



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD CIENCIAS E INGENIERÍA**

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

**TEMA: MODELO DE ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE UNA
PEQUEÑA PLANTA PRODUCTORA DE CHOCOLATE MEDIANTE
FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE**

Autores:

Sr. FAJARDO AGUILAR JAIME ROLANDO

Tutor:

Mgtr. Martin Muñoz Salcedo

Milagro, Marzo 2021

ECUADOR

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (estudiante1)., en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de integración curricular, modalidad Elija un elemento., mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación Haga clic aquí para escribir el nombre de la Línea de Investigación, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de integración curricular en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, Haga clic aquí para escribir una fecha.

Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (estudiante1).

Autor 1

CI: Haga clic aquí para escribir cédula (estudiante1).

APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (Tutor). en mi calidad de tutor del trabajo de Elija un elemento., elaborado por Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (estudiante1). y Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (estudiante2)., cuyo título es Haga clic aquí para escribir el tema del Trabajo, que aporta a la Línea de Investigación Haga clic aquí para escribir el nombre de la Línea de Investigación previo a la obtención del Título de Grado Haga clic o pulse aquí para escribir Título de Grado.; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso previa culminación de Trabajo de Elija un elemento de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, Haga clic aquí para escribir una fecha.

Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (Tutor).

Tutor

C.I: Haga clic aquí para escribir cédula (Tutor).

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (tutor).

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (Secretario/a).

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (integrante).

Luego de realizar la revisión del Trabajo de Elija un elemento, previo a la obtención del título (o grado académico) de Elija un elemento. presentado por Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (estudiante1).

Con el tema de trabajo de Elija un elemento: Haga clic aquí para escribir el tema del Trabajo.

Otorga al presente Trabajo de Elija un elemento, las siguientes calificaciones:

Trabajo de Integración Curricular	[]
Defensa oral	[]
Total	[]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) _____

Fecha: Haga clic aquí para escribir una fecha.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Apellidos y nombres de Presidente.	_____
Secretario /a	Apellidos y nombres de Secretario	_____
Integrante	Apellidos y nombres de Integrante.	_____

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi abuelita, a mis padres y hermanos, también a los docentes que me han acompañado en toda mi vida universitaria.

Agradecimiento

Agradezco a mi abuelita por haberme ayudado incondicionalmente en toda mi vida, a mis padres que fueron un pilar fundamental, a mis hermanos y al Ing. Martín Muñoz que con su conocimiento supo guiarme para completar esta gran investigación.

Índice general

DERECHOS DE AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de figuras.....	ix
Índice de gráficos.....	x
Índice de tablas	xi
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Capítulo 1.....	3
Introducción	3
Planteamiento del problema.....	4
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos	5
Justificación.....	6
Marco teórico	7
Las Pymes.....	7
Proceso del chocolate	9
Energía solar	11
Radiación Solar.....	13
Sistemas de energía aislados.....	15
Sistema de energía interconectado	17
Capítulo 2.....	19
Metodología	19
Capítulo 3.....	20
Propuesta de solución.....	20
Limpieza de los granos de cacao	20
Tostado del grano de cacao	20
Separación de la cascara con el grano de cacao	21

Molienda del grano de cacao	21
Refinado de la pasta de cacao	22
Mezclado de la pasta de cacao con otros componentes	22
Moldeado del chocolate liquido	23
Enfriamiento del chocolate moldeado	23
Empaquetado y encajado del chocolate	23
Consumo energético total de la Pyme	24
Costo del consumo energético total de la Pyme	24
Cantidad de radiación solar permisible en el entorno de la Pyme	25
Análisis de la radiación solar en el entorno de la Pyme	26
Dimensionamiento del sistema fotovoltaico de energía directa	27
Dimensionamiento del sistema fotovoltaico de energía conectado a la red eléctrica	29
Dimensionamiento del sistema fotovoltaico de energía con almacenamiento conectado a la red eléctrica.....	30
Capítulo 4.....	32
Resultados (análisis de financiero de la propuesta)	32
Conclusiones	34
Recomendaciones	35
Bibliografía	36
Anexos	39

Índice de figuras

Figura 1: Éxito competitivo, recursos, ventajas y desempeño.....	8
Figura 2: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del chocolate.....	10
Figura 3: Distribución del promedio anual de irradiación solar global en Ecuador [Wh/m ² /día]	14
Figura 4: Instalación solar fotovoltaica aislada de la red eléctrica con sistema de almacenamiento	15
Figura 5: Tipos de sistemas de generación de energía fotovoltaica	16
Figura 6: Sistema fotovoltaico para conexión a la red.....	17
Figura 7: Sistema de una instalación fotovoltaica asistida	18

