementos que forman la linterna incluido el sistema FV.

Aunque el aspecto de ahorro energético no es muy importante, ya que los consumos suelen ser muy pequeños, sí existen otros aspectos que hacen de la energía FV una de las mejores opciones como sistema de alimentación de una AtoN, entre los que cabe destacar:

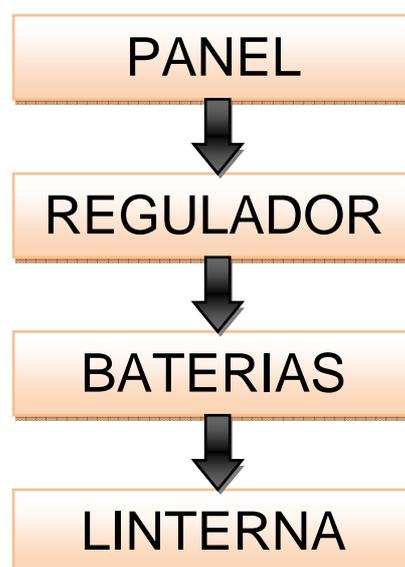
- Ahorro de costes en inversión y mantenimiento de líneas eléctricas que, debido a la ubicación remota de muchas señales, suelen ser elevados.

- Mayor fiabilidad de los sistemas de alimentación FV. Las instalaciones de ayudas a la navegación suelen estar en lugares remotos, lejos de los centros de distribución eléctrica y al final de las líneas eléctricas, por lo tanto, además de estar expuestas a las típicas averías de líneas, cortes de suministro, etc., también lo están a las variaciones bruscas de tensión, por inducciones de rayos o conmutación de grandes cargas, esto hace que en muchas ocasiones, aunque se tengan líneas eléctricas cerca, sea más seguro alimentar la señal con una instalación FV.
- No es necesario un sistema de alimentación de reserva adicional, como en los sistemas conectados a red, ya que en los sistemas FV va incorporado en su diseño.
- Pequeño coste de la instalación FV. Por ser, por lo general, instalaciones de poco consumo el sistema FV es de poca potencia.
- Aspectos medioambientales.

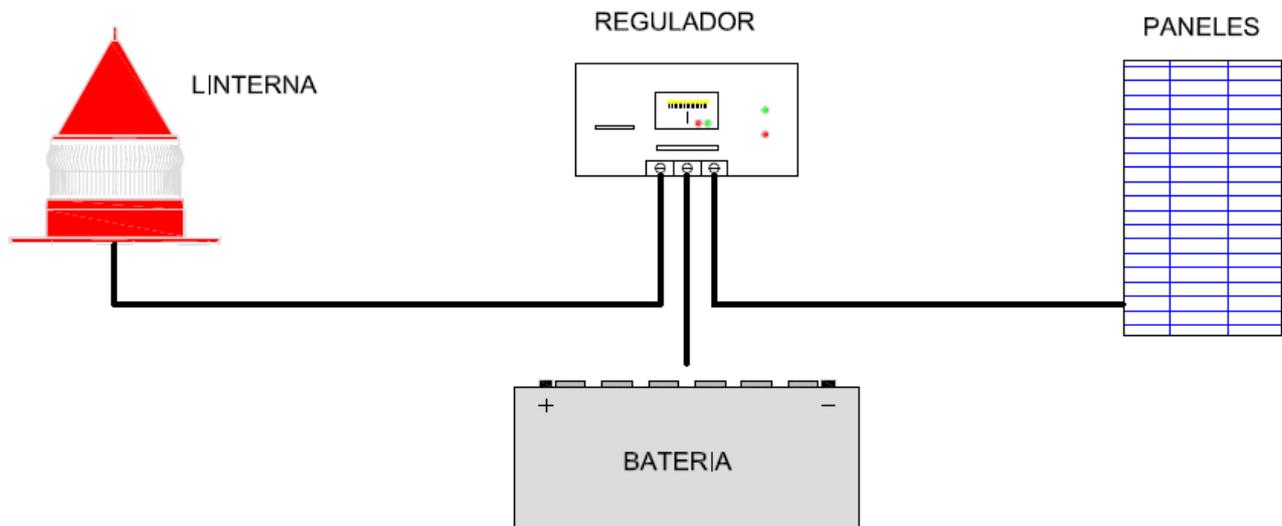
Este documento pretende servir de ayuda en el diseño de sistemas de alimentación FV, teniendo en cuenta las últimas recomendaciones de la IALA, y contiene ejemplos y métodos de cálculo, incluido el de la recomendación 1039 de la IALA y su hoja de cálculo.

1. CALCULO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

El esquema básico de una instalación solar para una baliza, es el mostrado en la figura de abajo. Esta instalación estará compuesta por un panel que carga una batería para disponer de energía en el periodo nocturno o los días de poca irradiación (nublados o de niebla); un regulador de carga entre el panel y la batería, cuya función será controlar el paso de corriente a la batería según su estado de carga de ésta, evitando su sobrecarga y los equipos que toman corriente de la batería a través del regulador de carga, o conectados directamente a ésta.



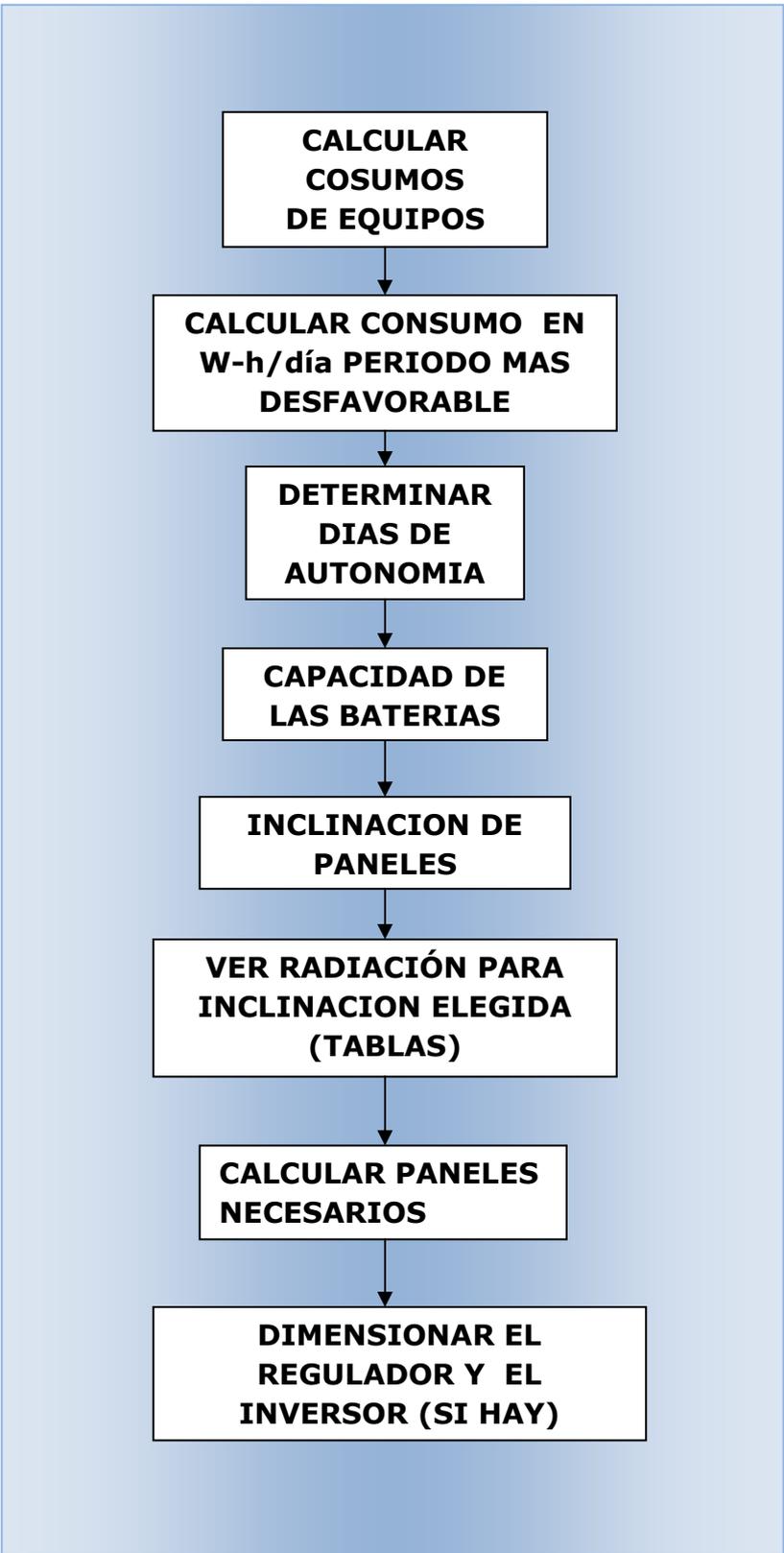
Si los equipos funcionan con corriente alterna será necesario un convertidor entre la batería y el equipo, aunque esto no suele ser habitual en pequeñas instalaciones.



Esquema simplificado de una instalación FV de una baliza

Actualmente existen muchos programas para el cálculo de instalaciones FV, incluso algunos de ellos, los más sencillos, se pueden descargar de forma gratuita en la red, pero el procedimiento de cálculo siempre es el mismo o muy similar al que se describe a continuación:

1. Cálculo de las necesidades energéticas (consumos)
2. Obtener el consumo máximo diario para los días más desfavorables, es decir, la noche más larga (tablas o cálculo directo) y periodo de menor radiación (tablas).
3. Determinar los días de autonomía necesarios.
4. Calcular la capacidad de las baterías, aplicando todos los coeficientes y factores de corrección necesarios, según el tipo de acumulador elegido.
5. Determinación de la inclinación de los paneles
6. Obtención de la radiación (H.S.P. Horas Solares Pico) correspondiente para esa inclinación y latitud.
7. Cálculo de la potencia de paneles a instalar, aplicando todos los coeficientes y factores de corrección necesarios, igual que en las baterías.
8. Dimensionamiento del regulador de carga



1.1. CONSUMOS

Para hacer el cálculo de un equipo de alimentación fotovoltaico, para una AtoN, el primer paso será calcular las necesidades energéticas diarias de sus equipos (ver **IALA Guideline N° 1067-1** sobre el cálculo de los consumos eléctricos totales de una ayuda a la navegación). Este cálculo se expresa en watios-hora por día (Wh/día); si por ejemplo, tenemos un consumo de 3W durante 13 horas cada día, el consumo será de 39 Wh/día.

Lo normal, es que a lo largo de un día los consumos no sean uniformes, por lo que habrá que sumar todos consumos a lo largo del día, para el día más desfavorable del año (el que tenga la noche más larga):

- En reposo (por el nº de horas diurnas).

- En servicio, aquí habrá que diferenciar el consumo durante el tramo de destello y el del tramo de oscuridad.

Como norma general, para calcular el consumo nocturno en luces intermitentes o destellantes, habrá que averiguar el **ciclo de trabajo** de la luz o porcentaje de tiempo que permanece encendida en una hora ($T_{\text{DESTELLO}} / P_{\text{PERIODO}}$) éste factor se multiplicará por las horas de servicio y por el consumo en Watios.

En los casos en que los equipos se alimenten de baterías primarias o energías renovables, como es el caso que nos ocupa, es importante que el ciclo de trabajo se mantenga bajo para que la instalación FV no sea excesivamente grande.

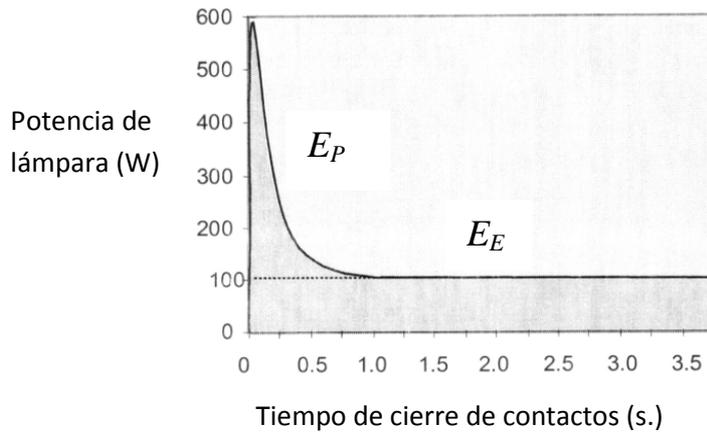
En algunos casos, cuando el equipo se pone en funcionamiento mediante célula fotoeléctrica, es conveniente añadir un tiempo de histéresis para compensar los posibles adelantos del encendido y retrasos en el apagado, debido a situaciones de baja luminosidad por causa de la lluvia, nubosidad, etc.

1.1.1. Lámparas de filamento

En las lámparas intermitentes, al producirse el destello, y debido a que el filamento está frío y su resistencia es menor, se crea un pico de corriente hasta que el filamento alcanza la temperatura normal de funcionamiento y se estabiliza, esto hace que el consumo sea algo mayor que el nominal de la lámpara (Ver *IALA Guideline No. 1067-1 On Total Electrical Loads of Aids to Navigation*).

El incremento del consumo por este efecto se puede calcular utilizando las siguientes ecuaciones descritas en esta Guideline.

