

Sistema solar para arranque de motores

Campero Ángeles E.¹, Jiménez Azuara J.A.¹, Olvera S.J.¹ y Martínez Chávez R.¹

¹ Afiliación 1; División de Ingeniería En Energías Renovables, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Domicilio Conocido S/N El Saucillo Huichapan Hidalgo, México*

* Correspondencia: ecampero@iteshu.edu.mx

Resumen: El Sistema solar para arranque de motores está diseñado con respecto a el ahorro de energía en industrias donde el motor de la maquina sea independiente a la carga, como son las maquinas laminadoras de cantera, debido a la gran potencia del motor, esta demanda un exceso de energía para realizar el arranque y estabilizar el consumo eléctrico durante el proceso. Esta demanda energética se ve reflejada en las puntas facturables del consumo eléctrico causadas por el arranque de motor ya que, puede elevar de 6 hasta 8 veces su demanda eléctrica nominal, lo que conlleva a que la tarifa de CFE sea costosa. El Sistema solar es capaz de suministrar energía requerida para el arranque del motor, la cual proviene de un sistema fotovoltaico tipo isla, donde es aprovechada la energía solar con fin de emplearla en dicho arranque, haciendo más eficiente el proceso y económicamente viable.

Keywords: *Eficiente; consumo; energía*

1. Introducción

A raíz de la nacionalización decretada en 1960, México organizó el suministro de electricidad como servicio público integrado verticalmente desde la generación hasta la venta, al tiempo que se estableció la exclusividad del Estado en la prestación del servicio [1]. Se prohibieron las concesiones. El monopolio jurídico se ejerció a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (LYFC). Al sector privado se le permitió generar electricidad para autoconsumo. El servicio público incluyó la planeación centralizada de mínimo costo para aprovechar las economías de escala, alcance y secuencia [2]. La fijación de tarifas eléctricas quedó en manos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Ese modelo permitió entonces satisfacer un crecimiento muy rápido de la demanda de electricidad y electrificar al país [3].

Para la Comisión Federal de Electricidad (CFE), antiguo operador del monopolio público, la reforma implica fragmentación, transferencia de actividades y dilución paulatina de su poder de mercado en la nueva estructura industrial. Todas esas medidas, en proceso de implementación, están orientadas a transferir al mercado la responsabilidad de modernizar y desarrollar la industria eléctrica.

La CFE realizaba el despacho de carga, operaba el sistema eléctrico y suministraba electricidad a todos los usuarios que no se autoabastecían. El Estado estaba obligado a invertir lo necesario para que a nadie le faltara electricidad. Las inversiones en el servicio público se realizaban conforme a la planeación centralizada de mínimo costo elaborada por la Comisión de acuerdo con las premisas de planeación y la política pública establecidas por la Secretaría de Energía. Como la carga fiscal (“aprovechamiento”) era exorbitante y se reflejaba en las tarifas eléctricas, el gobierno federal otorgaba cuantiosos

Citar este trabajo: Campero, E.; Azuara, J.A.; Olvera, S.J.; Martínez Chávez R. Sistema solar para arranque de motores.

REIA 2023, 7, (6), 67-79

Recibido: 24/11/2023

Aceptado: 22/12/2023

Publicado: 31/12/2023

subsidios a los consumidores [4], que a pesar de no causar flujo de efectivo se registraban y afectaban la contabilidad de la CFE.

Desde la construcción y el arranque del modelo híbrido de comprador único surgieron cuestionamiento y propuestas de una liberalización más avanzada [5] que dieron lugar a un álgido debate [6,7 y 8].

A lo largo del tiempo la industria y la tecnología han ido evolucionando conforme a las necesidades del humano, en la antigüedad y aun actualmente la principal fuente de generación de electricidad son los combustibles fósiles que como ya se ha demostrado tienen consecuencias severas en contra de nuestro entorno, aunque hay industrias que están optando por la obtención de energía a base de fuentes renovables las cuales tienden a ser más sostenibles y a eficientizar energéticamente más a las industrias sin intervenir en los procesos.

Según [9] las empresas industriales pueden lograr ahorros de energía de hasta un 40%, algunos sin inversión de capital, mediante la aplicación de métodos de gestión energética. La eficiencia energética en empresas pretende mantener el servicio que se presta reduciendo al mismo tiempo el consumo de energía sin sacrificar el bienestar de la producción obteniendo en general ahorros en el consumo de energía y a su vez reducir las emisiones de efecto invernadero [10].

