

Oficinas auto-sostenibles para las agencias de ayuda internacional en zonas geográficas remotas

Self-sustaining offices for international aid agencies in remote geographical areas

Francisco-Javier Cárcel-Carrasco¹, Elisa Peñalvo-López¹ y Gonzalo de Murga²

¹ Universitat Politècnica de València (España)
² Organización de las Naciones Unidas (EEUU)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8507>

La sociedad del siglo XXI ha emprendido el reto de reducir la dependencia de energías fósiles; así se han desarrollado diferentes directivas y reglamentos con el fin de alcanzar la demanda de energía sostenible en edificios [1-2]. Esto es abordado de dos maneras: aumentando la eficiencia energética en edificios [2-3] y la introducción de la utilización de fuentes de energía alternativa [4-5]. La literatura actual muestra abundantes estudios relacionados con edificios verdes y cómo lograr estándares sostenibles [6-7], para mejorar el ciclo de vida del edificio (recursos y materiales) [2] y el estudio de diferentes características para el uso eficiente y mantenimiento [8].

Sin embargo, estas soluciones se proponen para edificios situados en las zonas urbanas dentro de las redes de energía consolidada. En zonas de conflicto político (guerra, grandes siniestros naturales, etc.) el papel de las agencias de ayuda internacional, cuyas oficinas se necesitan que se encuentra en medio del conflicto con el fin de proporcionar la asistencia necesaria, es fundamental. Estas regiones no cuentan con la infraestructura mínima de energía para suministrar electricidad y el suministro de combustible para grupos electrógenos es difícil de obtener. Por lo tanto, una solución de energía alternativa debe ser desarrollado para estas oficinas regionales de ayuda internacional.

En este artículo se proponen estrategias de energías alternativas para reaccionar a este desafío:

- reducción de la demanda de energía de la oficina a requisitos mínimos de operación,
- el uso de fuentes de energía alterna-

tivas para evitar la dependencia y la necesidad de transporte de combustibles fósiles y,

- reciclaje de todas las instalaciones y equipos una vez que las delegaciones de ayuda internacional necesitan pasar a la próxima misión humanitaria.

Mientras que las instalaciones de energía Solar no son nuevas, la necesidad de energía eléctrica en áreas remotas son afectadas por el creciente precio del combustible. Los recursos verdes disponibles y la nueva tecnología para producir energía en el sitio es ahora más asequible y al mismo tiempo contribuyen a la reducción de emisiones de carbono, minimizando el efecto invernadero y el proceso de calentamiento global. Los costos incurridos en la operación de algunas oficinas particulares, ubicados en zonas remotas de nuestro mundo, donde recursos energéticos tradicionales simplemente no están disponibles, y donde la necesidad de transportar la demanda de combustibles fósiles se convierte en un enorme esfuerzo logístico con el asociado impacto financiero, permite la generación de energía limpia gracias a la tecnología verde disponible hoy.

Este artículo presenta un caso promovido a agencias de ayuda internacional, para alcanzar las oficinas verdes autosostenibles, que se pueden mover rápidamente para ayudar en áreas remotas y para ello, un prototipo fue hecho y probado durante un año, observando los coeficientes de la energía alternativa y el porcentaje de energía que debe suministrarse de generadores o de redes tradicionales. Oficinas verdes basadas en este diseño fueron construidas por diferentes organizaciones en el sur de Sudán, Congo, Haití y Timor Oriental.

1. POLÍTICA ENERGÉTICA, DISPONIBILIDAD Y COSTOS

El costo de los resultante de la energía verde (paneles fotovoltaicos o energía

eólica producida), son muy caros cuando comparamos el costo de un kilovatio (limpio) verde producido en comparación con el mismo kilovatio producido con otros combustibles tradicionales (hidroeléctrica, fósiles o atómica).

El propósito es promover la eficiencia energética y el uso de energías renovables en edificios, así como reducir el consumo de energía de los edificios y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) [9].

La producción de energía, donde los recursos naturales o una infraestructura adecuada no está disponible, refleja los costes adicionales.

La compra, almacenaje y transporte de combustible y cuán eficiente la operación pueda ejecutarse, tendrá incidencia directa en el precio del producto final, en nuestro caso energía eléctrica.