CURVA DE CONSUMO TIPICA DE UNA LAMPARA EN EL DESTELLO



La energía consumida durante el destello se puede dividir en dos partes y calcularla con la siguiente ecuación:

$$E_1 = E_P + E_E$$

Siendo:

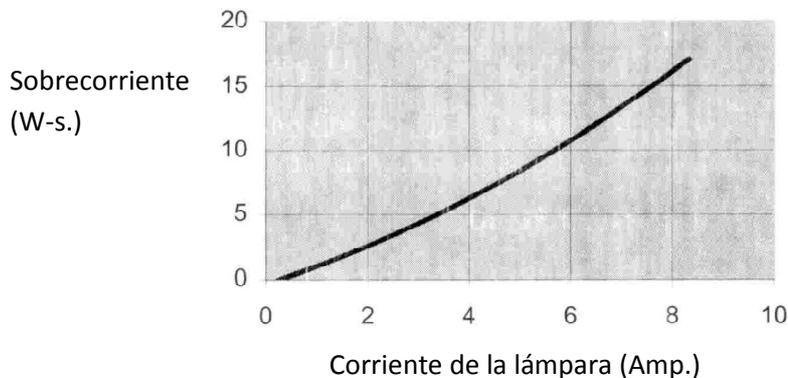
E_1 Consumo total durante el destello watios-segundo

E_P Consumo en el pico o sobrecorriente durante el calentamiento (sería la parte del pico en la gráfica de arriba)

E_E Consumo durante la parte estable del destello (sería la parte rectangular en la gráfica de arriba)

E_P puede considerarse como una constante para una lámpara dada y su valor aproximado según la potencia, se puede ver en la figura de abajo

FACTOR DE SOBRECORRIENTE E_p



El consumo durante el pico de corriente de encendido se puede calcular de forma aproximada mediante la siguiente ecuación que utiliza varios factores obtenidos de forma empírica:

$$E_p = 0.1019X^2 + 1.24X - 0.3341$$

Donde:

X es la corriente de la lámpara en Amp. y E_p consumo en watios-segundo

E_p en W-segundo

El consumo en watios-segundo durante la parte estable de destello E_E será:

$$E_E = P_L \cdot T_D$$

Siendo:

P_L Consumo nominal de la lámpara en Watios

T_D Tiempo de destello (s) (suma del tiempo de todos los destellos de un periodo)

Para tener el consumo total diario habrá que multiplicar el consumo total durante el destello, E_1 por el número de destellos diarios:

$$E_D = E_1 \cdot \frac{H}{P}$$

Siendo:

E_D Consumo total diario en watios · hora/día

E_1 Consumo total durante el destello en watios-segundo

H Número de horas de operación de la luz por día (duración de la noche en horas)

P Periodo de la característica (s)

Por lo tanto el consumo diario de la lámpara será:

$$E_D = (E_p + P_L \cdot T_D) \cdot \frac{H}{P}$$

Ejemplo: Para una lámpara que tiene un consumo de 13.8W. a 12V.; característica de $1 + \underline{1} = 2$ y duración de la noche de 13.9 horas.

$$E_D = (E_p + P_L \cdot T_D) \cdot \frac{H}{P}$$

$$E_p = 0.1019 \cdot (1.15A)^2 + 1.24 \cdot 1.15A - 0.3341$$

$$E_p = 1.2W \cdot s$$

$$E_D = (1.2W \cdot s + 13.8W \cdot 1s) \cdot \frac{13.9h}{2s}$$

$$E_D = 104Wh / día$$

A este resultado también habrá que sumar los consumos permanentes del equipo durante las 24 horas. Si por ejemplo el equipo tiene 240mW de consumo continuo entonces:

$$E_D = 104Wh / día + 0.24W \cdot 24h = 109.8$$

Además se puede añadir un **tiempo de histéresis**, para compensar los posibles adelantos del encendido y retrasos en el apagado, debido a situaciones de baja luminosidad ambiental por causa de la lluvia, nubosidad, etc. Según la **Guideline de la IALA N°1038 sobre niveles de iluminación ambiental a los que deben encenderse y apagarse las Ayudas a la Navegación**, se recomienda que estos tiempos sean de 30' al encendido y otros 30' al apagado.

1.1.2. Equipos de LED

En estos equipos no se produce un pico de corriente al inicio del destello como en las lámparas, pero la mayoría de estos equipos disponen de circuitos electrónicos complejos como: destellador, controlador de corriente de LED, supervisión, GPS, etc., integrados en la linterna lo que provoca que existan diferentes consumos según el estado en que se encuentre la señal. Para los equipos de LED el consumo se calculará teniendo en cuenta el consumo durante el tiempo de destello, el del tramo de tiempo entre destellos y el que existe en el periodo diurno.

$$E_D = \left(P_F(W) \cdot \frac{T_D}{P} + P_{OC}(W) \cdot \left(1 - \frac{T_D}{P} \right) \right) \cdot H_N(\text{horas/día}) + P_D(W)(24 - H_N(\text{horas/día}))$$

Donde:

E_D Consumo total diario en watios/día

P_F Consumo durante el destello en watios.

P_{OC} Consumo durante el tiempo de oscuridad en watios.

P_D Consumo durante el día (en reposo) en watios.

T_D La duración total de todos los destellos de un periodo en segundos.

P Periodo (s).

H_N N° de horas de la noche más desfavorable.

1.1.3. RACONES, RTE (intensificadores de blancos de radar) y AIS

En estos equipos es más difícil evaluar los consumos ya que estos no son fijos, en el caso de RACONES y RTE dependen del numero de radares activos en la zona y por tanto del número de veces que respondan (ver *IALA Guideline N° 1067-1*); en el caso de los AIS el consumo dependerá del tipo y numero de mensajes transmitidos, etc., estos datos los suele proporcionar el fabricante (ver *IALA Guideline N° 1067-1* e *IALA Recommendation A-126*)

1.2. VARIACIÓN ESTACIONAL DE LOS CONSUMOS

Debido a la variación en la duración de la noche según las diferentes estaciones del año, el consumo no será el mismo todos los días del año. El consumo se tendrá que calcular para la noche más larga del año.

Conociendo la declinación solar¹ para cada día del año y la latitud del lugar, se puede obtener la duración de la noche mediante las siguientes formulas (ver ***IALA Guideline N° 1067-1*** sobre el cálculo de los consumos eléctricos totales de una ayuda a la navegación):

Declinación:

$$Declinación = 23.4^\circ \cdot \sin\left(\frac{360^\circ}{365} \cdot (284 + n)\right)$$

¹ Ángulo que forma la línea que une los centros tierra-sol y su proyección sobre el plano ecuatorial

Donde n es el número de día del año, el 1 de enero sería el 1º

Nº de horas de luz (duración del día):

$$N_{HS} = \frac{2}{15^\circ} \cdot \omega$$

$$\omega = \arccos(-\tan D^\circ \cdot \tan L^\circ)$$

También se puede expresar según viene en la Recomendación de IALA:

$$\text{Horas} - \text{día} = \left(\frac{2}{15}\right) \arccos \left[\frac{-0.0151 - \text{sen}(L) \cdot \text{sen}(D)}{\cos(L) \cdot \cos(D)} \right]$$

En la recomendación de la IALA incorpora el valor de -0.0151 que corrige los efectos de la refracción y la curvatura terrestre, a efectos prácticos los resultados son similares.

Si los ángulos están en grados, L la latitud del lugar y D la declinación.

$$\text{Horas} - \text{día} = \left(\frac{24}{\pi}\right) \arccos \left[\frac{-0.0151 - \text{sen}(L) \cdot \text{sen}(D)}{\cos(L) \cdot \cos(D)} \right]$$

Si los ángulos están en radianes (L y D , también expresados en radianes)

1.3. DIAS DE AUTONOMÍA

Para el cálculo de la instalación hay que definir los días de autonomía del sistema. Para esto hay tablas en las que se define estadísticamente el número de días de autonomía recomendados en cada provincia, en función la probabilidad de los días sin sol que se pueden dar. En estas tablas se suelen dar varios valores para cada provincia, escogeremos el más adecuado teniendo en cuenta la relación coste/seguridad y la importancia de la instalación. Para una instalación de señalización marítima se escogerá siempre el valor de seguridad

máximo. La IALA recomienda un mínimo de entre 20 y 40 días para latitudes medias, aunque aquí, en España, los datos estadísticos dan unos valores algo inferiores.

Si se utiliza el programa de la IALA, habrá que fijarse en la columna donde pone el número de días posibles sin sol; una vez elegida la potencia de los paneles y la capacidad de las baterías, en esta columna no deberá haber ningún valor inferior al máximo de días sin sol, recomendado según tablas, para la localidad donde se ubique la instalación.

1.4. CALCULO DE LAS BATERIAS - CARACTERISTICAS DE LAS BATERIAS

Existen muchos tipos de baterías en el mercado, con diferentes características que las hace ser más o menos apropiadas para según qué aplicación (ver **IALA Guideline N° 1067-3** sobre almacenamiento de energía eléctrica en las ayudas a la navegación). El cálculo de la capacidad necesaria de las baterías para una instalación fotovoltaica se hace básicamente multiplicando las necesidades energéticas diarias por el número de días de autonomía requeridos según la zona, teniendo en cuenta los correspondientes factores de corrección aplicables por diferentes pérdidas.

Para el diseño de la instalación habrá que tener en cuenta los siguientes aspectos de las características de las baterías que suelen proporcionar los fabricantes y aplicar los correspondientes coeficientes de corrección al cálculo:

1.4.1. Capacidad de la batería

La capacidad de una batería se indica en amperios-hora, esto es, el número de amperios que puede dar, multiplicado por el número de horas que está circulando la corriente. Las baterías para aplicaciones FV son estacionarias, éstas al contrario que las de automoción o de arranque, están diseñadas para descargarse a un ritmo más lento.

La capacidad de una batería varía según la velocidad de descarga, cuando esta velocidad disminuye su capacidad disponible aumenta ligeramente. Los fabricantes de baterías suelen dar la **capacidad nominal** de una batería (carga que se puede extraer de ésta) según el régimen de descarga, éste se suele indicar por una C y un subíndice que indica las horas en que se produce la descarga C_5 , C_{10} , C_{20} , C_{100} , etc.

En instalaciones fotovoltaicas, la velocidad de descarga de la batería será muy lenta, debido a que ésta se produce por lo general durante varias de las semanas de autonomía con las que se suele diseñar el sistema. Por lo tanto, para calcular la capacidad útil de la batería se puede tomar el dato de capacidad correspondiente al mayor número de horas de descarga que ofrezca el fabricante C_{100} , o más, aunque la capacidad nominal no deberá exceder en 25 veces la corriente de cortocircuito del generador FV²

1.4.2. Profundidad de descarga

La profundidad de descarga de una batería es el porcentaje de la capacidad que se extrae de una batería.

Para calcular la **capacidad útil o utilizable** de una batería, se tendrá en cuenta la profundidad de descarga máxima admisible, este dato, junto con los ciclos de carga y descarga influirá en la duración de una batería. Las baterías que se usan para instalaciones FV son de ciclo profundo y están diseñadas para que puedan descargarse hasta un 80% sin sufrir daños. Pero, incluso en éstas, su vida se reducirá si se producen grandes descargas. La profundidad de descarga máxima puede ser diferente según la tecnología usada en la fabricación de la batería.

En las baterías usadas en instalaciones fotovoltaicas, este aspecto no es excesivamente relevante para la reducción de la vida de la batería, ya que solo se alcanzarán descargas fuertes al final de los periodos de autonomía de los meses de invierno, lo que puede ocurrir una o dos veces al año. No obstante, se dimensionará el sistema para no sobrepasar nunca el 80% de profundidad de descarga³ al final de un periodo máximo de autonomía.

1.4.3. Ciclos de carga-descarga:

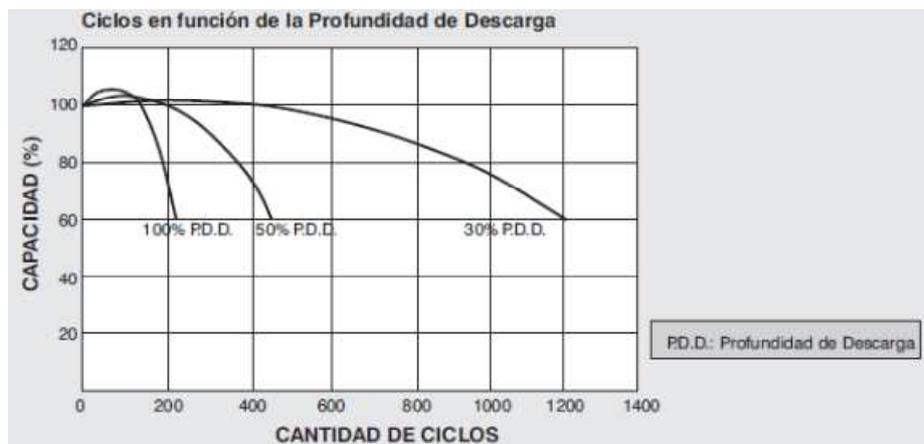
En el caso concreto de las ayudas a la navegación, las baterías están sometidas, por una parte, a un ciclado diario que corresponde al consumo diario en las horas nocturnas. La descarga diaria está entre el 10 y el 15 % de su capacidad y esporádicamente pueden llegar hasta un 40 o 50 % en días nublados. Por otra parte, están también sometidas a un ciclado anual en el que

² Según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red PTC-A-REV-febrero 2009

³ Según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red PTC-A-REV-febrero 2009

las baterías operan casi a plena carga en los meses de verano y cerca de la descarga máxima en los meses de invierno

Cada vez que una batería se descarga pierde algo de material activo de sus placas, esto hace que con el tiempo todas las baterías pierdan capacidad útil según envejecen. La vida de la batería dependerá del nº de ciclos de carga y la profundidad de estas descargas. Estos factores los debe proporcionar el fabricante y se tendrán en cuenta en el cálculo.