Índice de gráficos

Gráfica 1: Energía mundial consumida en el año 2014.....	11
Gráfica 2: Generación mundial de energía solar por celdas fotovoltaicas	12
Gráfica 3: Variación de la intensidad de la radiación solar que alcanza la atmosfera de la tierra a lo largo del año.....	13
Gráfica 4: Cantidad de radiación solar por mes.....	26
Gráfica 5: Arreglo configurado del sistema fotovoltaico de energía directa.....	28
Gráfica 6: Arreglo configurado del sistema de almacenamiento.....	31

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación de las Pymes según su actividad económica.....	7
Tabla 2: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de limpieza.....	20
Tabla 3: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de tostado	21
Tabla 4: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de separación de la cascara	21
Tabla 5: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de molienda.....	22
Tabla 6: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de refinado de la pasta	22
Tabla 7: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de mezclado	23
Tabla 8: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de enfriamiento	23
Tabla 9: Consumo energético total de la Pyme.....	24
Tabla 10: Costo del consumo energético por día, mes y año.....	25
Tabla 11: Cantidad de radiación permisible por mes.....	26
Tabla 12: Costos fijos en la implementación del sistema fotovoltaico de energía directa	32
Tabla 13: Costos variables en la implementación del sistema fotovoltaico de energía directa ...	33
Tabla 14: Análisis financiero (primer caso).....	33
Tabla 15: Análisis del TIR (primer caso).....	34
Tabla 16: Costos fijos en la implementación del sistema fotovoltaico de energía conectado a la red eléctrica.....	35
Tabla 17: Costos variables en la implementación del sistema fotovoltaico de energía conectado a la red eléctrica.....	35
Tabla 18: Análisis financiero (segundo caso).....	37
Tabla 19: Análisis del TIR (segundo caso).....	38
Tabla 20: Flujo mensual.....	39
Tabla 21: Análisis financiero segundo caso.....	39
Tabla 22: Análisis financiero (tercer caso)	41
Tabla 23: Costos variables en la implementación del sistema fotovoltaico de energía con almacenamiento conectado a la red eléctrica.....	33

Título de Trabajo Integración Curricular: Modelo de abastecimiento energético de una pequeña planta productora de chocolate mediante fuentes de energía renovable.

Resumen

En la actualidad las fuentes de energía renovables representan el futuro del planeta, por ello muchas empresas en Europa y Asia han decidido implementar sistemas basados en energías renovables los cuales en ocasiones generan un 70% de la energía demanda. Entre los beneficios que se pueden destacar en este tipo de tecnología está la disminución de los costos energéticos generados por las empresas, así como también la nula emisión de contaminantes a la atmosfera y una mayor competitividad en el mercado generando una mejor imagen en el sector industrial.

Este proyecto se basa en el estudio de la factibilidad económica que se puede generar mediante la implementación de sistemas fotovoltaicos en pequeñas pymes, las cuales generan poco beneficio por los gastos de mantenimiento y consumo eléctrico provocados por la variación en la tensión de la red eléctrica suministrada a los sectores rurales del País. Para objeto del presente proyecto se tomó como caso de estudio una pyme chocolatera ubicada en la parroquia Roberto Astudillo a la cual se le realizó un estudio en el entorno para determinar la veracidad de los datos obtenidos de la radiación solar generada en esa parte de la parroquia.

En los cálculos posteriores para determinar el número de materiales necesarios en el sistema se realizó un levantamiento de información del consumo demandado por la pyme, posterior a esto se procedió a realizar un cálculo financiero para determinar cuál de los casos propuestos como solución era el más factible y rentable para la pyme. Cabe señalar que el aprovechamiento de los recursos naturales en ciertas condiciones puede generar un gran beneficio a las empresas, siempre y cuando la inversión se la realice a largo plazo.

Palabras clave: Energías renovables, sistema fotovoltaico, pyme, energía.

Job Title Curriculum Integration: Model of energy supply of a small chocolate production plant using renewable energy sources.

Abstract

Currently, renewable energy sources represent the future of the planet, therefore many companies in Europe and Asia have decided to implement systems based on renewable energy, which sometimes generate 70% of the energy demand. Among the benefits that can be highlighted in this type of technology is the decrease in energy costs generated by companies, as well as the zero emission of pollutants into the atmosphere and greater competitiveness in the market, generating a better image in the industrial sector.