En la UE, el precio promedio de un kWh comercial de energía podría estimarse en 0,15 Euros, mientras que el mismo kilovatio de energía verde puede costar fácilmente 10 veces más.

La única ventaja que puede afirmarse es que la generación de energía verde no producen las emisiones que contribuyen a nuestro proceso de calentamiento global, sin embargo para el personal que trabaja en misiones en regiones aisladas del mundo, el cálculo es muy diferentes debido a que la energía no tiene precio en esas regiones.

Una falta de energía podría resultar en aislamiento completo, y no tener ninguna comunicación con el resto del mundo.

El precio de los combustibles podría verse afectada por:

- Fluctuación del precio de mercado, impuestos y otros.
- Almacenamiento, reserva y planificación de la entrega.
- Transporte y seguridad en los trayectos.

Suministro de combustible puede verse afectada por:

- Conflictos regionales o nacionales, que afectan a la seguridad del transporte.
- Clima, tormentas, inundaciones, condiciones de las carreteras durante el periodo de lluvias.

En los edificios se requiere el enfoque en la eficiencia económica, permitiendo al mismo tiempo tener en cuenta todas las

características ambientales (reducción del consumo de energía), ecológica (reducción de emisiones de CO₂), sociales y otras cuestiones (optimización de inversiones, teniendo en cuenta el aumento en el precio de la energía) con el fin de ayudar a todas las partes interesadas para hacer la mejor elección [10].

2. APLICACIONES

El proyecto descrito en este artículo fue desarrollado para resolver los requisitos de energía de oficinas de pequeñas delegaciones humanitarias que operan en trabajos de campo, pero puede ser útil para uso de puestos de telecomunicaciones o cualquier otro tipo de instalaciones donde el uso de energías alternativas podría ser una ventaja a los combustibles fósiles, debido a altos costes de transporte de combustible relacionados con difícil acceso, largas distancias u otras dificultades logísticas.

El prototipo de proyecto fue desarrollado por un equipo de personal técnico, aplicando la última tecnología en el mercado.

Los requisitos de las oficinas se estimaron en promedio eléctrico de 18 kW pico, utilizando 240 voltios y sistema de alimentación 3 fases de AC convencionales. Para implementar este sistema en las oficinas de campo, reduciendo drásticamente el consumo, y en la mayoría de los casos, dependiendo de las condiciones climáticas de la región y la época del año, para casi eliminar la dependencia de combustibles fósiles para generación de energía, contribuyendo al mismo tiempo para reducir la huella de emisiones de carbono.

El modelo propuesto puede sostener eficientemente el consumo de carga eléctrica convencional de 18 kW pico, básicamente usando una combinación de fotovoltaica y eólica de fuentes renovables de energía, manteniendo la planta de energía de generador de diesel sólo como un sistema de respaldo para situaciones de emergencia.

El primer prototipo de la oficina verde fue construido en 2008.

Varias oficinas verdes basadas en este diseño fueron construidas por diferentes organizaciones en el sur de Sudán, Congo, Haití y Timor Oriental.

3. DISEÑO DEL MODELO

Se llevó a cabo el estudio del consumo eléctrico promedio por persona en las oficinas regionales de la organización en los diferentes países, que alcanzó un pro-

medio de 1,8 kW @ 240 voltios / 50Hz, por persona, basado en esa información, se estimaron para una oficina de 8 a 10 personas, no será requieren más de 18 kW de energía eléctrica punta, incluso si dos acondicionadores de aire de alto rendimiento de 16.000 BTU cada uno fueran incluidos. Las unidades de aire acondicionado de la oficina, además de enfriamiento, también contribuirá a la producción de agua caliente mediante un sistema de intercambio de calor en la unidad exterior, con un-tanque termico de 120 litros de agua que junto con el colector solar y el almacenamiento de capacidad asociado, mantiene el agua a 60 ° C durante la noche.

La oficina verde estaba compuesta por doce contenedores ISO con una estructura estándar de acero, techo y muros de panel de poliuretano expandido y sandwich de aluminio.

Las paredes, puertas y techo están contruidos con 80 mm de sandwich de panel de espuma de poliuretano expandido para el máximo aislamiento térmico.