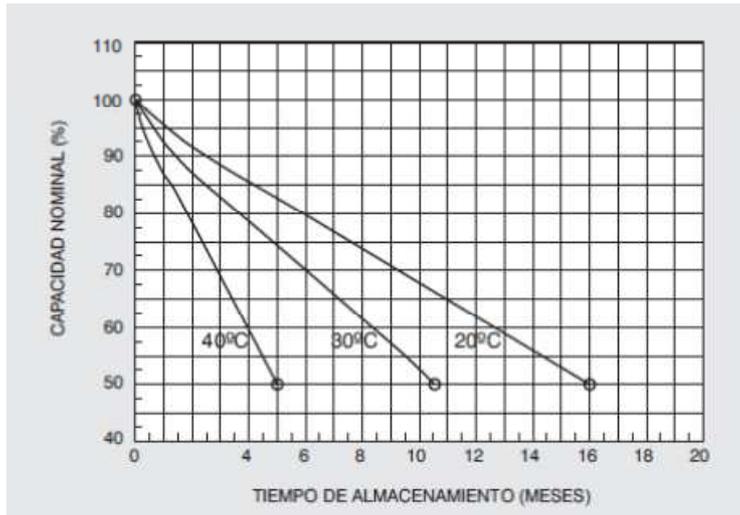


Curva típica de ciclos carga-descarga según la profundidad de descarga

1.4.4. Autodescarga

Es la capacidad que diariamente pierde la batería aunque no esté en uso (en circuito abierto). La autodescarga también depende, además de otros factores como la temperatura, aumentando la autodescarga al subir ésta. Los fabricantes suelen proporcionar curvas de autodescarga en función del tiempo y la temperatura, que se han de tener en cuenta para el cálculo. La autodescarga de una batería para uso FV a 20° no debe de ser superior al 6% por mes ⁴

⁴ Según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red PTC-A-REV-febrero 2009

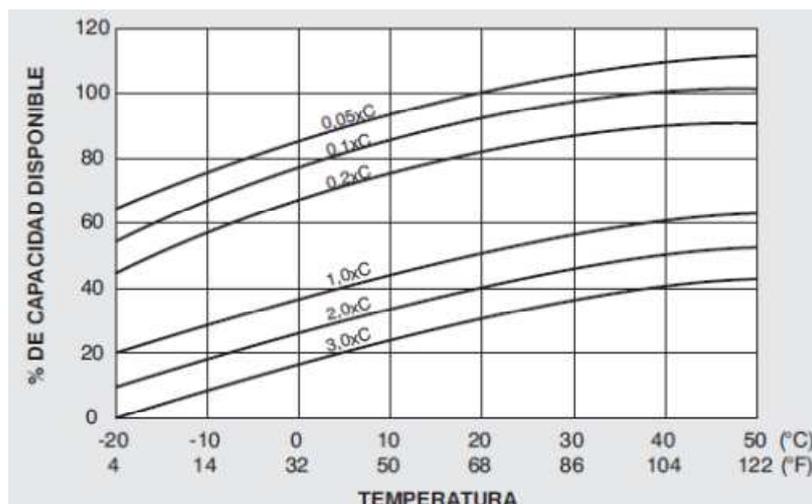


Curva de autodescarga según temperatura

1.4.5. Temperatura de trabajo

La temperatura afecta a la capacidad disponible de la batería, haciendo que ésta disminuya cuando la temperatura baja y aumentando ligeramente cuando la temperatura sube (esto tampoco es deseable ya que se producirá un aumento del consumo de agua en el electrolito). Por lo tanto, se deberán tener datos de las temperaturas máximas y mínimas del lugar donde se ubique la instalación ya que éstas afectarán a la capacidad disponible de la batería.

Las baterías de Ni-Cd tienen mejores prestaciones cuando trabajan a bajas temperaturas



Curva de capacidad disponible según temperatura

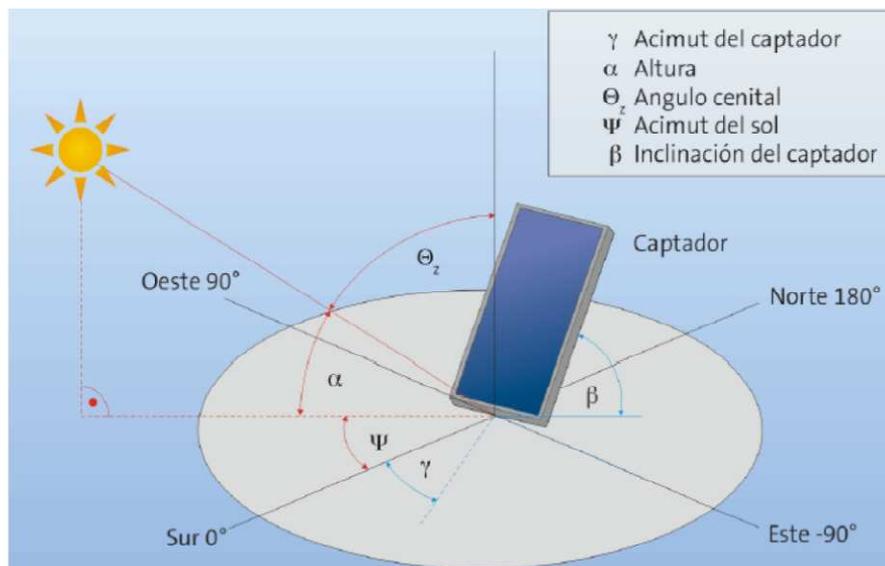
1.4.6. Rendimiento

Toda la energía disponible de una batería no se transforma en energía útil en la carga, siempre existen unas pérdidas que hacen que la capacidad práctica de la batería sea menor que la teórica, este dato lo suele proporcionar el fabricante y se tendrá en cuenta para el cálculo.

1.5. INCLINACION DE LOS PANELES

Las coordenadas Solares se utilizan Para definir la posición del Sol con respecto a un observador

- La altura solar h el ángulo (α) que forman los rayos solares sobre la superficie horizontal
- El ángulo cenital (θ) es el ángulo definido por los rayos solares y la normal a la superficie.
- El azimut A , o ángulo azimutal, es el ángulo (ψ) de giro del Sol medido sobre el plano horizontal mediante la proyección del rayo sobre dicho plano y tomando como origen el sur (se considera negativo antes del medio día y positivo después).
- El azimut de un panel (ángulo γ) es el ángulo que forma el panel con respecto a la línea norte-sur.



En instalaciones fijas la orientación o azimut de los paneles debe ser hacia el ecuador y perpendicular a éste; su inclinación con respecto a la horizontal (ángulo β) deberá ser la adecuada para obtener la máxima captación de energía. En instalaciones que funcionen durante todo el año, se dará la

inclinación más favorable para obtener de éstos, el máximo rendimiento en los meses de invierno. Para las latitudes en las que nos encontramos la inclinación óptima se obtendrá sumando entre 15° y 20° al valor de la latitud del lugar.

En algunas ocasiones puede ser interesante colocar los paneles en posición vertical, por economía de montaje o para minimizar el efecto de las deposiciones de las aves. Si se opta por esta disposición, habrá que compensar la pérdida de potencia sobredimensionando adecuadamente la instalación. En las ayudas flotantes esta pérdida de rendimiento puede quedar parcialmente compensada por la reflexión de la luz en el agua. No se recomienda fijar los paneles en posición horizontal, deberán tener siempre algo de inclinación para que la lluvia limpie la suciedad y deposiciones de las aves, evitando su efecto negativo en el rendimiento de los paneles.

En el caso de las ayudas flotantes, es habitual montar los paneles en posición vertical y distribuirlos alrededor del eje vertical de la boya, debido al movimiento de la boya, la orientación de los paneles respecto al ecuador será aleatoria y, por tanto, la producción de energía sufrirá grandes variaciones. En este tipo de instalaciones es muy importante la experiencia para poder dimensionar correctamente el sistema. Según la experiencia de otros servicios de señalización marítima, en los meses de invierno, en latitudes medias ($45^{\circ} \pm 5^{\circ}$), 2 módulos verticales producen alrededor de 1,5 veces más energía que uno horizontal de su misma potencia pico, y uno vertical, produce 0,7 menos energía que otro igual con la inclinación óptima.

1.6. TABLAS DE RADIACION

Se pueden utilizar las tablas que incluye el IDAE en el "*Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura PET-REV - enero 2009*", que a su vez están facilitadas por CENSOLAR, o cualquiera que facilite otro organismo oficial.

También se pueden encontrar datos de radiación en internet, como por ejemplo, en alguna de estas direcciones:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

Existen varios tipos de tablas: unas dan los valores de la radiación media diaria para cada mes y diferentes valores según la inclinación del panel/s; en otras se

aplica un factor de corrección a una tabla de radiación horizontal media diaria según el mes, estos factores de corrección se suelen proporcionar en tablas donde se indica su valor para cada mes, según la latitud y la inclinación del panel de la instalación; también se pueden obtener datos de la Norma UNE 94003/2007.

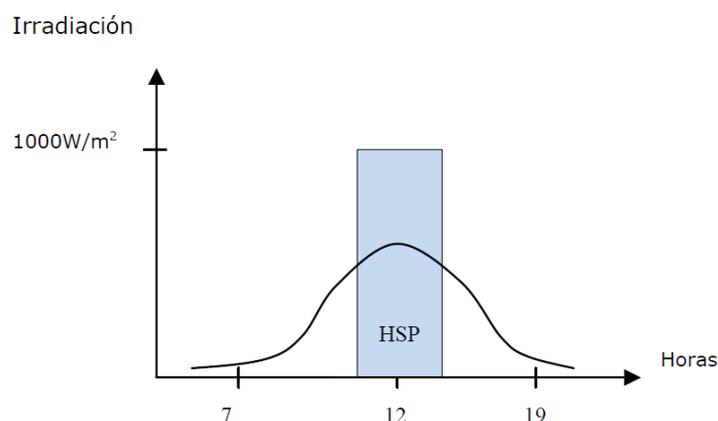
Otra cuestión a tener en cuenta son las unidades, muchas de estas tablas vienen en Mega julios/ m², pero en la mayoría de los sistemas de cálculo (en el de la IALA también) los datos se introducen en Kwh/m², por lo que a veces habrá que hacer la transformación correspondiente, bastará con dividir los MJ/ m² entre **3.6** para obtener Kwh/ m².

Si se utiliza el programa simulación de la IALA, hay que introducir los datos de radiación media para cada mes de la provincia donde se ubique la instalación, ya ajustados a la inclinación que se dará al panel/es.

1.7. POTENCIA DE LOS PANELES

Potencia nominal o de pico es la potencia que da el panel al recibir una irradiación de 1000W/m² a 25°C, que es aproximadamente la que se puede medir en un día claro y con el sol en el cenit. Como es lógico la mayor parte del tiempo no incidirá esta radiación sobre el panel y éste solo generará la potencia máxima en momentos puntuales de irradiación y orientación optima.

Para el cálculo de la superficie captadora se usa el concepto de **Hora Solar Pico (H.S.P.)**, que se podría definir como la radiación solar total que incide en 1m² de superficie horizontal a lo largo de un día, expresada en Kw/h. Es decir, sería la radiación total diaria equivalente, en horas, si el panel estuviese recibiendo una radiación de 1000W/m².



Equivalencia entre H.S.P. diaria y la curva de irradiación diaria

Si los datos de radiación de las tablas están en MJ/ m² habrá que pasarlos a Kwh/ m². Como los paneles no suelen estar en horizontal habrá que utilizar el valor de (H.S.P.) adecuado a la inclinación del panel, el valor de (H.S.P.) se puede obtener directamente de tablas que ya tienen el valor de radiación para diferentes inclinaciones o de tablas que aplican factores corrección a la radiación horizontal, dependiendo de la inclinación del panel.

Por tanto para calcular la potencia total a instalar de paneles se divide la energía necesaria, corrigiendo las pérdidas producidas en el regulador que, a falta de datos se le puede considerar un rendimiento del 90%, entre las H.S.P. corregidas según la inclinación del panel y las pérdidas que se puedan producir en éste, que al igual que en el regulador, si no tenemos datos se puede considerar un rendimiento del 90%:

$$E_{PANEL} = \frac{E_{NECESARIA}}{0.9}$$

Potencia total del panel/es:

$$P_{PANEL/ES} = \frac{E_{PANEL}}{0.9 \cdot (H.S.P.)_{CORREGIDA}}$$

1.8. REGULADOR DE CARGA

El regulador es el elemento que se encarga de regular el paso de corriente que se produce en los paneles hacia la batería según el estado de carga de ésta, llegando incluso a cortar la corriente cuando la batería esta a plena carga. Si el regulador no actuase, la batería se sobrecargaría evaporando el electrolito y llegaría a destruirse.

Lo normal es conectar todos los paneles a un regulador, pero cuando se manejan grandes superficies de paneles y por tanto grandes corrientes, puede ser necesario agrupar por módulos los paneles FV, instalando reguladores independientes en cada grupo y conectando las salidas de todos ellos a los acumuladores.

El regulador deberá soportar la corriente máxima que puedan generar los paneles FV, es conveniente que éste no trabaje al límite, por lo que se deberá establecer un margen de seguridad mínimo de un 10% sobre la intensidad máxima de los paneles⁵.



Montaje típico de regulador batería y protección en una baliza de mediano alcance

2. OTRAS CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA SOBRE PANELES SOLARES

2.1. Tipos de paneles fotovoltaicos

Monocristalinos lo forman obleas que se obtienen al ser cortadas de una masa de cristal de silicio o monocristal, muy puro. Los paneles del tipo cristalino tienen mayor eficiencia que los policristalinos (en laboratorio se ha llegado a alcanzar el 27%, algunos modelos comerciales superan el 17%), el proceso de fabricación es costoso lo que hace que este tipo de paneles sean más caros.

Policristalinos las obleas se cortan de un material formado por muchos cristales. El rendimiento de éstos es algo menor que los monocristalinos, cerca del 12%

⁵ Según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red PTC-A-REV-febrero 2009

pero su coste es menor, lo que hace que se usen más a menudo este tipo de paneles.

Amorfos No tienen estructura cristalina, se fabrican depositando una o varias capas de material semiconductor sobre una lámina. Tienen menor eficiencia (8-9% en modelos comerciales) que los formados por cristales.



Silicio Monocristalino



Silicio Polocristalino



Silicio Amorfo

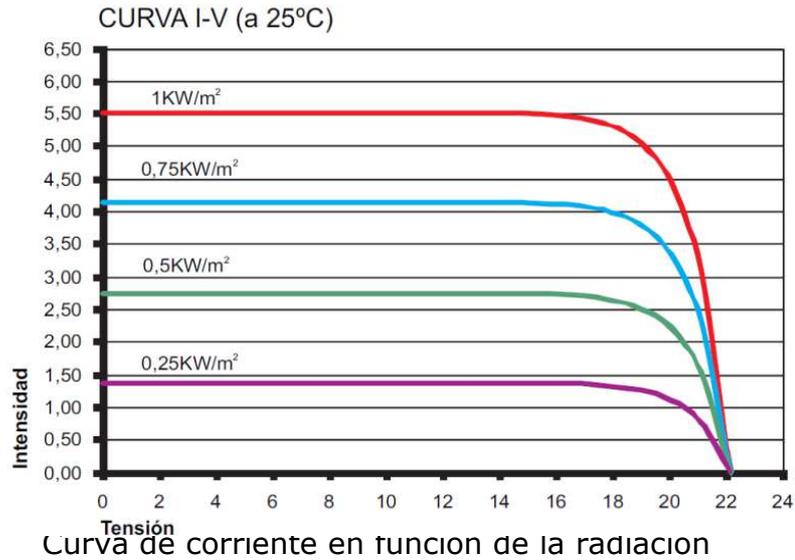
2.2. Asociación de células

Para obtener los valores de tensión y de potencia necesarios, se recurre a la combinación de células. Se conectan en serie para alcanzar la tensión de de trabajo necesaria (36 células en serie para 12V) y en paralelo para alcanzar la intensidad requerida.