La eficiencia energética se considera como una solución clave dentro de la política energética para contestar los altos costos energéticos y las amenazas de cambios climáticos [11].

Con el termino energías renovables, se hace referencia a los tipos de energía que se obtienen de fuentes naturales inagotables capaces de regenerarse, cuando se administran de manera sustentable [12].

Desde hace 30 años, en México se han desarrollado planes y programas para mejorar el consumo y ahorro de la energía en los sectores doméstico, comercial e industrial, incluyendo a las dos empresas productoras de energía del gobierno federal: Petróleos de México (PEMEX) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En las últimas décadas, los sistemas fotovoltaicos se han convertido en una forma de producción de energía eléctrica efectiva, especialmente en lugares con buena radiación [24], gracias a que su instalación es fácil y el mantenimiento posterior es de bajo costo, lo que permite que los sistemas fotovoltaicos se usen con más frecuencia para reducir el uso de combustibles fósiles en la producción de energía eléctrica consiguiendo con esto una alta eficiencia energética [13].

Por ende, el uso de energías renovables en procesos industriales es una alternativa más eficiente para poder eliminar puntas facturables en la tarifa de CFE contribuyendo a un ahorro energético como económico por parte de la empresa que utilice dichas energías [14].

Una vez basándonos en esto podemos decir que el Sistema solar para arranque de motores de máquinas para laminado de cantera o motores que sean independientes en el inicio del proceso a la carga es una implementación avanzada para esta industria por lo que permite una disminución del consumo energético al inicio del proceso haciendo una innovación en este tipo de arranque, además un motor de este tipo para que pueda alcanzar su velocidad nominal se necesita de gran energía a comparación de la que consume normalmente en su funcionamiento continuo, dicha energía es suministrada por CFE donde la tarifa es costosa debido a estas puntas de exceso de energía que demanda la maquina en el arranque y considerando que la mayoría de estas industria tienen más de una maquina haciendo el mismo proceso el consume energetico se multiplica y por ende el costo económico [14].

El Sistema electromecánico tiene como objetivo eliminar esas puntas facturables donde el consumo máximo se da en el arranque de la maquina llevándola a comenzar un proceso normal y continuo así es más eficiente el proceso de laminado de canteras o funcionamiento de motores de gran potencia [14].

2. Materiales y Métodos

Para poder llevar a cabo este sistema se siguió una metodología que establecimos donde usaron algunas herramientas, materiales, software y equipos para su elaboración además de distintos cálculos para el dimensionamiento del sistema para acoplarse a la maquina o proceso donde el motor no se adapte directamente a la carga. La metodología que se sigue de manera cronológica. A continuación, se muestran las actividades para reconstruir el sistema solar de arranque:

DETERMINACION DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS DEL LUGAR

Para determinar las coordenadas del lugar se utilizará la plataforma Google Earth la cual es una plataforma que permite conocer las coordenadas geográficas en tiempo real de un sitio en específico, solo se necesita el nombre de la ubicación y automáticamente se mostrara el lugar junto con sus coordenadas en la localización exacta del sitio en la parte superior derecha de la Plataforma.

ESTUDIO DE RECURSO ENERGÉTICO

Para realizar el estudio de recurso energético se utilizarán las coordenadas geográficas obtenidas mediante la plataforma Google Earth para conocer la cantidad de radiación en el lugar de estudio usando la plataforma NASA. Solo se colocarán las coordenadas en el recuadro, se selecciona el tipo de variable a medir y el periodo de tiempo y así se obtienen las gráficas con los datos sobre la radiación incidente en el punto seleccionado.

ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGETICO.

Una vez teniendo la ubicación geográfica de donde se implementara el Sistema solar para arranque de motores y el estudio energético, esto nos servirá para determinar el dimensionamiento del Sistema fotovoltaico en base a la disponibilidad de recurso solar en el punto, así como el levantamiento energético que nos dará el consumo de energía diario en KWh que podríamos obtener de la radiación solar en KWh/m²; para realizar el análisis de consumo energético nos basamos a partir del recibo emitido por CFE, calculando los gastos de consumo (KWh) y demanda (KW) de acuerdo a la tarifa que le corresponde. En este caso es una tarifa de media tensión horaria para verificar que los datos registrados en el recibo los cuales correspondan, de igual forma se realizarán mediciones de arranque de monitoreo de las maquinas cortadoras de piedra ya que son el factor que demandan un alto consumo de energía eléctrica y posteriormente se graficara de su comportamiento en el momento de arranque del motor eléctrico, las cuales ayudaran a la selección del tipo de motor y capacidad para el diseño del Sistema solar. Utilizando un analizador de energía de la serie 434 marca Fluk.