Además de lo mencionado, separadas por 500 mm de plenum de aire ventilado en la parte superior, se instaló un techo adicional utilizando 50 mm de sandwich de aluminio reforzado y espuma de poliuretano, para minimizar el impacto del sol, reducir el consumo de aire acondicionado y proporcionar al mismo tiempo la estructura sólida donde los soportes de montaje de los paneles solares fueron anclados.

El sistema de iluminación interior y exterior se basa en lámparas de tecnología LED para reducir el consumo tanto como sea posible.

Mientras que el sistema eléctrico propuesto para una oficina de 165 m² tiene una capacidad máxima de 18 kW, los inversores están diseñados para absorber picos de carga del 20% por encima de su capacidad máxima durante períodos de 15 a 20 minutos por hora a temperatura ambiente de 35 ° C , proyectándose para una capacidad de 21 kW para tener un margen de seguridad razonable, establecido para evitar cualquier mal funcionamiento causado por sobrecarga ocasionales que produciría sobrecalentamiento de los componentes electrónicos.

El porcentaje de seguridad de la absorción de picos de carga de los inversores aumenta hasta un 30% a temperatura ambiente de 24 ° C manteniendo mismos intervalos de 15 minutos por hora.

Los paneles solares son capaces de producir un total de 18 kW de energía eléctrica (valor máximo), ubicados en el techo del edificio prefabricado, compuesto por

seis contenedores ISO de 20 pies, agrupados junto con las particiones para asignar oficinas, área de reuniones y baños.

Hasta 60 paneles solares podrían asignarse en el techo del edificio prefabricado, para producir 10 kW pico; sin embargo, la cantidad puede verse afectada por el ángulo de inclinación requerido, que dependerá de la ubicación geográfica de la oficina.

130 paneles adicionales se encuentran en el área adyacente al edificio, utilizando un seguidor solar para facilitar la máxima radiación solar. La producción del seguidor solar se podría establecer en 21,6 kW.

El aerogenerador de eje Vertical fue seleccionado debido a su capacidad de producción de energía, no requieren fuertes vientos y exigiendo relativamente trabajo simple para instalarlo.

El aerogenerador tiene un valor máximo de 20 kW de potencia con una la velocidad del viento de 8 metros por segundo (viento fuerte) mientras que la producción promedio es 10 a 12 kW con vientos de 4, 5 metros por segundo (viento de medio a bajo valor).

Al ser la turbina de eje Vertical no requieren demasiada altura (fue seleccionada para este modelo una torre de acero autoportante de 12 metros) anclado a una plataforma de hormigón reforzado con acero redondo de 4,5 m de diámetro por 1,30 m de profundidad.

Sin embargo, el tipo de torre y la altura requerida dependerá de la zona y la topografía asociada. Fue necesario el servicio de una grúa de 25 toneladas capaz de levantar la turbina para instalar la unidad sobre la torre de apoyo.

La instalación de esta turbina podría representar un reto en algunos lugares debido a la disponibilidad de equipos concretos o especiales, como las grúas o el transporte de dichos equipos en el sitio, que podría ser muy costoso.

Para esos lugares, en particular, se debe aplicar un enfoque diferente, utilizando 6 turbinas de 3 kW cada uno, que puede ser montado sin una grúa, levantando hasta 8 metros. Debido a la seguridad y el ruido, el proyecto de oficina requiere un contenedor de 20 pies adicional a asignar el banco de baterías, el inversor, el cuadro eléctrico y el regulador de freno y la velocidad de la turbina eólica. La turbina tiene un modo de protección automática que se activa durante fuertes vientos, para limitar las rotaciones y evitar daños.

La oficina verde proporcionará aislamiento físico de los usuarios, y estará equipada con sensores de temperatura y sensores de detección de hidrógeno, con-

trolado por bluetooth, al igual que los inversores y el rendimiento de la turbina del aerogenerador.

Como sistema de emergencia, un generador diesel convencional de 400 voltios, 50 Hz, 20 kVA, automáticamente suministrará energía en el eventual caso de no haber viento o escasa luz solar, y sólo si las condiciones de las baterías están por debajo del nivel mínimo de carga.

El Banco de baterías está compuesto por 40 baterías libres de mantenimiento de 12 voltios y 90 amperios, con válvula de ventilación dispuesta en serie y en paralelo para proporcionar 480 voltios en CC al inversor, a fin de producir energía durante la noche.