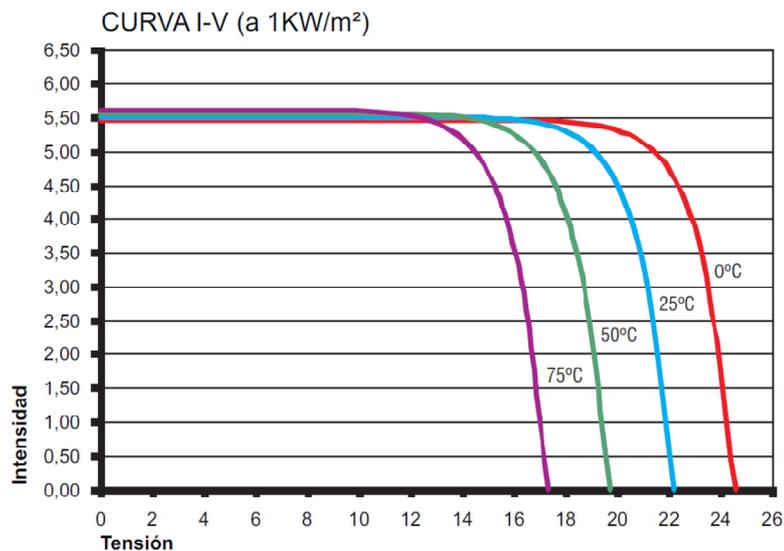
2.3. Pérdida de rendimiento.

El rendimiento de un panel solar depende de la intensidad de la irradiación solar, la temperatura de las células solares y del envejecimiento.

La irradiación hace aumentar la intensidad haciendo que permanezca la tensión casi constante, por eso es muy importante colocar los paneles con la inclinación correcta para captar la máxima radiación.



La temperatura hace que aumente la intensidad (unos $15\mu\text{A./cm}^2$ de célula), pero ésta hace bajar la tensión en mayor medida (unos 2mV. por célula y $^{\circ}\text{C}$ por encima de los 25°C) lo que origina una importante pérdida de potencia, en la práctica un $0,5\%$ por cada $^{\circ}\text{C}$ de aumento, por encima de los 25°C . En casos extremos una radiación de 1000W/m^2 puede elevar la temperatura de un panel 30° por encima de la temperatura ambiente. Aunque en condiciones normales una célula suele trabajar unos 20°C por encima de la temperatura ambiente, esto hará disminuir en un 10% la potencia de salida; de ahí, la importancia de situar los paneles en sitios con buena ventilación.



Curva de voltaje-corriente en función de la temperatura

Por otra parte, se estima que un panel fotovoltaico tiene una pérdida de rendimiento por envejecimiento de aproximadamente el 1% anual. Teniendo en cuenta que la vida media de un panel suele ser de más de 20 años, según fabricantes, este dato se tendrá que tener en cuenta cuando se calcule una instalación, ya que al final de su vida útil podemos tener una reducción de hasta el 20% de su producción original.

2.4. Principales parámetros de un panel FV

Es muy importante conocer las características técnicas de un panel FV, ya que éstas nos darán una idea de la calidad del mismo y nos ayudarán en la elección del panel más adecuado para cada aplicación, a continuación se describen algunos de los parámetros más importantes de un panel FV:

2.4.1 Eléctricos

Tensión de circuito abierto (V_{oc})

Es la máxima tensión que se podría medir con un voltímetro entre bornes del panel sin que pase corriente (resistencia infinita).

Corriente de cortocircuito (I_{sc})

Es la corriente máxima que se podría medir con un amperímetro en condiciones ideales de resistencia prácticamente nula.

Potencia Máxima (P_m)

Es el valor máximo obtenido del producto de $V \times I$ para un determinado valor de V comprendido entre $0V$ y V_{oc} y un valor de I entre 0 y I_{sc}

Tensión en el punto de máxima potencia (V_{mp})

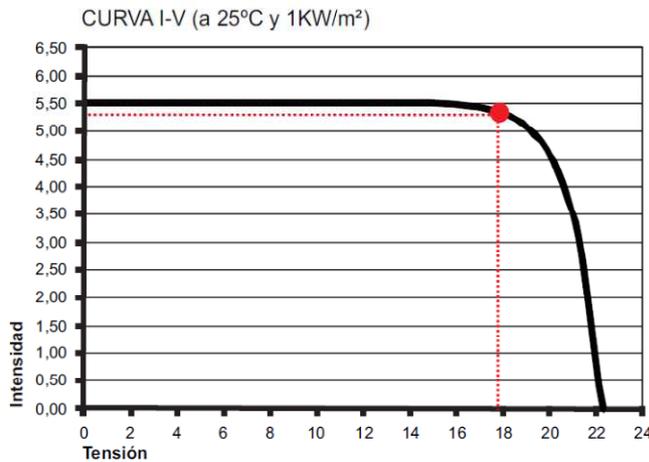
Es el valor de tensión con el que se obtiene la máxima potencia

Corriente en el punto de máxima potencia (I_{mp})

Es el valor de corriente con el que se obtiene la máxima potencia

Eficiencia del panel

Es el cociente entre la potencia eléctrica generada por el panel y la potencia de la radiación incidente sobre él.



Corriente en el Punto de Máxima Potencia (Imp)	5,32 A
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmp)	17,86 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	5,51 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	22,19 V

En la figura anterior, se representa la curva característica de un panel FV real, donde se aprecian todos estos valores, el punto donde se cortan las líneas de los valores de Vmp y Imp, se llama **punto de máxima potencia** y es donde se obtiene el máximo rendimiento del panel.

2.4.2. Térmicos

Todas las características técnicas de un panel están dadas para una temperatura estándar de 25°C, pero lo normal es que un panel FV trabaje por encima de este valor, por eso es importante saber su comportamiento a temperaturas superiores. Estos valores se suelen dar en % por °C de incremento.

Coefficiente de Temperatura de Isc (M)

Es el % que sube la corriente por cada °C de incremento en la temperatura

Coefficiente de Temperatura de Voc (β)

Es el % que baja la tensión por cada °C de incremento en la temperatura.

Coefficiente de Temperatura de P (γ)

Es la disminución de potencia en % por cada °C de subida de la temperatura.

2.5. Conexión de Paneles

Si se conectan en serie, todos deberán tener la misma corriente; si no es así el de menos corriente se convertirá en una carga e incluso puede destruirse el panel. Si se conectan en paralelo todos tendrán el mismo voltaje si no, al igual que en el caso anterior, el de menor voltaje se convierte en carga y puede deteriorarse.

2.6. Fijaciones

Las fijaciones de los paneles deberán soportar los esfuerzos a que serán sometidos además de tener la protección galvánica adecuada.

2.7. Sombras

Los paneles se deberán ubicar en zonas donde no existan objetos que proyecten sombras sobre éstos y en el caso de que sea inevitable la presencia de sombras parciales, se harán los cálculos teniendo en cuenta el efecto de éstas en el rendimiento global de la instalación.

2.8. Diodos de bloqueo y de bypass

Los *diodos de bloqueo* se conectan en serie entre el panel y la batería, impiden que la batería se descargue a través de los paneles fotovoltaicos en ausencia de luz solar (por la noche). Evitan también que el flujo de corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos, se produce una sombra.

Los *diodos de bypass* o de paso se utilizan para proteger individualmente cada panel. Si por un defecto de fabricación o por el efecto de sombras parciales, sobre alguna de las células de la asociación ésta podría convertirse en carga, creándose un "punto caliente" que podría destruir la célula. Para evitar este problema, cada panel suele llevar incorporado un diodo en inversa cada cierto número de celdas en serie, y en paralelo con éstas.

2.9. Caída de tensión en los conductores

El uso de tensiones bajas (12V ó 24V por lo general) en estas instalaciones, hace que se generen intensidades altas, por lo que es muy importante calcular la sección correcta de los conductores, tanto para evitar caídas de tensión

inadmisibles, como para no sobrepasar la intensidad máxima del conductor (ver el Reglamento de Baja Tensión).

2.10. Nivel de estanqueidad

También es importante prestar atención al grado de estanqueidad de las cajas de conexiones, especialmente si el panel se va a utilizar en una boya o en una zona expuesta a los rociones del mar; para estas aplicaciones no debería de ser menor de un IP65, pero mejor un IP 68.

3. MANTENIMIENTO DE UNA INSTALACION FV

Módulos. Estos elementos al no tener partes móviles requieren poco mantenimiento, únicamente será necesario hacer revisiones 1 ó 2 veces al año (preferentemente al principio de primavera y otoño) en las que se revisarán las conexiones entre módulos y regulador, especialmente las cajas de conexiones de los paneles, comprobando que se encuentren en buen estado y libres de corrosión; medir la tensión en carga y en circuito abierto.

En cuanto a la limpieza, en condiciones normales la lluvia será suficiente para limpiar los paneles. Limpiar con productos que no sean abrasivos si fuera necesario. En zonas donde las aves puedan producir problemas de suciedad en la superficie de los paneles, se deberán instalar pequeñas antenas móviles (espantapájaros), para evitar que se posen en los paneles

Regulador. Observación de su estado, comprobación de las conexiones y cableado; verificación de los valores de voltaje y intensidad.

Batería. Este es el elemento que más atención requiere, las principales operaciones de mantenimiento son:

Comprobar el estado de las conexiones. Si es necesario, limpiarlas de sulfataciones y mantenerlas protegidas con vaselina.

Comprobación del nivel del electrolito periódicamente. Si es necesario, rellenar con agua destilada, nunca con ácido.

Medida de la densidad del electrolito: para baterías de plomo su densidad a plena carga debe de ser aproximadamente de 1.24 a 20° C. Una diferencia significativa de densidades entre vasos es síntoma de algún problema. En

instalaciones medianas donde se disponga de corriente de red o grupo, una buena práctica sería dar una carga de igualación al año o cada dos años.

4. BALIZAS AUTOALIMENTADAS

Como se decía al principio en los últimos años se ha incrementado mucho el uso de este tipo de equipos, debido a las ventajas que ofrecen en cuanto a fiabilidad, facilidad de mantenimiento y economía, pero su uso tiene algunos condicionantes que en muchas ocasiones no se tienen en cuenta (*ver IALA Guideline No. 1064 sobre linternas de LED con sistema solar integrado*).

Por lo general, en estos sistemas, el consumo, y como consecuencia el alcance, está limitado por el espacio físico para albergar el sistema de alimentación, paneles y batería. Esto hace que su uso quede limitado cuando se necesiten consumos medios como pueden ser: características con ciclos de trabajo altos, zonas de poca insolación, alcances luminosos medios o con mucha luminosidad de fondo tales como puertos, zonas con ciudades al fondo, etc.

También hay que tener en consideración que las linternas autoalimentadas, que disponen de tres o cuatro paneles verticales o casi verticales, alrededor del eje de la linterna, han sido diseñadas para usarse en boyas. Esta disposición es debida a que las boyas no tienen una orientación definida permanentemente y de esta forma, siempre tendrá uno o dos paneles orientados en posición óptima.

Si se utilizan este tipo de linternas destinadas para boyas en instalaciones fijas para balizas en tierra, hay que tener en cuenta que el rendimiento del sistema de alimentación será mucho menor (realmente solo se aprovechan 1 ó 2 paneles, el resto prácticamente no trabajan), podríamos decir, que se obtendría el mismo rendimiento con uno o dos de esos paneles pero orientados en la posición adecuada.

Para balizas destinadas a alcances luminosos medios, instaladas en tierra, es mejor montar balizas compactas con una sola superficie de paneles orientados en la posición adecuada, o linternas con un pequeño sistema FV independiente (muchas linternas ya llevan incorporado el regulador de carga), de esta forma se consiguen mayores alcances sin aumentar el precio del equipo y mayor modularidad del sistema, sin las limitaciones de las balizas autoalimentadas para boyas.

Además de todo lo anterior, también hay que tener en cuenta que muchos fabricantes incorporan sistemas de reducción de intensidad luminosa cuando la insolación es escasa (meses de invierno), con el objeto de reducir el consumo para que la luz no quede fuera de servicio. Si la instalación no está

suficientemente dimensionada nos encontraremos que la señal tiene menos alcance los meses de invierno que en verano, justo cuando es más necesaria.

Por lo tanto, cuando se adquiere una linterna autoalimentada, el fabricante tiene que asegurarnos que la intensidad que proporciona ese equipo, para un determinado ciclo de trabajo, se mantendrá durante todo el año en la ubicación donde pretendemos instalarla.

5. OTROS SISTEMAS DE ENERGIA RENOVABLE

Además de los sistemas FV, en las ayudas a la navegación tradicionalmente se vienen utilizando otros sistemas como pueden ser los eólicos o los de generación por oleaje.

5.1. Generación eólica

En las ayudas a la navegación, los generadores eólicos por lo general se usan en combinación con sistemas FV. La generación eólica es adecuada donde no hay espacio suficiente para instalar grandes superficies de paneles o en zonas de baja insolación, en este último caso, se suelen obtener buenos rendimientos al complementarse la generación de los paneles con el generador eólico, esto se debe a que por lo general, cuando hace mal tiempo existe poca insolación pero aumenta el viento.