DISEÑO DEL PROTOTIPO.

Se desarrollará un prototipo el cual se alimentará de un sistema fotovoltaico autónomo, con la finalidad de eliminar las puntas altas facturables en el recibo CFE que se generan al arrancar las maquinas cortadoras, para esto se diseñó un acoplamiento mecánico del motor de corriente directa de 2 HP por medio de engranes y un banda acoplada directamente a la polea del motor de 50 HP ya existente en la máquina de cantera, esto nos servirá para transmitir el movimiento de un motor a otro y de cierta forma aumentar la eficiencia de dicho equipo sin afectar la producción.

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Para la selección del módulo fotovoltaico se realizó una búsqueda de los paneles fotovoltaicos existentes en el mercado los cuales fueron registrados en un archivo de extensión .xls, en esta tabla se agregaron datos como la marca, potencia, tipo de panel, eficiencia, condición de irradiación, garantía, distribuidor, país de origen, tiempo de vida, el link de la ficha técnica y la página Web de la marca.

ESTUDIO DE CARGAS

Para poder calcular el número de paneles fotovoltaicos es necesario realizar un estudio de las cargas para obtener el valor de consumo diario en donde se tomará en cuenta el total de equipos y su potencia, esto para evitar problemas al dimensionar y poder

elegir el voltaje del sistema con el que se va a trabajar, para no causar daños en los demás equipos.

CALCULO DE MODULOS FOTOVOLTAICOS

Para el cálculo de los módulos fotovoltaicos se necesita la potencia fotovoltaica del sistema, para ello se utilizará la ecuación 1 y finalmente la ecuación 1.1 para el total de módulos fotovoltaicos

$$\text{Ecuacion 1 Potencia fotovoltaica} = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Hora solar minima}}$$

$$\text{Ecuacion 1.1 Numero de modulos} = \frac{\text{Potencia fotovoltaica}}{\text{Potencia del modulo}}$$

SELECCIÓN DE CONTROLADOR

Una vez teniendo el número y potencia de los paneles nos servirá para transformar la energía solar en energía eléctrica esto para la seleccionar del controlador se tomará en cuenta el valor del voltaje del sistema con el que trabajaremos, este nos es útil para regular el flujo de energía que va de los paneles a las baterías, con fin de evitar alguna sobre carga o daño en el Sistema y prolongar la vida útil de los equipos utilizados.

SELECCION DEL INVERSOR

Para la selección del inversor se utilizará nuevamente el valor del voltaje del sistema con el que se trabajara, ya que aquí el tamaño del inversor dependerá del valor de la demanda máxima del motor de CD 2HP, así como también se tomaran en cuenta el valor de salida del inversor y su eficiencia para mejor aprovechamiento.

CALCULO DE BATERIAS EN SERIE Y EN PARALELO

Para el cálculo de baterías se necesita conocer el valor de Amper / Hora al día, para ello se utilizará la ecuación

$$\text{Ecuacion 1.2 Ah/dia} = \frac{\text{Consumo diario}}{\frac{\text{Eficiencia del Inversor}}{\text{Voltaje del sistema}}}$$

Dada la ecuación anterior, se utilizará la ecuación 1.2 para sacar las baterías en paralelo.

$$\text{Ecuacion 1.3 Baterias en paralelo} = \frac{\text{Ah/dia(Dias de autonomia)}}{\frac{\text{Profundidad de descarga}}{\text{Capacidad de la bateria}}}$$

Finalmente se utilizará la ecuación 1.3 para obtener el número de baterías en serie.

$$\text{Ecuacion 1.4 Baterias en serie} = \frac{\text{Voltaje del sistema}}{\text{Voltaje de bateria}}$$

NORMATIVIDAD EN CUANTO A LA TECNOLOGIA APLICABLE.

Para determinar la normativa aplicable se realizará una investigación de las normas que rigen a los sistemas fotovoltaicos en México, en cuanto a las condiciones y características que debe cumplir el sistema fotovoltaico en cuanto a dimensionamiento e instalación.

IDENTIFICACION DEL LUGAR DE INSTALACION.