El consumo reducido durante las horas de no operación en la oficina se consideró, sin embargo, varios equipos de telecomunicaciones, como servidores y módems, siguen estando operativos durante la noche.

En la Figura 1 se muestra el prototipo para la generación de energía renovable basada en la generación de energía fotovoltaica y el aero-generador con soporte vertical de la turbina.

3.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones del diseño, tiene las siguientes características básicas:

- OFICINA modelo: 12 ISO contenedores de 20' proporcionando un espacio de oficina de 165 m².
- Paneles solares en el techo, pueden ser instalados hasta 60 paneles, dependiendo del ángulo y la ubicación de la oficina. (Producción máxima: 10 kW).

- Seguidor solar de 120 metros cuadrados que se encuentra a continuación de la turbina, con producción máxima de 21,6 kW.
- Un aerogenerador de eje vertical con capacidad de generación máxima de 20 kW. y 14 kW promedio
- Adicional ISO de 20' (en el lado derecho y cerca del mástil de telecomunicación) para instalar todos los inversores y el banco de baterías, con aislamiento de ruido para los usuarios
- Banco de baterías: compuesto por 24 baterías de 2 voltios 1000 amperios en circuito serie para acumular energía eléctrica, obteniendo 48 voltios DC.
- Inversores: los 3 inversores de 7 kW cada uno, eficacia alta y funcionamiento continuo.
- Colector solar: panel de 2,5 metros cuadrados con capacidad de 120 litros con termo-acumulador de 2 kW para la temporada de invierno.
- Acondicionadores de aire: Dos split, unidades de alta eficiencia tipo (refrigerante R407) con intercambio de calor para agua caliente, con bomba de circulación y depósito de expansión.

4. ESTUDIO DE CASO

El esquema general del proyecto (Figura 2) muestra la conectividad a la red comercial ya que el prototipo del modelo fue probado durante más de un año, y en este caso, la conexión a la red eléctrica

sustituye el generador de energía diesel, donde un dispositivo de grabación de consumo fue instalado para registrar la cantidad de energía comercial necesaria a la oficina verde cuando la energía producida no fue suficiente para cumplir con los requisitos de la carga.

La opción de corte de batería baja en el inversor también fue activada y ajustada para proteger las celdas de las baterías según las especificaciones del fabricante según voltaje mínimo y su capacidad de carga.

Dependiendo de la ubicación geográfica y el índice combinado del sol y del viento, el ahorro de combustibles fósiles puede ir desde 42% en la peor situación para un conveniente 95% de ahorro.

Los inversores se configuraron, usando la referencia de frecuencia de red, sincronizando entre sí mismos, sin embargo en escenarios reales remotos, los inversores requerirán 50Hz de frecuencia habilitada.

Tres unidades idénticas de inversor de 7 kW fueron seleccionados para reemplazar la unidad original de 20 kW 3 fases para proporcionar confiabilidad en caso de fallo de un inversor, los otros dos pueden alimentar la oficina parcialmente, hasta que la unidad fuera reparada o sustituida.

El sistema de energía fotovoltaica se probó haciendo mediciones que garantizan una potencia de 12 kW pico en las horas de mayor radiación.

4.1. EL SEGUIDOR SOLAR

La estructura del seguidor Solar (Figura 3) fue montada en el sitio y gira sobre un amplio círculo de hormigón de 0,5 m y