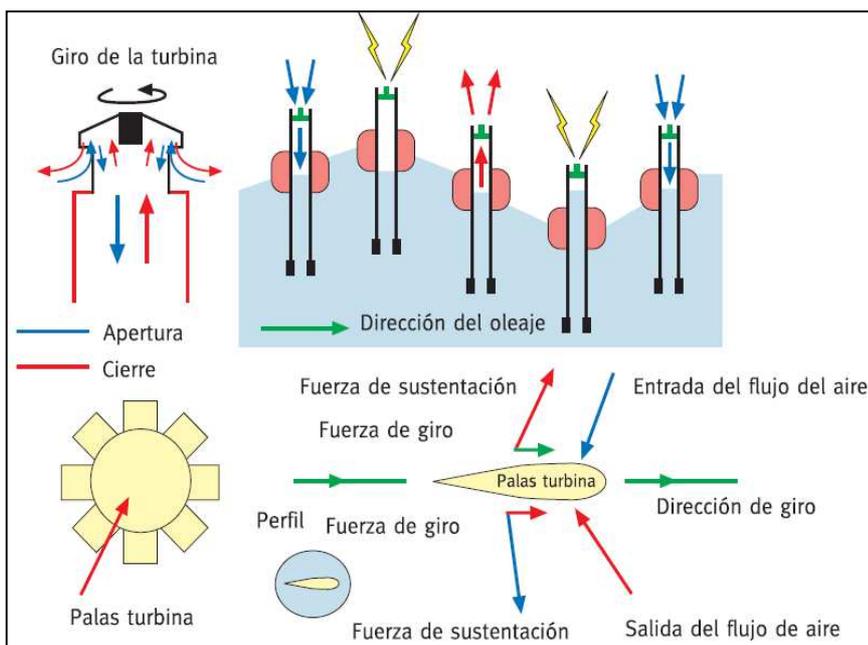
Aerogeneradores usados en Atons, de eje vertical y horizontal de palas

Los generadores eólicos son principalmente de dos tipos, los de eje horizontal y de eje vertical, los de eje vertical hay dos subtipos el savonius y darrieus. En la actualidad los que mejor se adaptan a las ayudas a la navegación, especialmente en las boyas, son los de eje vertical ya que ocupan menos espacio, aunque tienen en contra que son más caros que los de eje horizontal.

5.2. Generación por oleaje

Otro sistema, aunque menos empleado, es el de la generación por oleaje, este sistema consiste en una turbina que gira por el desplazamiento del aire que produce la presión ejercida por la ola en el interior de una cámara. Las boyas que utilizan este sistema tienen que estar adaptadas para la instalación del dispositivo.

Este sistema puede ser útil en instalaciones, donde al igual que en el caso anterior, no se disponga de suficiente insolación, exista poco espacio para los paneles o donde no se garantice que éstos puedan aguantar por estar muy expuestos al oleaje y/o condiciones ambientales duras.



Esquema de funcionamiento de un generador por oleaje

Boya con una instalación de generación por oleaje

En el pasado, estos sistemas no tuvieron mucha aceptación en el campo de las ayudas a la navegación, debido a los problemas que generaban los elementos

mecánicos en los ambientes marinos en los que trabajan. Hoy en día estos problemas están superados, debido en parte, a la utilización de nuevos materiales de mayor calidad, que ofrecen mayor protección frente a la corrosión, junto con la mejora de la resistencia mecánica y el aislamiento contra la humedad de los equipos.

REFERENCIAS:

- *CENSOLAR - Instalaciones de Energía Solar*
- *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red PTC-A-REV-febrero 2009*
- *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura PET-REV - enero 2009*
- *IALA Guideline N° 1067-1, 2 y 3*
- *IALA Guideline N°1038*
- *IALA Guideline N° 1039*

NOTA: Este es un documento de consulta, elaborado para uso exclusivo en el ámbito de las Ayudas a la Navegación, por lo que ni el autor, ni Puertos del Estado se responsabilizan del uso que pueda producirse por terceros fuera de este ámbito.

ANEXO I

1. EJEMPLO DE CÁLCULO DE UNA INSTALACION

Calculo de una instalación situada en Guipúzcoa (a 43° de latitud) que funcionará durante todo el año, en periodo nocturno, con las siguientes características:

Consumo de la carga durante el destello 18w LED

Consumo en el tramo nocturno durante la oscuridad 0.8w

Consumos permanente en el tramo diurno 0.2w

Característica 0.5 + 1 + 0.5 + 3 = 5; ciclo de trabajo (0.5+0.5)/5=0.2

Días de autonomía: según tablas de *consolar* para esta zona recomienda entre 14 y 23 días, según del margen de seguridad; elegimos **22 días** (la IALA recomienda que no sean menos de 20).

1.1 Calculo de las necesidades energéticas (consumo):

$$E_D = \left(P_F(W) \cdot \frac{T_D}{P} + P_{OC}(W) \cdot \left(1 - \frac{T_D}{P} \right) \right) \cdot H_N(\text{horas/día}) + P_D(W)(24 - H_N(\text{horas/día}))$$

P_F 18w Consumo durante el destello en watios.

P_{OC} 0.8w Consumo durante el tiempo de oscuridad en watios.

P_D 0.2 Consumo durante el día (en reposo) en watios.

T_D 1 La duración total de todos los destellos de un periodo en seg.

P 5 Periodo.

H_N 14.8h N° de horas noche más desfavorable.

Por tanto, la energía diaria total requerida será:

$$E_D = \left(18 \cdot \frac{1}{5} + 0.8 \cdot \left(1 - \frac{1}{5} \right) \right) \cdot 14.8 + 0.2(24 - 14.8) = \mathbf{64.592 \text{ Wh/día}}$$

Cálculo de la energía diaria necesaria:

Es la energía, que proveniente de los paneles, descontando las pérdidas, realmente aprovechará el acumulador:

$$E = \frac{E_D}{R}$$

R es un factor global de rendimiento, CENSOLAR utiliza la siguiente fórmula para calcular las pérdidas, aunque se puede usar otro método o averiguar directamente los datos del fabricante.

$$R = (1 - K_B - K_C - K_V) \cdot \left(1 - K_A \cdot \frac{N}{P_d} \right)$$

Donde:

K_B fracción de energía que la batería no devuelve respecto a la absorbida, a falta de datos se suele tomar 0.05.

K_C es el coeficiente de pérdidas por el convertidor si existe (valor típico entre 0.1 y 0.2).

K_V otras pérdidas, efecto Joule, cableado, etc. suele tomarse de 0.1 a 0.15

K_A es el coeficiente de pérdidas diaria por autodescarga las baterías estacionarias de Pb suelen tener un valor máximo de un 5% mensual a 20° C.

N número de días de autonomía

P_D es la profundidad de descarga máxima que queremos que tenga el acumulador.

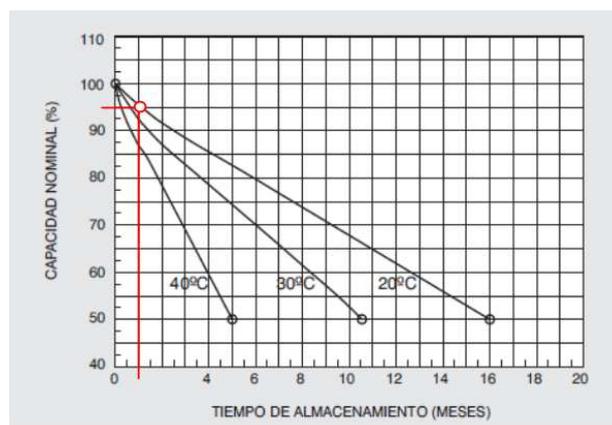
K_B no tenemos datos luego 0.05.

K_C 0 ya que no se usa convertidor

K_V 0.1

K_A si cogemos como ejemplo el grafico de autodescarga que aparece en el documento, vemos que tiene un 5% mensual a 20° C, luego:

$$0.05 K_A = \frac{0.05}{30 \text{ días}} = 0.0016$$



$N = 22$ días

P_D elegimos un 80% para la profundidad de descarga máxima que queremos que tenga el acumulador.

$$R = (1 - 0.05 - 0 - 0.1) \cdot \left(1 - 0.0016 \cdot \frac{22}{0.8}\right) = 0.8126$$

Luego la energía diaria necesaria será:

$$E = \frac{E_D}{R} \Rightarrow E = \frac{64.592}{0.81} = 79.768 \text{ W}$$

1.2. Cálculo de las baterías

Para calcular las baterías se debe multiplicar la energía necesaria por el número de días y calcular los A/h según la tensión de trabajo que utilice el sistema:

$$C_U = E \times N$$

$$C_U = 79.768 \times 22 = 1754.8 \text{ W} \qquad C_U = \frac{1754.8}{12} = 146.2 \text{ A/h}$$

La capacidad nominal para una Pd del 80% será:

$$C = \frac{C_U}{P_D} \qquad C = \frac{146.2}{0.8} = 182.8 \text{ A/h}$$

Por lo tanto necesitaremos una batería de **182.8 A/h** de capacidad

1.3. Calculo de los paneles:

La energía que deberán proporcionar los paneles será la consumida diariamente teniendo en cuenta las pérdidas producidas en el regulador, para el que normalmente se considera un rendimiento del 90%, por tanto:

$$E_p = \frac{E}{0.9} \Rightarrow E_p = \frac{79.768}{0.9} = 88.63$$

Para los paneles si utilizamos las tablas de CENSOLAR (vienen publicadas en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura) se obtienen los siguientes valores:

Según estas tablas los valores de radiación horizontal son:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
23 GUIPÚZCOA	5,5	7,7	11,3	11,7	14,6	16,2	16,1	13,6	12,7	10,3	6,2	5	10,9

Como se ve el peor valor de radiación corresponde a Diciembre, el valor esta en Mj/m^2 y se pasa a Kw/m^2

$$5/3.6 = 1.39$$

Se define la inclinación más adecuada para esa latitud:

LATITUD = 43°												
Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,08	1,07	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,09
10	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18
15	1,22	1,18	1,13	1,08	1,05	1,03	1,05	1,09	1,15	1,23	1,27	1,26
20	1,28	1,22	1,16	1,09	1,05	1,03	1,05	1,1	1,19	1,29	1,35	1,33
25	1,33	1,26	1,18	1,1	1,04	1,02	1,04	1,11	1,22	1,34	1,42	1,4
30	1,37	1,29	1,2	1,1	1,03	1	1,03	1,11	1,24	1,38	1,48	1,45
35	1,41	1,31	1,2	1,09	1,01	0,98	1,01	1,1	1,25	1,42	1,52	1,5
40	1,43	1,33	1,2	1,07	0,98	0,95	0,98	1,09	1,25	1,44	1,56	1,54
45	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
50	1,46	1,33	1,17	1,02	0,91	0,87	0,91	1,03	1,23	1,46	1,61	1,58
55	1,46	1,32	1,15	0,98	0,86	0,82	0,86	1	1,21	1,45	1,62	1,59
60	1,45	1,3	1,12	0,94	0,81	0,76	0,81	0,95	1,17	1,44	1,62	1,59
65	1,43	1,27	1,08	0,89	0,75	0,7	0,75	0,9	1,13	1,41	1,61	1,58
70	1,41	1,23	1,03	0,83	0,69	0,64	0,69	0,84	1,09	1,38	1,58	1,56

Se ve que entre 55° y 60° de inclinación se consigue el máximo factor de corrección en diciembre **1.59**, y por lo tanto, la mayor radiación solar para los meses más desfavorables

Se aplica el factor de corrección correspondiente para el valor más desfavorable:

$$1.39 \times 1.59 = 2.21 \text{ H.S.P. (Hora Solar Pico)}$$

Entonces:

$$P_{\text{PANEL/S}} = \frac{E_{\text{PANEL}}}{0.9 \cdot (H.S.P.)_{\text{CORREGIDA}}}$$

$$P_{\text{PANEL/S}} = \frac{88.63}{0.9 \cdot 2.21} = \mathbf{44.56W}$$
 que deben proporcionar los paneles

Por tanto para la instalación sería suficiente una batería de 190 A/h. Del listado de modelos disponibles de un fabricante, que se describe abajo, se podría elegir el modelo S-190 compuesto por 6 elementos de 2 Voltios y el panel de 50 W según las características adjuntas, tomadas de un modelo comercial.

CÓDIGO	CAPACIDAD AH _{C-100}	V	Tipo modelo	KD-M50
S-190	190	2	Energía máxima (Pmax)	50W
S-240	240	2	Peso	5.0kgs (8.8lbs)
S-300	295	2	Dimensión	719x555x35m m
S-400	395	2	Voltaje máximo de la energía (Vmp)	20.2V
S-470	465	2	currentImp máximo de la energía	2.48A
S-550	540	2	Voltaje del circuito abierto (Voc)	24.6V
S-650	650	2	Corriente del cortocircuito (ISC)	2.81A
S-750	735	2	Voltaje de sistema máximo	C.C. 1000V
S-900	900	2	Temp. Coeficientes. de ISC (ISC del TK)	0.058%/C
S-1200	1220	2	Temp. Coeficientes. de Voc (Voc del TK)	-0.367%/C
S-1500	1525	2	Temp. Coeficientes. de Pmax (TK Pmax)	-0.485%/C
S-1850	1840	2	Temperatura normal de la célula del funcionamiento	44.4±2Co
S-2100	2080	2		
S-2500	2500	2		
S-3000	3000	2		
S-3750	3750	2		
S-4400	4400	2		

El regulador de carga deberá aguantar la corriente máxima que puede dar el panel, sería suficiente con un regulador de 5 Amperios como el de abajo.

CARACTERÍSTICAS:

Tensión del sistema:	12V
Tensión de entrada máx. del módulo:	47V
Corr. Máxima cortocircuito entrada a módulo:	5A
Corr. Máxima de salida del consumidor:	5A
Consumo propio máx.:	3 mA
Tensión final de carga (float):	13.7V
Tensión de recarga reforzada:	14.4V
Tensión de compensación:	--
Tensión de reconexión (LVR):	12.5V
Protección contra descarga profunda (LVD)	11.0 ... 11.5V
Temperatura ambiente admisible	-25°C...+50°C
Tamaño del terminal (cable fino/único):	6 mm ² / 10 mm ²
Tipo de protección de la caja:	IP 32
Peso:	160 g
Dimensiones:	146x90x33 mm

2. EJEMPLO DE CÁLCULO DE UNA INSTALACION CON LAMPARA DE INCANDESCENCIA

Las características del equipo serán las mismas que en el caso del ejemplo anterior, pero en este caso será con un lámpara de incandescencia:

Consumo de la carga durante el destello 18w

Consumo en el tramo nocturno durante la oscuridad 0.8w

Consumos permanente en el tramo diurno 0.2w

Característica $0.5 + 1 + 0.5 + 3 = 5$; ciclo de trabajo $(0.5+0.5)/5=0.2$

Días de autonomía: según tablas de censolar para esta zona recomienda entre 14 y 23 días, según del margen de seguridad; elegimos 22 días (la IALA recomienda que no sean menos de 20)

2.1. Cálculo de las necesidades energéticas (consumo):

Calculo de consumo en el tramo de luz:

Destello:

$$E_1 = E_p + E_E$$

$$E_E = P_L \cdot T_D \quad E_p = 0.1019X^2 + 1.24X - 0.3341$$

$$E_p = 0.1019 \cdot 1.5^2 + 1.24 \cdot 1.5 - 0.3341 = 1.71w/s$$

$$E_E = 18W \cdot 1s = 18w/s$$

$$E_1 = 1.7 + 18 = 19.71W$$

Consumo diario con la señal activa producido en el tramo de destellos:

$$E_D = E_1 \cdot \frac{H}{P}$$

$$E_D = 19.71 \cdot \frac{14.8}{5} = 58.34W / \text{día}$$

Consumo con la señal activa producida en el tramo de oscuridad:

$$E_{oc} = 14.8 \cdot \frac{4s \cdot (\text{TramoOc})}{5s \cdot (\text{Periodo})} = 11.84 \text{ horas} \cdot 0.8W = 9.47W / \text{día}$$

Consumo diurno con la señal en reposo:

$$E_{DR} = (24 - 14.8) \cdot 0.2W = 7.36W / \text{día}$$

Por tanto, la energía diaria total requerida será:

$$E_{DR} = 58.34W + 9.47W + 7.36W = 75.17W / \text{día}$$

Calculo de la energía diaria necesaria:

Es la energía, que proveniente de los paneles, descontando las pérdidas, realmente aprovechará el acumulador:

$$E = \frac{E_D}{R}$$

Para calcular el factor global de rendimiento R utilizamos los mismos valores del ejemplo anterior:

$$R = (1 - K_B - K_C - K_V) \cdot \left(1 - K_A \cdot \frac{N}{P_d} \right)$$

K_B no tenemos datos luego 0.05.