This project is based on the study of the economic feasibility that can be generated through the implementation of photovoltaic systems in small SMEs, which generate little benefit due to maintenance costs and electricity consumption caused by the variation in the voltage of the electricity grid supplied. to the rural sectors of the country. For the purpose of this project, a chocolate SME located in the Roberto Astudillo parish was used as a case study, and a study was carried out in the environment to determine the veracity of the data obtained from the solar radiation generated in that part of the parish.

In the subsequent calculations to determine the number of materials needed in the system, an information survey was carried out on the consumption demanded by the SME, after which a financial calculation was carried out to determine which of the cases proposed as a solution was the most feasible. and profitable for SMEs. It should be noted that the use of natural resources under certain conditions can generate a great benefit to companies, as long as the investment is made in the long term.

Key words: Renewable energies, photovoltaic system, SMEs, energy.

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad los sistemas generadores de energía basados en fuentes renovables como sistemas fotovoltaicos, aerogeneradores, sistemas geotérmicos, entre otros, han generado un gran impacto en la sociedad y en la economía mundial. Las industrias hoy en día utilizan estos tipos de sistemas para disminuir el consumo de energías generadas por la quema del petróleo y del carbón, de igual forma el mayor beneficio que obtienen las empresas o industrias es la reducción en los costos por el consumo de energía y en algunas ocasiones el aumento de la eficiencia en las maquinarias ya que no existiría una variación en la tensión eléctrica que puedan perjudicar el funcionamiento de estas.

Para el dimensionamiento de un sistema generador de energía basado en fuentes renovables se debe estudiar el entorno donde se implementará dicho sistema, en relación a las industrias o empresas lo primero que se realiza un levantamiento de datos sobre la maquinaria como es el voltaje con el que funcionan, el consumo y el amperaje, estos datos ayudaran al investigador a dimensionar la cantidad de herramientas y materiales que tendrá utilizar para suministrar la demanda generada por la empresa.

En Ecuador existe un pequeño sector de industrias que utilizan fuentes renovables para la generación de energía, si bien es cierto que en la actualidad la factibilidad de un sistema 100% basado en energías renovables es una idea irrealizable, las empresas optan por sistemas interconectados los cuales se basan en un porcentaje de ahorro energético que va desde 90% hasta el 10% el cual será cubierto por la energía renovable generada en los sistemas. Por consiguiente, esta investigación tratara de dimensionar un sistema de energías renovables basándose en las diferentes situaciones ya mencionadas, donde se estudiarán los beneficios, la rentabilidad y la factibilidad de cada caso propuesto.

Planteamiento del problema

La industrialización de las empresas ha representado un pilar fundamental en el desarrollo de los países, siendo la Unión Europea y los Estados Unidos un claro ejemplo del progreso económico y social en su población, no obstante el crecimiento acelerado de las empresas han provocado un consumo excesivo en las fuentes energéticas del planeta, causando que el costo energético vaya aumentando con el paso del tiempo, generando las llamadas externalidades negativas en la sociedad por el alto consumo energético que tienen las empresas e industrias.

En América latina el consumo energético de las industrias o empresas está directamente ligado con la capacidad de producción que estas tienen, la privatización en algunos países ha generado una competencia entre el valor del kWh (kilowatt hora) por lo cual el precio suele fluctuar lo que provoca que las empresas o industrias tengan problemas al momento de pronosticar los costos de producción, alterando de forma directa a la cadena de valor en la línea de producción.

La generación de energía eléctrica en el Ecuador ha tenido una evolución considerable en los últimos años, sin embargo el continuo desarrollo en el sector energético del país demuestra un panorama complicado para las industrias o empresas que dependen de la disposición energética del gobierno, ocasionando que los costos en el consumo de energía eléctrica aumenten y por ende los costos de producción también, cabe señalar que la competitividad y la productividad de las empresas o industrias son inversamente proporcionales a los costos de producción, lo que provoca un efecto negativo a las organizaciones.

En la actualidad las pequeñas y medianas pymes representan una base fundamental en la economía del país, no obstante, los costos generados en los procesos productivos a causa de los costos energéticos provocan que dichas pymes tengan una participación casi nula en el mercado y que estas no lleguen a consolidar su madurez como empresa, lo que conlleva en ocasiones la liquidez de las pymes en consecuencia a su escasa competitividad y bajo márgenes de utilidad.