Fig.1: Imagen del proyecto Oficina Regional energía verde

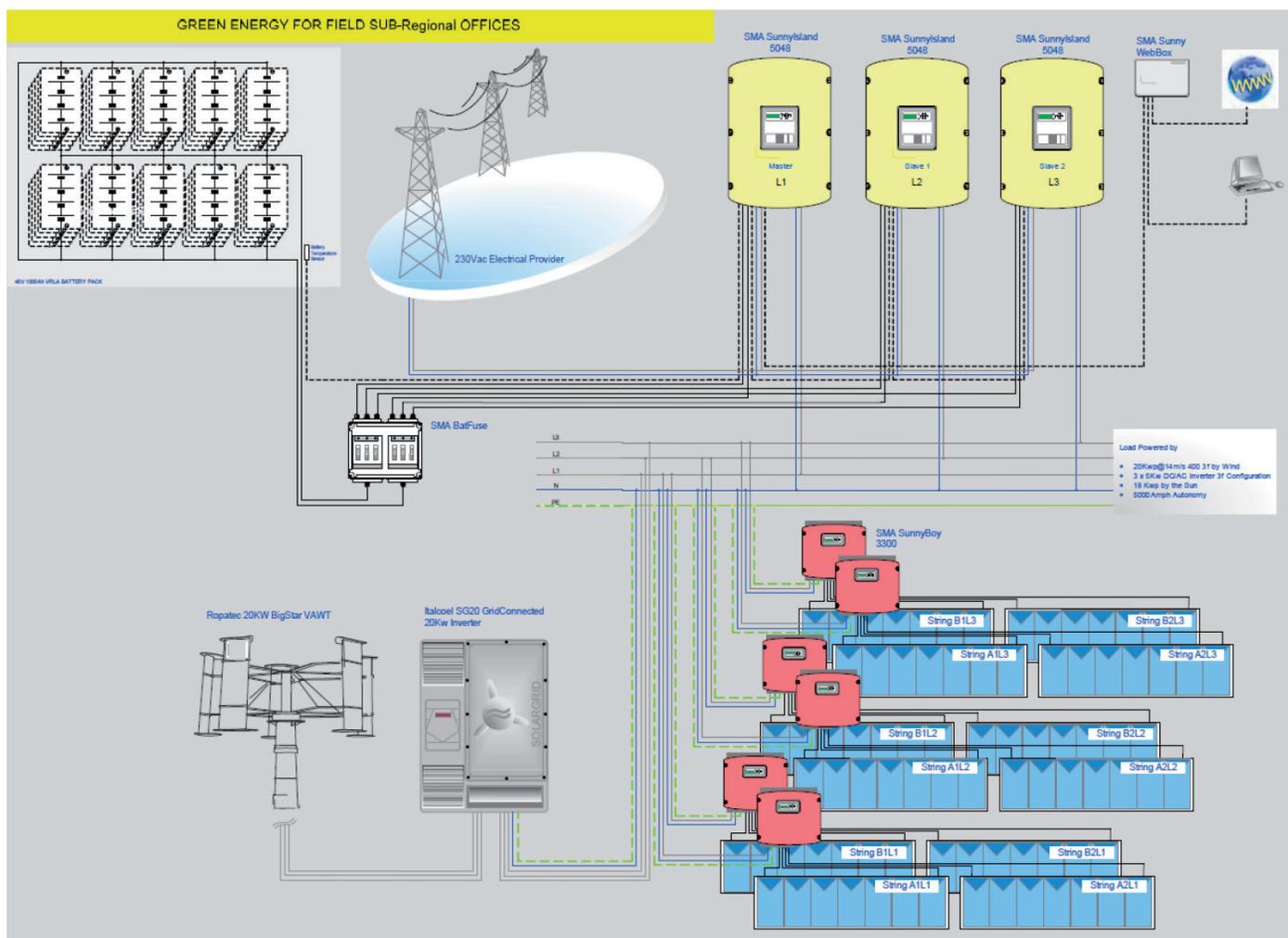


Fig. 2: Diagrama de diseño del proyecto con 3 inversores monofásicos para aumentar la fiabilidad

de 23 metros de diámetro, donde giran las cuatro ruedas de rodillo para seguir al sol, con el fin de recibir la máxima radiación horaria.

La unidad de control automático compara la radiación recibida (voltaje pico) de cinco paneles distintos en la matriz y proporciona energía para el motor de la C.C. en las ruedas de tracción para ajustar los ángulos de acimut y elevación para máxima producción constante.

El tracker tiene su propia batería y un sistema de detección de viento para situaciones de emergencia donde existan fuertes vientos. En el caso de fuertes vientos, el sistema girará para baja resistencia contra el viento y evitar daños a los cristales o la estructura. La capacidad de este tracker es de 130 paneles solares generando 21,6 kW pico. La estructura es una combinación fuerte de tubos de acero y perfiles de aluminio capaces de resistir

vientos de 130 kilómetros por hora.

4.2. CONSTRUCCIÓN

El edificio prefabricado fue montado con contenedores usados (Figura 4), para simular un escenario real creando las mismas limitaciones demateriales que los trabajadores pueden experimentar en áreas remotas.