K_C 0 ya que no se usa convertidor

K_V 0.1

K_A 0.0016

$N = 22$ días

Elegimos un 80% para la profundidad de descarga máxima (P_D).

$$R = (1 - 0.05 - 0 - 0.1) \cdot (1 - 0.0016 \cdot \frac{22}{0.8}) = 0.8126$$

Luego la energía diaria necesaria será:

$$E = \frac{E_D}{R} \Rightarrow E = \frac{75.17}{0.81} = 92.8W$$

2.2. Cálculo de las baterías

Para calcular las baterías se debe multiplicar la energía necesaria por el número de días y calcular los A/h según la tensión de trabajo que utilice el sistema:

$$C_U = E \times N$$

$$C_U = 92.8 \times 22 = 2041.65W \quad C_U = \frac{2041.65}{12} = 170.13A/h$$

La capacidad nominal para una Pd del 80% será:

$$C = \frac{C_U}{P_D} \quad C = \frac{170.13}{0.8} = 212.67A/h$$

Por lo tanto necesitaremos una batería de **212.67 A/h** de capacidad

2.3. Calculo de los paneles:

La energía que deberán proporcionar los paneles será la consumida diariamente. teniendo en cuenta las pérdidas producidas en el regulador, considerando un rendimiento del 90%, por tanto:

$$E_p = E/0.9 \Rightarrow E_p = 92.8/0.9 = 103.11$$

Para los paneles si utilizamos los mismos datos del ejemplo anterior obtenidos de las tablas nos da que:

$$1.39 \times 1.59 = 2.21 \text{ H.S.P. (Hora Solar Pico)}$$

Entonces:

$$P_{\text{PANEL/S}} = \frac{E_{\text{PANEL}}}{0.9 \cdot (\text{H.S.P.})_{\text{CORREGIDA}}}$$

$$P_{\text{PANEL/S}} = \frac{88.63}{0.9 \cdot 2.21} = 51.8 \text{ W que deben proporcionar los paneles}$$

Conclusiones:

Como se ve, las diferencias existentes para un mismo consumo teórico, entre una instalación de LED y otra con lámpara incandescente, da como resultado una instalación significativamente mayor en este último caso.

ANEXO II

TABLAS

Las tablas utilizadas para los cálculos de los ejemplos, son las que vienen recogidas en el "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura para Instalaciones de Energía Solar Térmica" del IDAE, que a su vez, son de CENSOLAR.

Tabla 3. Días de autonomía recomendados para baterías en servicio todo el año (o en invierno).

	Máximo	Normal	Mínimo		Máximo	Normal	Mínimo
1 Alava	25	20	15	27 León	23	18	14
2 Albacete	19	15	11	28 Lérida	23	18	14
3 Alicante	16	13	10	29 Lugo	24	19	14
4 Almería	15	12	9	30 Madrid	20	16	12
5 Asturias	24	19	14	31 Málaga	15	12	9
6 Avila	22	18	13	32 Melilla	13	10	8
7 Badajoz	20	16	12	33 Murcia	15	12	9
8 Baleares	19	15	11	34 Navarra	24	19	14
9 Barcelona	20	16	12	35 Orense	24	19	14
10 Burgos	24	19	14	36 Palencia	24	19	14
11 Cáceres	19	15	11	37 Las Palmas	8	6	5
12 Cádiz	16	13	10	38 Pontevedra	21	17	13
13 Cantabria	24	19	14	39 La Rioja	23	18	14
14 Castellón	17	14	10	40 Salamanca	22	18	13
15 Ceuta	13	10	8	41 Sta. C. Tenerife	12	10	7
16 Ciudad Real	19	15	11	42 Segovia	22	18	13
17 Córdoba	18	14	11	43 Sevilla	13	14	11
18 La Coruña	22	18	13	44 Soria	21	17	13
19 Cuenca	21	17	13	45 Tarragona	19	15	11
20 Gerona	19	15	11	46 Teruel	22	18	13
21 Granada	17	14	10	47 Toledo	21	17	13
22 Guadalajara	21	17	13	48 Valencia	19	15	11
23 Guipúzcoa	23	18	14	49 Valladolid	25	20	15
24 Huelva	16	13	10	50 Vizcaya	24	19	14
25 Huesca	22	18	13	51 Zamora	24	19	14
26 Jaén	19	15	11	52 Zaragoza	21	17	13

Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes. (Fuente: CENSOLAR).

Nota: También se podrán tomar en consideración los valores indicados en la norma UNE 94003.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
1	ÁLAVA	4,6	6,9	11,2	13	14,8	16,6	18,1	17,3	14,3	9,5	5,5	4,1	11,3
2	ALBACETE	6,7	10,5	15	19,2	21,2	25,1	26,7	23,2	18,8	12,4	8,4	6,4	16,1
3	ALICANTE	8,5	12	16,3	18,9	23,1	24,8	25,8	22,5	18,3	13,6	9,8	7,6	16,8
4	ALMERÍA	8,9	12,2	16,4	19,6	23,1	24,6	25,3	22,5	18,5	13,9	10	8	16,9
5	ASTURIAS	5,3	7,7	10,6	12,2	15	15,2	16,8	14,8	12,4	9,8	5,9	4,6	10,9
6	ÁVILA	6	9,1	13,5	17,7	19,4	22,3	26,3	25,3	18,8	11,2	6,9	5,2	15,1
7	BADAJOS	6,5	10	13,6	18,7	21,8	24,6	25,9	23,8	17,9	12,3	8,2	6,2	15,8
8	BALEARES	7,2	10,7	14,4	16,2	21	22,7	24,2	20,6	16,4	12,1	8,5	6,5	15
9	BARCELONA	6,5	9,5	12,9	16,1	18,6	20,3	21,6	18,1	14,6	10,8	7,2	5,8	13,5
10	BURGOS	5,1	7,9	12,4	16	18,7	21,5	23	20,7	16,7	10,1	6,5	4,5	13,6
11	CÁCERES	6,8	10	14,7	19,6	22,1	25,1	28,1	25,4	19,7	12,7	8,9	6,6	16,6
12	CÁDIZ	8,1	11,5	15,7	18,5	22,2	23,8	25,9	23	18,1	14,2	10	7,4	16,5
13	CANTABRIA	5	7,4	11	13	16,1	17	18,4	15,5	13	9,5	5,8	4,5	11,3
14	CASTELLÓN	8	12,2	15,5	17,4	20,6	21,4	23,9	19,5	16,6	13,1	8,6	7,3	15,3
15	CEUTA	8,9	13,1	18,6	21	24,3	26,7	26,8	24,3	19,1	14,2	11	8,6	18,1
16	CIUDAD REAL	7	10,1	15	18,7	21,4	23,7	25,3	23,2	18,8	12,5	8,7	6,5	15,9
17	CÓRDOBA	7,2	10,1	15,1	18,5	21,8	25,9	28,5	25,1	19,9	12,6	8,6	6,9	16,7
18	LA CORUÑA	5,4	8	11,4	12,4	15,4	16,2	17,4	15,3	13,9	10,9	6,4	5,1	11,5
19	CUENCA	5,9	8,8	12,9	17,4	18,7	22	25,6	22,3	17,5	11,2	7,2	5,5	14,6
20	GERONA	7,1	10,5	14,2	15,9	18,7	19	22,3	18,5	14,9	11,7	7,8	6,6	13,9
21	GRANADA	7,8	10,8	15,2	18,5	21,9	24,8	26,7	23,6	18,8	12,9	9,6	7,1	16,5
22	GUADALAJARA	6,5	9,2	14	17,9	19,4	22,7	25	23,2	17,8	11,7	7,8	5,6	15,1
23	GUIPÚZCOA	5,5	7,7	11,3	11,7	14,6	16,2	16,1	13,6	12,7	10,3	6,2	5	10,9
24	HUELVA	7,6	11,3	16	19,5	24,1	25,6	28,7	25,6	21,2	14,5	9,2	7,5	17,6
25	HUESCA	6,1	9,6	14,3	18,7	20,3	22,1	23,1	20,9	16,9	11,3	7,2	5,1	14,6
26	JAÉN	6,7	10,1	14,4	18	20,3	24,4	26,7	24,1	19,2	11,9	8,1	6,5	15,9
27	LEÓN	5,8	8,7	13,8	17,2	19,5	22,1	24,2	20,9	17,2	10,4	7	4,8	14,3
28	LÉRIDA	6	9,9	18	18,8	20,9	22,6	23,8	21,3	16,8	12,1	7,2	4,8	15,2
29	LUGO	5,1	7,6	11,7	15,2	17,1	19,5	20,2	18,4	15	9,9	6,2	4,5	12,5
30	MADRID	6,7	10,6	13,6	18,8	20,9	23,5	26	23,1	16,9	11,4	7,5	5,9	15,4
31	MÁLAGA	8,3	12	15,5	18,5	23,2	24,5	26,5	23,2	19	13,6	9,3	8	16,8
32	MELILLA	9,4	12,6	17,2	20,3	23	24,8	24,8	22,6	18,3	14,2	10,9	8,7	17,2
33	MURCIA	10,1	14,8	16,6	20,4	24,2	25,6	27,7	23,5	18,6	13,9	9,8	8,1	17,8
34	NAVARRA	5	7,4	12,3	14,5	17,1	18,9	20,5	18,2	16,2	10,2	6	4,5	12,6
35	ORENSE	4,7	7,3	11,3	14	16,2	17,6	18,3	16,6	14,3	9,4	5,6	4,3	11,6
36	PALENCIA	5,3	9	13,2	17,5	19,7	21,8	24,1	21,6	17,1	10,9	6,6	4,6	14,3
37	LAS PALMAS	11,2	14,2	17,8	19,6	21,7	22,5	24,3	21,9	19,8	15,1	12,3	10,7	17,6
38	PONTEVEDRA	5,5	8,2	13	15,7	17,5	20,4	22	18,9	15,1	11,3	6,8	5,5	13,3
39	LA RIOJA	5,6	8,8	13,7	16,6	19,2	21,4	23,3	20,8	16,2	10,7	6,8	4,8	14
40	SALAMANCA	6,1	9,5	13,5	17,1	19,7	22,8	24,6	22,6	17,5	11,3	7,4	5,2	14,8
41	STA. C. DE TENERIFE	10,7	13,3	18,1	21,5	25,7	26,5	29,3	26,6	21,2	16,2	10,8	9,3	19,1
42	SEGOVIA	5,7	8,8	13,4	18,4	20,4	22,6	25,7	24,9	18,8	11,4	6,8	5,1	15,2
43	SEVILLA	7,3	10,9	14,4	19,2	22,4	24,3	24,9	23	17,9	12,3	8,8	6,9	16
44	SORIA	5,9	8,7	12,8	17,1	19,7	21,8	24,1	22,3	17,5	11,1	7,6	5,6	14,5
45	TARRAGONA	7,3	10,7	14,9	17,6	20,2	22,5	23,8	20,5	16,4	12,3	8,8	6,3	15,1
46	TERUEL	6,1	8,8	12,9	16,7	18,4	20,6	21,8	20,7	16,9	11	7,1	5,3	13,9
47	TOLEDO	6,2	9,5	14	19,3	21	24,4	27,2	24,5	18,1	11,9	7,6	5,6	15,8
48	VALENCIA	7,6	10,6	14,9	18,1	20,6	22,8	23,8	20,7	16,7	12	8,7	6,6	15,3
49	VALLADOLID	5,5	8,8	13,9	17,2	19,9	22,6	25,1	23	18,3	11,2	6,9	4,2	14,7
50	VIZCAYA	5	7,1	10,8	12,7	15,5	16,7	17,9	15,7	13,1	9,3	6	4,6	11,2
51	ZAMORA	5,4	8,9	13,2	17,3	22,2	21,6	23,5	22	17,2	11,1	6,7	4,6	14,5
52	ZARAGOZA	6,3	9,8	15,2	18,3	21,8	24,2	25,1	23,4	18,3	12,1	7,4	5,7	15,6

Factor de corrección k para superficies inclinadas. Representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal.