Para la identificación del lugar se realizará una visita a las instalaciones para determinar el mejor sitio donde pueden ser instalados los módulos fotovoltaicos, de acuerdo al área necesaria para la instalación, así mismo para obtener datos más precisos se medirán las áreas disponibles y se definirá el sitio idóneo para instalar los paneles.

ACOPLAMIENTO Y PRUEBAS DEL SISTEMA

Ya para finalizar el prototipo se debe de montar en la máquina para ponerlo a funcionar, hacer pruebas correspondientes y analizar si los objetivos de este sistema se han alcanzado. De esta manera se comparan las demandas energéticas con y sin el sistema acoplado por medio de graficas donde se visualiza la diferencia entre estas.

3. Resultados

Como respaldo a la exhausta investigación y de elaboración de dicho sistema tanto físico como digital se muestran los productos que se obtuvieron durante el proceso y finalización de este Sistema solar para arranque de motores.

3.1. Deteminacion de coordenadas geográficas del lugar

Con base a la plataforma de Google Earth se ubico el lugar con las coordenadas geográficas de la empresa donde se implementó el Sistema solar en este caso fue la empresa de CANTERAMEX en Bondojito, Huichapan, Hidalgo. En la figura 1 se muestra el lugar donde se ubica la empresa de cantera.

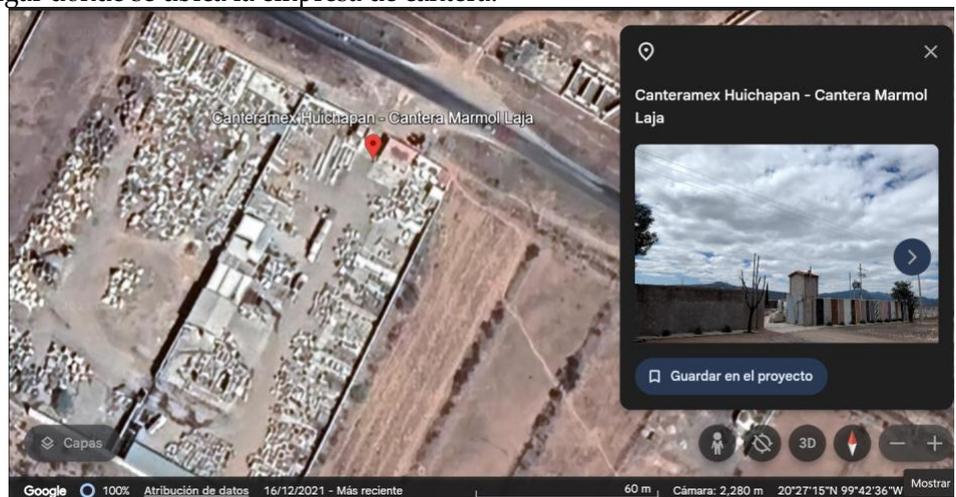


Figura 1: Vista satelital de la empresa CANTERAMEX. Foto recuperada de Google Earth

3.2. Estudio de recurso energético

Al ingresar en la plataforma de la NASA se colocaron las coordenadas obtenidas y se seleccionó las variables de insolación incidente horizontal y el periodo de tiempo de un



Figura 2: Graficas de la plataforma de la NASA sobre la insolación incidente horizontal en la planta CANTERAMEX.

año del 2020 al 2021, con lo cual se registraron los siguientes datos que muestra la figura 2:

3.3. Analisis de consumo energetico

Se realizó la recolección de datos sobre el historial de consumo de la planta mediante un recibo de energía eléctrica emitido por CFE como se observa en la figura 3.