El hormigón fue preparado de antemano y nivelada para apoyar los contenedores; debido al suelo poco consistente y

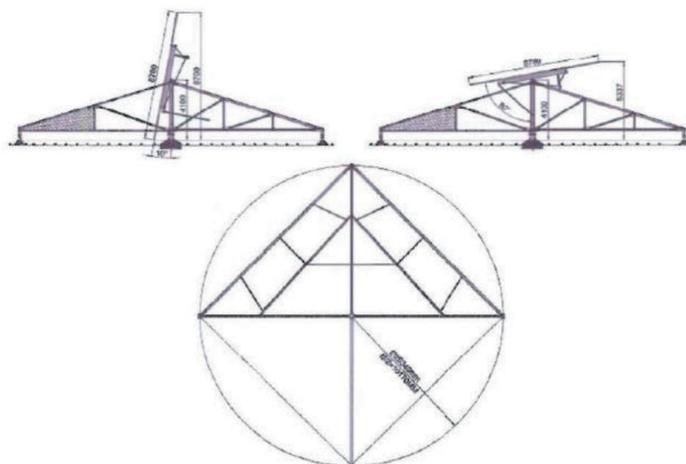


Fig. 3: Estructura del seguidor Solar en construcción



Fig. 4: Vista del edificio prefabricado montado



Fig. 5: Torre y turbina fotos de montaje

Vertical de 20kVA fueron preparadas utilizando una plantilla para posicionar la torre prefabricada exactamente a su anclaje.

Una vez listo, la torre fue empernada y alineada para recibir la turbina. La elevación de la turbina de 3,2 toneladas fue ejecutada con una grúa (Figura 5).

Ya que los vientos podrían ser impredecibles en la mayoría de las regiones, la capacidad de energía solar fue diseñada en exceso para que cubra períodos variables o sin viento. La vista interior del contenedor donde se instalaron el equipo y Banco de baterías, fusibles, inversores se muestra en (Figura 6).



Fig. 6: Vista Interior del contenedor de equipos, fusibles, inversores y banco de baterías instalado

la cimentación de bloque clásico, utilizado normalmente en misiones, pueden aparecer algunos problemas a largo plazo.

Las divisiones internas, la instalación eléctrica y el doble techo se terminaron en dos semanas por 4 técnicos.

La excavación y la cimentación de hormigón armado para instalar la torre de 12 metros para soportar el eje de turbina

4.3. SISTEMA DE CONTROL

Los datos de monitoreo y control se llevaron a cabo in situ en la fase de prototipo utilizando analizadores de red estándar, así como datos de entradas de hardware de fabricantes de inversor, baterías, aerogeneradores, etcetera. En la fase final se desarrolló un scada, integrando todos los datos de consumo, generación

y almacenamiento de energía, por lo que se podría hacer un seguimiento diario o estacional de los resultados de la energía.

5. CONCLUSIONES

El proyecto fue completado en 12 semanas y probado durante 15 meses con excelentes resultados en la zona de Europa mediterránea. La energía verde estaba disponible permanentemente (87.7% del tiempo) y fallos de energía fueron causados por varios días consecutivos de relativa calma de vientos y cielo muy nublado o, por que el sistema solar estaba operando sólo entre el 15 a 18% de la capacidad disponible, mientras que el aerogenerador apenas giraba o estaba totalmente parado, haciendo que el sistema de apagado automático se activara para proteger a las células antes de llegar a la tensión crítica de no recarga de la batería.

A partir de los datos obtenidos del sistema (inversores instalados, regulador de la turbina de viento y sistema de medición) y establecer el mérito de la instalación, se calculó el porcentaje aproximado de energía verde, que sustituyó a la energía tradicional, se estableció en el 91% del consumo total.

Por otro lado, el consumo de combustible (gasoil) en condiciones normales de la oficina con 12 personas trabajando de 08.00 hs a 18,00 hs el lunes al sábado, cayó de un promedio de 50 litros por día (generador de 20kW, con consumo típico de motor diesel de 5 litros por hora al 80% de carga) equivalente a 18,000 litros por año, se redujo a sólo 650 litros en el primer período de 12 meses.