LATITUD = 28°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,05	1,04	1,03	1,01	1	1	1	1,02	1,03	1,05	1,06	1,06
10	1,1	1,08	1,05	1,02	1	0,99	1	1,02	1,06	1,1	1,12	1,12
15	1,14	1,11	1,07	1,02	0,99	0,98	0,99	1,03	1,08	1,13	1,17	1,17
20	1,17	1,13	1,08	1,02	0,97	0,95	0,97	1,02	1,09	1,16	1,21	1,21
25	1,2	1,15	1,08	1	0,95	0,93	0,95	1,01	1,09	1,19	1,25	1,24
30	1,22	1,15	1,07	0,98	0,92	0,89	0,92	0,99	1,09	1,2	1,27	1,27
35	1,23	1,16	1,06	0,96	0,88	0,85	0,88	0,96	1,08	1,21	1,29	1,29
40	1,24	1,15	1,04	0,92	0,84	0,8	0,84	0,93	1,06	1,21	1,3	1,3
45	1,23	1,14	1,01	0,89	0,79	0,75	0,79	0,89	1,04	1,2	1,3	1,3
50	1,22	1,12	0,98	0,84	0,73	0,69	0,73	0,84	1	1,18	1,3	1,3
55	1,2	1,09	0,94	0,79	0,68	0,63	0,67	0,79	0,96	1,15	1,28	1,28
60	1,18	1,05	0,9	0,73	0,61	0,57	0,61	0,73	0,92	1,12	1,26	1,26
65	1,14	1,01	0,85	0,67	0,55	0,5	0,54	0,67	0,86	1,08	1,22	1,23
70	1,1	0,97	0,79	0,61	0,48	0,42	0,47	0,6	0,81	1,03	1,18	1,19
75	1,06	0,91	0,73	0,54	0,4	0,35	0,39	0,53	0,74	0,97	1,14	1,15
80	1	0,86	0,66	0,47	0,33	0,27	0,32	0,46	0,67	0,91	1,08	1,1
85	0,94	0,79	0,59	0,39	0,25	0,19	0,24	0,38	0,6	0,84	1,02	1,04
90	0,88	0,72	0,52	0,32	0,17	0,11	0,16	0,31	0,53	0,77	0,95	0,98

LATITUD = 29°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,05	1,04	1,03	1,02	1	1	1	1,02	1,03	1,05	1,07	1,06
10	1,1	1,08	1,05	1,02	1	0,99	1	1,03	1,06	1,1	1,12	1,12
15	1,15	1,11	1,07	1,03	0,99	0,98	0,99	1,03	1,08	1,14	1,18	1,17
20	1,18	1,14	1,08	1,02	0,98	0,96	0,98	1,03	1,1	1,17	1,22	1,22
25	1,21	1,15	1,08	1,01	0,95	0,93	0,95	1,01	1,1	1,2	1,26	1,25
30	1,23	1,16	1,08	0,99	0,92	0,9	0,92	1	1,1	1,21	1,28	1,28
35	1,24	1,17	1,07	0,97	0,89	0,86	0,89	0,97	1,09	1,22	1,3	1,3
40	1,25	1,16	1,05	0,93	0,85	0,81	0,85	0,94	1,07	1,22	1,32	1,31
45	1,24	1,15	1,02	0,9	0,8	0,76	0,8	0,9	1,05	1,21	1,32	1,32
50	1,23	1,13	0,99	0,85	0,75	0,71	0,74	0,85	1,02	1,19	1,31	1,31
55	1,22	1,1	0,95	0,8	0,69	0,64	0,68	0,8	0,98	1,17	1,3	1,3
60	1,19	1,07	0,91	0,75	0,63	0,58	0,62	0,75	0,93	1,14	1,28	1,28
65	1,16	1,03	0,86	0,69	0,56	0,51	0,55	0,69	0,88	1,1	1,24	1,25
70	1,12	0,98	0,8	0,62	0,49	0,44	0,48	0,62	0,82	1,05	1,2	1,22
75	1,07	0,93	0,74	0,55	0,42	0,36	0,41	0,55	0,76	0,99	1,16	1,17
80	1,02	0,87	0,68	0,48	0,34	0,28	0,33	0,48	0,69	0,93	1,1	1,12
85	0,96	0,81	0,61	0,41	0,26	0,21	0,25	0,4	0,62	0,87	1,04	1,06
90	0,9	0,74	0,54	0,33	0,18	0,13	0,17	0,32	0,54	0,79	0,97	1

LATTUD = 34°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,01	1,01	1,02	1,04	1,06	1,08	1,07
10	1,12	1,1	1,07	1,04	1,01	1,01	1,02	1,04	1,08	1,12	1,14	1,14
15	1,17	1,13	1,09	1,05	1,01	1	1,01	1,05	1,11	1,17	1,21	1,2
20	1,21	1,16	1,11	1,05	1	0,98	1	1,05	1,13	1,21	1,26	1,25
25	1,25	1,19	1,12	1,04	0,98	0,96	0,99	1,05	1,14	1,24	1,31	1,3
30	1,27	1,2	1,12	1,03	0,96	0,94	0,96	1,03	1,14	1,27	1,34	1,33
35	1,29	1,21	1,11	1,01	0,93	0,9	0,93	1,01	1,14	1,28	1,37	1,36
40	1,31	1,21	1,1	0,98	0,89	0,86	0,89	0,99	1,13	1,29	1,39	1,38
45	1,31	1,21	1,08	0,95	0,85	0,81	0,85	0,95	1,11	1,29	1,4	1,4
50	1,31	1,19	1,05	0,91	0,8	0,76	0,8	0,91	1,09	1,28	1,41	1,4
55	1,3	1,17	1,02	0,86	0,75	0,7	0,75	0,87	1,05	1,26	1,4	1,39
60	1,28	1,14	0,98	0,81	0,69	0,64	0,69	0,82	1,01	1,23	1,38	1,38
65	1,25	1,11	0,93	0,75	0,63	0,58	0,62	0,76	0,96	1,2	1,36	1,36
70	1,21	1,06	0,88	0,69	0,56	0,51	0,55	0,69	0,91	1,15	1,32	1,32
75	1,17	1,01	0,82	0,63	0,49	0,43	0,48	0,63	0,85	1,1	1,28	1,28
80	1,12	0,96	0,76	0,56	0,41	0,36	0,41	0,56	0,78	1,04	1,23	1,24
85	1,06	0,9	0,69	0,48	0,34	0,28	0,33	0,48	0,71	0,98	1,17	1,18
90	1	0,83	0,62	0,41	0,26	0,2	0,25	0,4	0,64	0,91	1,1	1,12

LATTUD = 35°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,01	1,01	1,03	1,04	1,06	1,08	1,07
10	1,12	1,1	1,07	1,04	1,02	1,01	1,02	1,04	1,08	1,12	1,15	1,14
15	1,17	1,14	1,09	1,05	1,02	1	1,02	1,05	1,11	1,17	1,21	1,21
20	1,22	1,17	1,11	1,05	1,01	0,99	1,01	1,06	1,13	1,22	1,27	1,26
25	1,25	1,2	1,12	1,05	0,99	0,97	0,99	1,05	1,15	1,25	1,32	1,31
30	1,28	1,21	1,13	1,04	0,97	0,94	0,97	1,04	1,15	1,28	1,36	1,35
35	1,31	1,22	1,12	1,02	0,94	0,91	0,94	1,02	1,15	1,29	1,39	1,38
40	1,32	1,23	1,11	0,99	0,9	0,87	0,9	1	1,14	1,3	1,41	1,4
45	1,33	1,22	1,09	0,96	0,86	0,82	0,86	0,97	1,13	1,3	1,42	1,41
50	1,32	1,21	1,07	0,92	0,81	0,77	0,81	0,93	1,1	1,3	1,43	1,42
55	1,31	1,19	1,03	0,87	0,76	0,72	0,76	0,88	1,07	1,28	1,42	1,41
60	1,29	1,16	0,99	0,82	0,7	0,66	0,7	0,83	1,03	1,25	1,41	1,4
65	1,27	1,12	0,95	0,77	0,64	0,59	0,64	0,77	0,98	1,22	1,38	1,38
70	1,23	1,08	0,9	0,71	0,57	0,52	0,57	0,71	0,93	1,18	1,35	1,35
75	1,19	1,03	0,84	0,64	0,5	0,45	0,5	0,64	0,87	1,13	1,31	1,31
80	1,14	0,98	0,78	0,57	0,43	0,37	0,42	0,57	0,8	1,07	1,26	1,26
85	1,09	0,92	0,71	0,5	0,35	0,29	0,34	0,5	0,73	1	1,2	1,21
90	1,02	0,85	0,64	0,42	0,27	0,21	0,26	0,42	0,66	0,93	1,13	1,15

LATTITUD = 36°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,05	1,04	1,02	1,01	1,01	1,01	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,1	1,07	1,04	1,02	1,01	1,02	1,05	1,08	1,13	1,15	1,15
15	1,18	1,14	1,1	1,05	1,02	1,01	1,02	1,06	1,12	1,18	1,22	1,21
20	1,22	1,18	1,12	1,06	1,01	0,99	1,01	1,06	1,14	1,22	1,28	1,27
25	1,26	1,2	1,13	1,05	1	0,98	1	1,06	1,16	1,26	1,33	1,32
30	1,29	1,22	1,13	1,04	0,98	0,95	0,98	1,05	1,16	1,29	1,37	1,36
35	1,32	1,23	1,13	1,02	0,95	0,92	0,95	1,03	1,16	1,31	1,4	1,39
40	1,33	1,24	1,12	1	0,91	0,88	0,91	1,01	1,16	1,32	1,43	1,41
45	1,34	1,23	1,1	0,97	0,87	0,84	0,87	0,98	1,14	1,32	1,44	1,43
50	1,34	1,22	1,08	0,93	0,82	0,78	0,82	0,94	1,12	1,31	1,45	1,44
55	1,33	1,2	1,05	0,89	0,77	0,73	0,77	0,9	1,08	1,3	1,44	1,43
60	1,31	1,17	1,01	0,84	0,71	0,67	0,71	0,84	1,05	1,27	1,43	1,42
65	1,29	1,14	0,96	0,78	0,65	0,6	0,65	0,79	1	1,24	1,41	1,4
70	1,25	1,1	0,91	0,72	0,59	0,53	0,58	0,73	0,95	1,2	1,37	1,37
75	1,21	1,05	0,85	0,66	0,52	0,46	0,51	0,66	0,89	1,15	1,33	1,33
80	1,16	1	0,79	0,59	0,44	0,39	0,44	0,59	0,82	1,09	1,28	1,29
85	1,11	0,94	0,73	0,52	0,37	0,31	0,36	0,51	0,75	1,03	1,23	1,23
90	1,05	0,87	0,65	0,44	0,29	0,23	0,28	0,44	0,68	0,96	1,16	1,17

LATTITUD = 37°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,01	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,1	1,08	1,05	1,02	1,01	1,02	1,05	1,09	1,13	1,16	1,15
15	1,18	1,15	1,1	1,06	1,02	1,01	1,02	1,06	1,12	1,19	1,23	1,22
20	1,23	1,18	1,12	1,06	1,02	1	1,02	1,07	1,15	1,23	1,29	1,28
25	1,27	1,21	1,14	1,06	1	0,98	1	1,07	1,16	1,27	1,34	1,33
30	1,3	1,23	1,14	1,05	0,98	0,96	0,98	1,06	1,17	1,3	1,38	1,37
35	1,33	1,24	1,14	1,03	0,96	0,93	0,96	1,04	1,17	1,32	1,42	1,41
40	1,35	1,25	1,13	1,01	0,92	0,89	0,92	1,02	1,17	1,34	1,44	1,43
45	1,35	1,25	1,11	0,98	0,88	0,85	0,88	0,99	1,15	1,34	1,46	1,45
50	1,35	1,24	1,09	0,94	0,84	0,8	0,84	0,95	1,13	1,33	1,47	1,46
55	1,35	1,22	1,06	0,9	0,78	0,74	0,78	0,91	1,1	1,32	1,47	1,45
60	1,33	1,19	1,02	0,85	0,73	0,68	0,73	0,86	1,06	1,3	1,45	1,44
65	1,31	1,16	0,98	0,8	0,67	0,62	0,66	0,8	1,02	1,26	1,43	1,42
70	1,27	1,12	0,93	0,74	0,6	0,55	0,6	0,74	0,97	1,22	1,4	1,4
75	1,23	1,07	0,87	0,67	0,53	0,48	0,53	0,68	0,91	1,17	1,36	1,36
80	1,19	1,02	0,81	0,6	0,46	0,4	0,45	0,6	0,84	1,12	1,31	1,31
85	1,13	0,96	0,74	0,53	0,38	0,32	0,38	0,53	0,77	1,05	1,26	1,26
90	1,07	0,89	0,67	0,46	0,3	0,25	0,3	0,45	0,7	0,98	1,19	1,2

LATITUD = 38°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,11	1,08	1,05	1,02	1,02	1,03	1,05	1,09	1,14	1,16	1,16
15	1,19	1,15	1,11	1,06	1,03	1,01	1,03	1,07	1,13	1,19	1,23	1,22
20	1,24	1,19	1,13	1,07	1,02	1,01	1,02	1,07	1,15	1,24	1,3	1,29
25	1,28	1,22	1,14	1,07	1,01	0,99	1,01	1,08	1,17	1,28	1,35	1,34
30	1,31	1,24	1,15	1,06	0,99	0,97	0,99	1,07	1,18	1,31	1,4	1,38
35	1,34	1,25	1,15	1,04	0,96	0,94	0,97	1,05	1,19	1,34	1,43	1,42
40	1,36	1,26	1,14	1,02	0,93	0,9	0,93	1,03	1,18	1,35	1,46	1,45
45	1,37	1,26	1,13	0,99	0,89	0,86	0,89	1	1,17	1,36	1,48	1,47
50	1,37	1,25	1,1	0,96	0,85	0,81	0,85	0,97	1,15	1,35	1,49	1,48
55	1,36	1,23	1,07	0,91	0,8	0,75	0,8	0,92	1,12	1,34	1,49	1,48
60	1,35	1,21	1,04	0,86	0,74	0,69	0,74	0,87	1,08	1,32	1,48	1,47
65	1,33	1,18	0,99	0,81	0,68	0,63	0,68	0,82	1,04	1,29	1,46	1,45
70	1,29	1,14	0,94	0,75	0,61	0,56	0,61	0,76	0,98	1,25	1,43	1,42
75	1,25	1,09	0,89	0,69	0,54	0,49	0,54	0,69	0,93	1,2	1,39	1,39
80	1,21	1,04	0,83	0,62	0,47	0,42	0,47	0,62	0,86	1,14	1,34	1,34
85	1,15	0,98	0,76	0,55	0,4	0,34	0,39	0,55	0,79	1,08	1,29	1,29
90	1,09	0,91	0,69	0,47	0,32	0,26	0,31	0,47	0,72	1,01	1,22	1,23