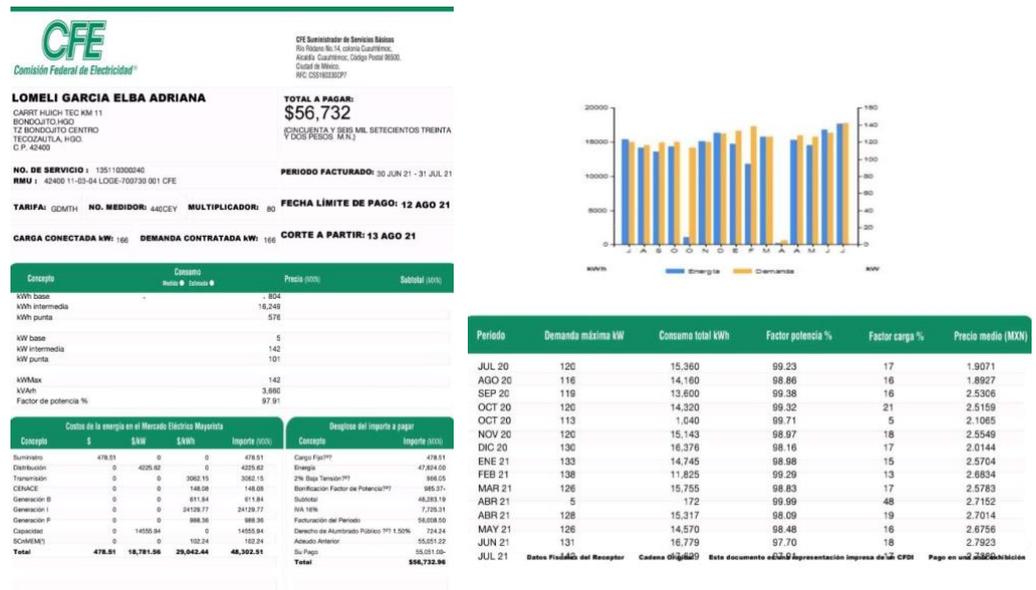


Figura 3: Recibo de energía eléctrica de la planta CANTERAMEX.

Cabe hacer mención que para el dimensionamiento fotovoltaico se consideró el consumo anual, esto de acuerdo al recibo, pues como se muestra en la parte inferior del recibo en la figura 3 corresponde al historial de dicho consumo, siendo el valor total anual a 497.0712329 KW/h.

De igual forma se obtuvieron gráficamente el comportamiento de arranque de las máquinas cortadoras de piedra. En la figura 4 se muestran las tres máquinas cortadoras con las que trabaja CANTERAMEX, donde se observan las puntas máximas registradas en un periodo aproximado de 7 segundos, las cuales son capturadas en el recibo emitido por CFE y que resultan ser una parte muy importante de esta investigación ya que al

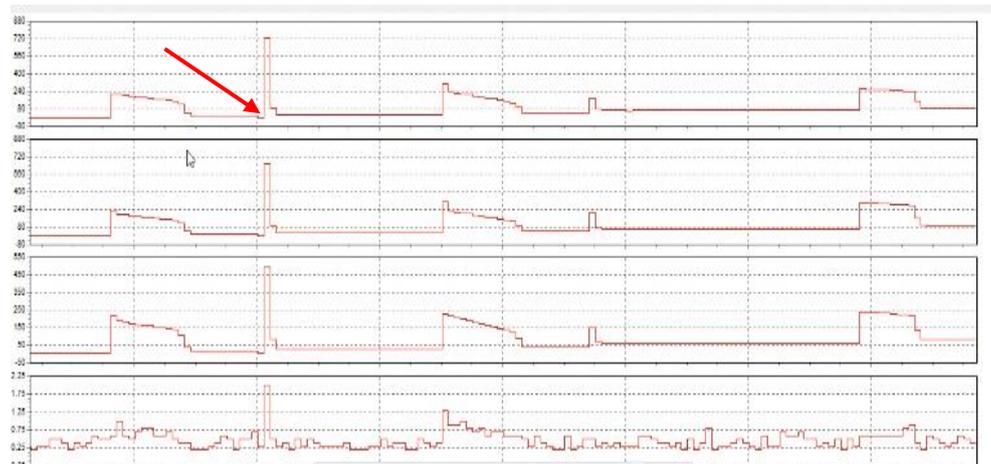


Figura 4: Arranques de máquinas cortadoras de piedra.

demandar un alto consumo de energía corre el riesgo de no cumplir con el código de red y sobrepasar la tarifa correspondiente.

3.4. Diseño del prototipo

Para el diseño del prototipo se implementó un motor de capacidad de 2 HP de corriente directa a la maquina cortadora de piedra, el cual tiene como finalidad eliminar las puntas registradas en el recibo de CFE al iniciar su arranque de trabajo, ya que dicho trabajo eleva de 6 a 8 veces su capacidad, lo cual demanda un alto consumo de energía eléctrica, es por ello que al ejecutar dicho motor permitirá corregir esas puntas facturables, y de cierta forma mantenerse en la tarifa de media tensión, esto sin afectar su producción y haciéndolo más efectivo en la transformación de cantera. El motor seleccionado de capacidad de 2 HP cuenta con las siguientes características técnicas:

Tabla 1. Datos técnicos del motor CD

Especificaciones	Valor
HP	2
Voltaje	48
Ampers	38
Watts	1824
RPM	1800
Peso (kg)	19