El cálculo puede expresarse también en litros por día, de 50 litros cada día de promedio, se pasó a 1,78 litros por día durante los primeros 12 meses.

Varias organizaciones de ayuda en la región de América Central, en el Caribe,

África y otras regiones del mundo implementaron proyectos basados en este modelo de prototipo obteniendo resultados similares, claramente dependiendo de las condiciones particulares de cada localización y la cantidad de energía requerida.

Fue posible demostrar la sostenibilidad del proyecto completo con diversas aplicaciones, contribuyendo al mismo tiempo a la reducción de la dependencia a los combustibles fósiles con energías limpias renovables.

Debería recordarse siempre que el kilovatio de energía eléctrica más verde es el que no es gastado.

PARA SABER MÁS

- [1] Sartori I, Hestnes AG. (2007) "Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article". *Energy and Buildings*. Vol. 39-3, p. 249-257. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.001>
- [2] U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. (2009). *Why build green?*. (Washington, D.C): USGBC, 2009. [on line]: <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1720>
- [3] Cárcel Carrasco, J.; Mariotoni, C.; Silva Naturesa, J. (2012) "Influences of economic development in the Brazilian energy efficiency projects." *Labor&Engenho* 6.3. 92-104.
- [4] Talavera, D.L., Nofuentes, G., Aguilera, J., Fuentes, M. (2007) Tables for the estimation of the internal rate of return of photovoltaic grid-connected systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 (3). 447-466. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.02.002>
- [5] Cuadros, F., López-Rodríguez, F., Segador, C., Marcos, A. (2007). A simple procedure to size active solar heating schemes for low-energy building design. *Energy and Building*. Vol 39: 96-104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.05.006>.
- [6] Koh, S.C.L., Cucchiella, F., Baldwin, J., Shi, G. (2012). Natural resource based green supply chain management, *Supply Chain Management: An International Journal* 17. 54-67, <http://dx.doi.org/10.1108/13598541211212203>.
- [7] Elisa Peñalvo López; Francisco Javier Cárcel Carrasco; Carlos Alberto Devece Carañana; Ana Morcillo Marco. (. 2017). A Methodology for Analysing Sustainability in Energy Scenarios. *Sustainability*. 9, pp. 1590 - 1601. ISSN 2071-1050. DOI: 10.3390/su9091590.
- [8] Cárcel-Carrasco F, Roldan-Porta C, Grau-Carrion J. (2013). "La sinergia entre el diseño de planta industrial y mantenimiento-explotación eficiente. un ejemplo de éxito: el caso Martínez Loriente S.A." *DYNA*. Vol.88 (6), 286-291. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5856>.
- [9] Holopainen, R., Salmi, K., Kähkönen, E., Pasanen, P., & Reijula, K. (2015). Primary energy performance and perceived indoor environment quality in Finnish low-energy and conventional houses. *Building and Environment*, 87, 92-101. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.01.024>.
- [10] Charlot-Valdieu, C., Outrequin, P. (2011). An approach and a tool for setting sustainable energy retrofitting strategies referring to the 2010 EPBD. *Informes de la Construcción*, Vol. 63, EXTRA, 51-60, octubre 2011.. doi: 10.3989 / ic. 11.064.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue completado en el marco del proyecto de investigación "Seguimiento, control y discriminación de cargas eléctricas conectadas a sistemas de generación híbrida renovables en configuración en isla", dentro del Programa para la promoción de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en la Comunitat Valenciana. [2017/647] financiado por la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana y Referencia: GV/2017/023. Los autores agradecen profundamente a la Universitat Politècnica de Valencia y a todas las organizaciones y personas implicadas por su apoyo y, especialmente, a la Generalitat Valenciana por su apoyo financiero.

30 BIEMH

YOU MAKE IT BIG

BILBAO

28 MAYO/1 JUNIO 2018

BE

IN

INDUSTRY 4.0

INTELLIGENT
PRODUCTION

INTEGRATED
SYSTEMS

INTERNATIONAL
OPPORTUNITIES

INNOVATION
AND TRENDS

Euskadi, bien común

Colaboran:



EKONOMIAREN GARAPEN
ETA AZPIGIGITURA SAILA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO
ECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS



Organizan:



www.afm.es

www.biemh.com

EXPOSSIBLE!