LATITUD = 39°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,09	1,08
10	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,03	1,06	1,1	1,14	1,17	1,16
15	1,19	1,16	1,11	1,07	1,03	1,02	1,03	1,07	1,13	1,2	1,24	1,23
20	1,25	1,2	1,14	1,07	1,03	1,01	1,03	1,08	1,16	1,25	1,31	1,29
25	1,29	1,23	1,15	1,07	1,02	1	1,02	1,08	1,18	1,29	1,36	1,35
30	1,33	1,25	1,16	1,07	1	0,97	1	1,08	1,19	1,33	1,41	1,4
35	1,35	1,27	1,16	1,05	0,97	0,94	0,98	1,06	1,2	1,35	1,45	1,43
40	1,37	1,27	1,15	1,03	0,94	0,91	0,94	1,04	1,19	1,37	1,48	1,46
45	1,38	1,27	1,14	1	0,9	0,87	0,9	1,01	1,18	1,37	1,5	1,48
50	1,39	1,26	1,12	0,97	0,86	0,82	0,86	0,98	1,16	1,37	1,51	1,5
55	1,38	1,25	1,09	0,93	0,81	0,77	0,81	0,94	1,13	1,36	1,51	1,5
60	1,37	1,22	1,05	0,88	0,75	0,71	0,75	0,89	1,1	1,34	1,51	1,49
65	1,35	1,19	1,01	0,83	0,69	0,65	0,69	0,83	1,05	1,31	1,49	1,47
70	1,32	1,15	0,96	0,77	0,63	0,58	0,63	0,77	1	1,27	1,46	1,45
75	1,28	1,11	0,91	0,7	0,56	0,51	0,56	0,71	0,95	1,23	1,42	1,41
80	1,23	1,06	0,84	0,64	0,49	0,43	0,48	0,64	0,88	1,17	1,37	1,37
85	1,18	1	0,78	0,56	0,41	0,35	0,41	0,56	0,81	1,11	1,32	1,32
90	1,12	0,93	0,71	0,49	0,33	0,28	0,33	0,49	0,74	1,04	1,25	1,26

LATITUD = 40°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,08	1,09	1,09
10	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,03	1,06	1,1	1,14	1,17	1,16
15	1,2	1,16	1,12	1,07	1,03	1,02	1,04	1,08	1,14	1,21	1,25	1,24
20	1,25	1,2	1,14	1,08	1,03	1,02	1,03	1,09	1,17	1,26	1,32	1,3
25	1,3	1,23	1,16	1,08	1,02	1	1,02	1,09	1,19	1,3	1,38	1,36
30	1,34	1,26	1,17	1,07	1,01	0,98	1,01	1,09	1,2	1,34	1,43	1,41
35	1,37	1,28	1,17	1,06	0,98	0,95	0,98	1,07	1,21	1,37	1,47	1,45
40	1,39	1,29	1,16	1,04	0,95	0,92	0,95	1,05	1,21	1,39	1,5	1,48
45	1,4	1,29	1,15	1,01	0,91	0,88	0,92	1,03	1,2	1,39	1,52	1,5
50	1,41	1,28	1,13	0,98	0,87	0,83	0,87	0,99	1,18	1,39	1,54	1,52
55	1,4	1,27	1,1	0,94	0,82	0,78	0,82	0,95	1,15	1,38	1,54	1,52
60	1,39	1,24	1,07	0,89	0,77	0,72	0,77	0,9	1,12	1,36	1,53	1,51
65	1,37	1,21	1,03	0,84	0,71	0,66	0,71	0,85	1,07	1,34	1,51	1,5
70	1,34	1,17	0,98	0,78	0,64	0,59	0,64	0,79	1,02	1,3	1,49	1,47
75	1,3	1,13	0,92	0,72	0,57	0,52	0,57	0,73	0,97	1,25	1,45	1,44
80	1,25	1,08	0,86	0,65	0,5	0,45	0,5	0,66	0,9	1,2	1,41	1,4
85	1,2	1,02	0,8	0,58	0,43	0,37	0,42	0,58	0,84	1,14	1,35	1,35
90	1,14	0,95	0,73	0,5	0,35	0,29	0,34	0,5	0,76	1,07	1,29	1,29

LATITUD = 41°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,03	1,05	1,08	1,09	1,09
10	1,14	1,12	1,09	1,06	1,03	1,02	1,03	1,06	1,1	1,15	1,18	1,17
15	1,21	1,17	1,12	1,07	1,04	1,03	1,04	1,08	1,14	1,21	1,26	1,24
20	1,26	1,21	1,15	1,08	1,04	1,02	1,04	1,09	1,17	1,27	1,33	1,31
25	1,31	1,24	1,17	1,09	1,03	1,01	1,03	1,1	1,2	1,32	1,39	1,37
30	1,35	1,27	1,18	1,08	1,01	0,99	1,02	1,09	1,21	1,35	1,44	1,42
35	1,38	1,29	1,18	1,07	0,99	0,96	0,99	1,08	1,22	1,38	1,49	1,47
40	1,4	1,3	1,18	1,05	0,96	0,93	0,96	1,06	1,22	1,4	1,52	1,5
45	1,42	1,3	1,16	1,03	0,93	0,89	0,93	1,04	1,21	1,41	1,55	1,52
50	1,42	1,3	1,14	0,99	0,88	0,84	0,88	1,01	1,19	1,41	1,56	1,54
55	1,42	1,28	1,12	0,95	0,83	0,79	0,84	0,97	1,17	1,41	1,57	1,54
60	1,41	1,26	1,08	0,91	0,78	0,73	0,78	0,92	1,14	1,39	1,56	1,54
65	1,39	1,23	1,04	0,85	0,72	0,67	0,72	0,87	1,09	1,36	1,54	1,53
70	1,36	1,19	0,99	0,8	0,66	0,61	0,66	0,81	1,04	1,32	1,52	1,5
75	1,32	1,15	0,94	0,73	0,59	0,54	0,59	0,74	0,99	1,28	1,48	1,47
80	1,28	1,1	0,88	0,67	0,52	0,46	0,52	0,67	0,93	1,23	1,44	1,43
85	1,23	1,04	0,82	0,6	0,44	0,39	0,44	0,6	0,86	1,16	1,38	1,38
90	1,17	0,98	0,74	0,52	0,36	0,31	0,36	0,52	0,78	1,09	1,32	1,32

LATTITUD = 42°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,08	1,06	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,09
10	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,06	1,11	1,15	1,18	1,17
15	1,21	1,17	1,13	1,08	1,04	1,03	1,04	1,09	1,15	1,22	1,26	1,25
20	1,27	1,21	1,15	1,09	1,04	1,03	1,05	1,1	1,18	1,28	1,34	1,32
25	1,32	1,25	1,17	1,09	1,04	1,01	1,04	1,1	1,21	1,33	1,4	1,38
30	1,36	1,28	1,19	1,09	1,02	1	1,02	1,1	1,23	1,37	1,46	1,44
35	1,39	1,3	1,19	1,08	1	0,97	1	1,09	1,23	1,4	1,51	1,48
40	1,42	1,31	1,19	1,06	0,97	0,94	0,97	1,08	1,24	1,42	1,54	1,52
45	1,43	1,32	1,18	1,04	0,94	0,9	0,94	1,05	1,23	1,43	1,57	1,54
50	1,44	1,31	1,16	1	0,89	0,86	0,9	1,02	1,21	1,44	1,59	1,56
55	1,44	1,3	1,13	0,97	0,85	0,8	0,85	0,98	1,19	1,43	1,59	1,57
60	1,43	1,28	1,1	0,92	0,79	0,75	0,8	0,93	1,15	1,41	1,59	1,57
65	1,41	1,25	1,06	0,87	0,74	0,69	0,74	0,88	1,11	1,39	1,57	1,55
70	1,38	1,21	1,01	0,81	0,67	0,62	0,67	0,82	1,07	1,35	1,55	1,53
75	1,35	1,17	0,96	0,75	0,6	0,55	0,6	0,76	1,01	1,31	1,52	1,5
80	1,3	1,12	0,9	0,68	0,53	0,48	0,53	0,69	0,95	1,25	1,47	1,46
85	1,25	1,06	0,83	0,61	0,46	0,4	0,46	0,62	0,88	1,19	1,42	1,41
90	1,19	1	0,76	0,54	0,38	0,32	0,38	0,54	0,81	1,12	1,36	1,35

LATTITUD = 43°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,08	1,07	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,09
10	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18
15	1,22	1,18	1,13	1,08	1,05	1,03	1,05	1,09	1,15	1,23	1,27	1,26
20	1,28	1,22	1,16	1,09	1,05	1,03	1,05	1,1	1,19	1,29	1,35	1,33
25	1,33	1,26	1,18	1,1	1,04	1,02	1,04	1,11	1,22	1,34	1,42	1,4
30	1,37	1,29	1,2	1,1	1,03	1	1,03	1,11	1,24	1,38	1,48	1,45
35	1,41	1,31	1,2	1,09	1,01	0,98	1,01	1,1	1,25	1,42	1,52	1,5
40	1,43	1,33	1,2	1,07	0,98	0,95	0,98	1,09	1,25	1,44	1,56	1,54
45	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
50	1,46	1,33	1,17	1,02	0,91	0,87	0,91	1,03	1,23	1,46	1,61	1,58
55	1,46	1,32	1,15	0,98	0,86	0,82	0,86	1	1,21	1,45	1,62	1,59
60	1,45	1,3	1,12	0,94	0,81	0,76	0,81	0,95	1,17	1,44	1,62	1,59
65	1,43	1,27	1,08	0,89	0,75	0,7	0,75	0,9	1,13	1,41	1,61	1,58
70	1,41	1,23	1,03	0,83	0,69	0,64	0,69	0,84	1,09	1,38	1,58	1,56
75	1,37	1,19	0,98	0,77	0,62	0,57	0,62	0,78	1,03	1,34	1,55	1,53
80	1,33	1,14	0,92	0,7	0,55	0,49	0,55	0,71	0,97	1,28	1,51	1,49
85	1,28	1,08	0,85	0,63	0,47	0,42	0,47	0,64	0,9	1,22	1,45	1,44
90	1,22	1,02	0,78	0,56	0,4	0,34	0,39	0,56	0,83	1,16	1,39	1,38

LATTITUD = 44°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,08	1,07	1,05	1,04	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,09	1,1	1,1
10	1,16	1,13	1,1	1,06	1,04	1,03	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18
15	1,22	1,18	1,13	1,09	1,05	1,04	1,05	1,09	1,16	1,23	1,28	1,27
20	1,28	1,23	1,17	1,1	1,05	1,04	1,06	1,11	1,2	1,3	1,36	1,34
25	1,34	1,27	1,19	1,11	1,05	1,03	1,05	1,12	1,23	1,35	1,43	1,41
30	1,38	1,3	1,2	1,11	1,04	1,01	1,04	1,12	1,25	1,4	1,49	1,47
35	1,42	1,32	1,21	1,1	1,02	0,99	1,02	1,11	1,26	1,43	1,54	1,52
40	1,45	1,34	1,21	1,08	0,99	0,96	1	1,1	1,26	1,46	1,59	1,56
45	1,47	1,35	1,2	1,06	0,96	0,92	0,96	1,08	1,26	1,48	1,62	1,59
50	1,48	1,34	1,19	1,03	0,92	0,88	0,92	1,05	1,25	1,48	1,64	1,61
55	1,48	1,33	1,16	0,99	0,87	0,83	0,88	1,01	1,22	1,48	1,65	1,62
60	1,47	1,32	1,13	0,95	0,82	0,78	0,82	0,97	1,19	1,47	1,65	1,62
65	1,46	1,29	1,09	0,9	0,76	0,72	0,77	0,92	1,16	1,44	1,64	1,61
70	1,43	1,26	1,05	0,85	0,7	0,65	0,7	0,86	1,11	1,41	1,62	1,59
75	1,4	1,21	1	0,78	0,64	0,58	0,64	0,8	1,06	1,37	1,59	1,56
80	1,36	1,16	0,94	0,72	0,56	0,51	0,56	0,73	0,99	1,32	1,54	1,52
85	1,31	1,11	0,87	0,65	0,49	0,43	0,49	0,66	0,93	1,26	1,49	1,48
90	1,25	1,04	0,8	0,57	0,41	0,35	0,41	0,58	0,85	1,19	1,43	1,42

LATTITUD = 45°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,08	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02	1,03	1,04	1,06	1,09	1,1	1,1
10	1,16	1,13	1,1	1,07	1,04	1,04	1,05	1,07	1,12	1,17	1,2	1,19
15	1,23	1,19	1,14	1,09	1,05	1,04	1,06	1,1	1,17	1,24	1,29	1,27
20	1,29	1,24	1,17	1,11	1,06	1,04	1,06	1,12	1,21	1,31	1,37	1,35
25	1,35	1,28	1,2	1,11	1,06	1,03	1,06	1,13	1,24	1,36	1,45	1,42
30	1,4	1,31	1,21	1,12	1,04	1,02	1,05	1,13	1,26	1,41	1,51	1,48
35	1,43	1,34	1,22	1,11	1,03	1	1,03	1,12	1,27	1,45	1,56	1,53
40	1,46	1,35	1,22	1,09	1	0,97	1,01	1,11	1,28	1,48	1,61	1,58
45	1,49	1,36	1,22	1,07	0,97	0,93	0,97	1,09	1,28	1,5	1,64	1,61
50	1,5	1,36	1,2	1,04	0,93	0,89	0,94	1,06	1,26	1,51	1,67	1,63
55	1,5	1,35	1,18	1,01	0,89	0,84	0,89	1,03	1,24	1,5	1,68	1,65
60	1,5	1,34	1,15	0,97	0,84	0,79	0,84	0,98	1,21	1,49	1,68	1,65
65	1,48	1,31	1,11	0,92	0,78	0,73	0,78	0,93	1,18	1,47	1,67	1,64
70	1,46	1,28	1,07	0,86	0,72	0,67	0,72	0,88	1,13	1,44	1,65	1,62
75	1,43	1,24	1,02	0,8	0,65	0,6	0,65	0,82	1,08	1,4	1,62	1,6
80	1,38	1,19	0,96	0,74	0,58	0,53	0,58	0,75	1,02	1,35	1,58	1,56
85	1,33	1,13	0,89	0,66	0,51	0,45	0,51	0,67	0,95	1,29	1,53	1,51
90	1,28	1,07	0,82	0,59	0,43	0,37	0,43	0,6	0,88	1,22	1,47	1,45