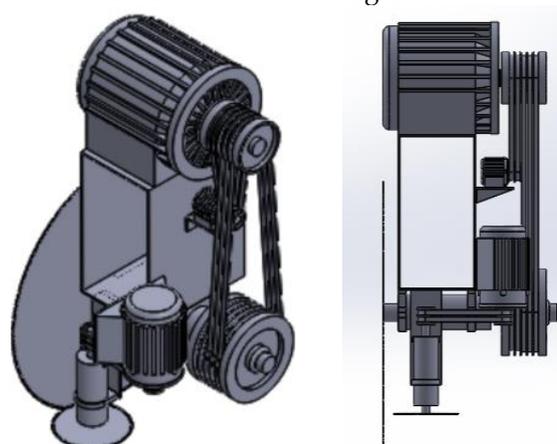
Fuente: Autoría propia

El motor CD de 2 Hp fue seleccionado de acuerdo al voltaje con el que trabaja dicho sistema autónomo dimensionado. A continuación, se muestra el motor CD incluido en el prototipo.



Figura 5: Motor CD 2Hp

Para poder visualizar el prototipo, se trabajó en la plataforma SolidWords, simulando la maquina cortadora de piedra incluyendo el motor de capacidad de 2 Hp seleccionado, como se muestra a continuación en la figura 6.



3.5. Análisis y selección de módulos FV

Figura 6: Prototipo diseñado en el programa SolidWorks

La selección del *e* en la planta CANTERAMEX, debido a que esta era pequeña se eligió el módulo fotovoltaico de la marca Elite Plus modelo ETM672BH550WW/WB con dimensiones de 2.279 m x 1.134 m este presenta las siguientes características técnicas.

Tabla 2. Datos técnicos del panel fotovoltaico seleccionado

Datos técnicos del panel ET-M672BH550WW/WB	
Peak Power (Pmax)	550W
Module Efficiency	21.28%
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.83 V
Maximum Power Current (Imp)	13.48 A
Open Circuit Voltage (Voc) \pm 3%	46.60 V
Short Circuit Current (Isc) \pm 3%	14.04 A

Fuente: Autoría propia

La potencia del módulo fotovoltaico es muy alta y esto permite utilizar menos módulos fotovoltaicos comparándolos con otros módulos fotovoltaicos de potencias más pequeñas, cabe hacer mención que son de mayor área esto permite tomarlos como una alternativa viable para las condiciones de espacio y potencia a instalar en la planta.

3.6. Selección de controlador

Para la selección del controlador se eligió respecto al voltaje del sistema, es decir a partir del valor de consumo diario, en este caso se eligió el controlador Maximum Power Point Tracking ML Series ML4860. A continuación, se muestra en la tabla 3 los datos técnicos del controlador.

Tabla 3. Datos técnicos controlador

Controlador ML4860	
Voltaje del sistema	12 V/24 V/36 V/48 V Auto
Voltaje máximo de entrada solar	150V(25°C), 145V(-25°C)
Rango de voltaje máximo del punto de potencia	Voltaje de la batería+ 2V a 120 V
Corriente de carga nominal	60/20 A
Eficiencia	98%
Dimensiones	285 X 205 X 93 mm

Temperatura de funcionamiento -35°C a +45°C

Fuente: Autoría propia

3.7. Selección de inversor

Para la selección del inversor se eligió respecto al voltaje del sistema, y a la potencia de consumo, es por ello que se eligió el inversor Growatt SPF 3000TL serie LVM-48P es perfecto para aplicaciones fuera de la red, de energía de reserva y de autoconsumo. A continuación, se muestra en la tabla 4 sus datos técnicos.

Tabla 4. Datos técnicos inversor

Inversor Growatt modelo SPF 3000TL LVM-48P	
Potencia nominal	3000 VA/3000 W
Voltaje de CA	120 VAC, 50/60HZ
Eficiencia max	93%
Max. Potencia FV	4500 W
Rango de voltaje del MPPT	60 VDC/115VDC
Max. Voltaje de circuito abierto FV	145 VDC

Fuente: Autoría propia

3.8. Selección de baterías

Para la selección de la batería, fue necesario conocer antes la capacidad total del sistema autónomo, una vez conocido dicho valor se realizó la búsqueda de baterías dependiendo a su capacidad y voltaje a la que trabajan y se recolectaron datos en un documento Excel. En este caso se eligió la batería modelo KBAS1218000 con los siguientes datos técnicos, como se muestra en la tabla 5:

Tabla 5. Datos técnicos de la batería

KBAS121800	
Voltaje Nominal	12 V
Capacidad	180 Ah/1.80 A
Max. Corriente de descarga	1500 A
Temp. De funcionamiento	Descarga de rango: -15 -50°C (5 - 122°F)
	Carga: 0 -40°C (32 -104°F)
	Almacenamiento: -15 -40°C (5 -104°F)
Profundidad de descarga	0.7
Eficiencia	93%

Fuente: Autoría propia

3.9. Estudio de cargas

Se realizó un estudio de los equipos que estarán alimentados de dicho sistema fotovoltaico autónomo, para obtener el consumo diario (Wh), como se muestra a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Estudio de cargas

Cantidad	Equipo	Potencia	USO	W
3	Motor CD	2 HP	6	26820 W
10 % Factor de protección				29502 W
W (0.1)				2950.2 W/h

Fuente: Autoría propia

3.10. Normatividad

De acuerdo con la investigación realizada las normativas aplicables de acuerdo a las características, al tipo de sistema que será implementado y a todas las cuestiones necesarias tanto de seguridad y diferentes aspectos son las siguientes:

- NOM-001-SEDE-VIGENTE Instalaciones eléctricas.
- NOM-009-STPS-Vigente. Condiciones de seguridad para realizar trabajos en alturas.
- NOM-017-STPS-Vigente. Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- Manual de Interconexión de Centrales de Generación.

3.11. Identificación del lugar y acoplamiento del sistema

Para la identificación del lugar se llevó a cabo una visita a las instalaciones y se observaron las posibles zonas donde era viable colocar los módulos, y se determinó que el mejor lugar para instalarlos era sobre un techado que se encuentra al fondo de la planta, por lo tanto, se realizaron medidas del lugar, para conocer el área disponible, a continuación, se muestran los datos en la tabla 7.

Tabla 7. Estudio de cargas

Zona de instalación	Medidas		Área total (m ²)
	Largo (m)	Ancho (m)	
Techado	49.50	7	346.5

Fuente: Autoría propia

Los datos obtenidos corresponden a un área total del techado de 346.5 m² el cual se observa en la figura 7, lo cual es un factor que se consideró a la hora de calcular los diferentes equipos y al dimensionar el sistema fotovoltaico.



Figura 8: Maqueta virtual del sistema FV autónomo en Sketchup

Posteriormente en las pruebas se pudo observar que el funcionamiento de arranque era exitoso y no intervenía negativamente en el proceso si no todo lo contrario eliminaba las puntas facturables de la tarifa ante CFE.



Figura 9: Medición de las revoluciones del motor

Con estos resultados podemos darnos cuenta que el consumo de energía en el arranque es hasta 8 veces más que la nominal y de la diferencia que hay entre el sistema solar tipo isla al ser instalado en la máquina; para esto se muestra la demanda de energía en el arranque del motor en la figura 10 con el sistema solar acoplado,

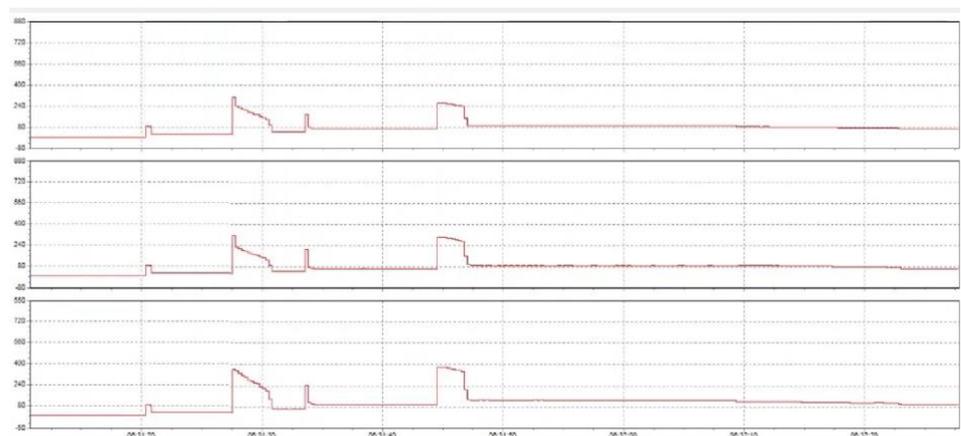


Figura 10: Grafica donde se observa el consumo de energía con el sistema acoplado.

donde se aprecia la diferencia de consumo además de la eliminación de las puntas altas de consumo energético.

4. Discusión

En el presente artículo se obtuvieron resultados óptimos ya que se pudo visualizar la eliminación de las puntas elevadas de demanda energética siendo un sistema viable económicamente, ambientalmente y de manera industrial haciendo eficiente un proceso de cantera ya que tienen un alto de consumo eléctrico.

En base a los resultados previamente presentados se puede decir que este sistema es capaz de suministrar la energía necesaria para iniciar el arranque de máquinas de alta potencia como son las de corte para laminado de cantera donde se logra disminuir la demanda ante CFE por un aproximado de 7- 8 veces por arranque de motor, donde se pudo comprobar en la mediciones que se elaboran antes y después de la instalación de dicho sistema, cabe destacar que la manera en la que se alimenta este sistema es totalmente limpio porque solo necesita energía solar para poder transformarla en energía eléctrica contribuyendo indirectamente a la reducción de gases efecto invernadero que generalmente se liberan para poder obtener energía que alimenta las red de CFE.

Aunque los avances tecnológicos relacionados con energía renovable no tienen gran cobertura en todas las industrias se puede implementar de manera más eficiente como lo es en este tipo de procesos.

5. Conclusiones

Este sistema cumple con los objetivos establecidos ya que hace una reducción de consumo energético en el arranque, ya que los picos de demanda eléctrica son muy altos lo que ocasiona que el costo de energía sea muy elevado.

Finalmente, el Sistema solar para arranque de motores es un sistema nuevo para la industria, por lo que plasmar el proceso de elaboración, así como sus resultados en este artículo es importante para la difusión y conocimiento de este nuevo Sistema.

Contribución: Conceptualización, Martínez Chávez; metodología, Campero Ángeles; software, Azuara Jiménez; validación: Olvera.

Financiamiento: Esta investigación fue financiado por TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO, con número de proyecto”.

Agradecimientos: Se agradece al Instituto Tecnológico de México por el financiamiento para poder así realizar el Sistema electromecánico solar y a CANTERAMEX por la disponibilidad de su maquinaria para hacer pruebas.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Rodríguez y Rodríguez, Guillermo (1994), “Evolución de la industria en México”, en Daniel Reséndiz (coord.), El sector eléctrico en México, México, Fondo de Cultura Económica, pp. 15-42.
2. Pistonesi, Héctor (2001), Elementos de teoría económica de la regulación; aplicación a las industrias energéticas, Argentina, Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche, pp. 119.
3. Kelly, Guillermo (1994), “Marco legal y regulatorio del servicio público de energía eléctrica en México”, en Daniel Reséndiz (coord.), El sector eléctrico en México, México, Fondo de Cultura Económica, pp. 43-67.
4. World Bank (2009), Residential Electricity Subsidies in Mexico. Exploring Options for Reform and for Enhancing the Impact on the Poor, Washington

5. Secretaría de Energía (Sener) (1999), "Propuesta de cambio estructural en la industria eléctrica", México, Secretaría de Energía, pp. 74.
6. Joskow, Paul (2000), "¿Por qué reformar el sector eléctrico en México?", en Tovar Landa Ramiro (coord.), Reforma estructural del Sector Eléctrico, México, Grupo Editorial Porrúa, pp.19-30.
7. Hogan (2000), "Competencia en los mercados eléctricos mayoristas", en Ramiro Tovar (comp.), Reforma estructural del sector eléctrico, México, Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa, pp 67-97.
8. Prieto, Alberto (2001), La industria eléctrica del futuro en México; soluciones a un problema no planteado, México, Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa, pp. 326.
9. Castrillon, R. D. P., González, A. J., & QUISPE, E. C. (2013). Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía. *Dyna*, 80(177), 115-123.
10. Poveda, M. (2007). Eficiencia energética: recurso no aprovechado. OLADE. Quito.
11. Badii, M.H., A. Guillen & J.L. Abreu. (2016). Energías Renovables y Conservación de Energía. *Daena: International Journal of Good Conscience*.
12. Canseco, M. (2010). Energías renovables en América Latina. Fundación Ciudadanía y Valores. Madrid-España, 1-12.
13. Ávila, S. S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 263-277. Recuperado el 21 de julio de 2023, de <http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n30/2344-8350-cient-30-00263.pdf>
14. Elaboración propia.