Objetivo General

Modelar un sistema de abastecimiento energético mediante el uso de fuentes de energía renovables para reducir los costos energéticos de una pequeña planta productora de chocolate.

Objetivos Específicos

- Estimar la cantidad de energía consumida en el proceso productivo de la empresa durante un año de operación.
- Efectuar un estudio climático para conocer las fuentes de energía renovables aprovechables en el entorno ambiental de la empresa.
- Realizar un estudio de viabilidad económica que determine la factibilidad futura de la implementación del sistema de abastecimiento energético.

Justificación

El crecimiento constante de las necesidades sociales a nivel mundial se ve impulsado por la gran oferta de bienes y servicios en los mercados internacionales, esto provoca que las industrias a nivel global tengan que aumentar su capacidad de producción generando un mayor consumo de energía eléctrica. (Umbarila Valencia et al., 2015) Señalan que el uso de energía provenientes de fuentes renovables ayudaría a reducir los costos por consumo energético en las Industrias, así como también causaría una independencia parcial de las redes eléctricas estatales o privadas.

En América latina el desarrollo y el uso de nuevas tecnologías que aprovechan los recursos naturales del planeta se ve afectado por un lento crecimiento en las economías de los países que se encuentran en vías de desarrollo, por ello es necesario indicar que la generación de energía proveniente de fuentes renovables podría potenciar el desarrollo económico de las industrias generando mayor empleo y una reducción en los costos de producción (Altomonte et al., 2003).

En el año 2012 el Ecuador trató de mitigar los efectos de una intensidad eléctrica variable construyendo hidroeléctricas que suministren de energía a las industrias, el cambio desde entonces no ha sido trascendental provocando que se desarrollen nuevas iniciativas que ayuden a la solución del problema, la eficiencia energética con fuentes de energía renovables resulta una de las opciones más tentadoras por las industrias ya que mediante esta se puede regular la intensidad energética de entrada a los procesos disminuyendo los daños en las maquinarias (Carrillo et al., 2014).

Las pequeñas y medianas pymes conforman una parte fundamental en la economía de un país y aunque muchos gobiernos de turno declaran que es un sector estratégico, la realidad es que estas carecen de iniciativas que estimulen su crecimiento y su competitividad en los mercados. (Robles et al., 2015) Indican que el uso de fuentes de energía renovable permite a las pymes crear ventajas competitivas sostenibles en el mercado, reduciendo costos y aumentando la utilidad anual.

Marco teórico

Las Pymes

Para definir a las pymes primero se deben considerar varios factores que engloban todas las categorías desde pequeñas empresas hasta las más desarrolladas en mercado internacional, sistemas políticos, sociales y económicos son algunos aspectos que ayudan a clasificar las pymes de otras industrias. Para (Yance et al., 2017) las pymes se caracterizan por una administración casi autónoma ya que solo una persona natural o jurídica es la que administra los procesos y operaciones de la empresa, de igual forma se establece que las pymes son asociaciones que deben cumplir con las leyes tributarias del país donde estén realizando sus actividades productivas.

La inestabilidad de la pymes al momento de nacer como pequeñas empresas es un momento crítico para los fundadores y colaboradores de la empresa, el choque de ideas y el punto de vista de los clientes son partes importantes en la primera etapa de vida de las pymes, si las ideas propuestas en la empresa resultan interesantes para los clientes el periodo de vida se extiende de forma significativa, sin embargo si las ideas no logran captar la atención de las personas se produce una disminución en la productividad de la empresa (Cleri, 2007).

Tamaño de las empresas, según tipo de actividad económica			
Personas			
Tamaño	Industrias	Comercio	Servicios
Micro	0-10	0-10	0-10
Pequeña	11-50	11-30	11-50
Mediana	51-250	31-100	51-100
Grande	Más de 251	Más de 101	Más de 101

Tabla 1: Clasificación de las Pymes según su actividad económica

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2016)

En el mundo globalizado en que vivimos se puede observar el desarrollo de la economía en los países, siendo una economía de libre mercado donde las Pymes tienen una participación casi nula ya que estas proveen de materia prima a las grandes empresas o a su vez se hacen acreedoras de pequeños nichos de mercados nacionales y muy pocas veces extranjeros. Para (Gómez, 1998) las pymes nacionales cuentan un estado tecnológico atrasado en comparación con las grandes empresas, no obstante las pymes que cuentan con recursos aprovechables pueden tener una mayor participación en el mercado, siempre y cuando dichos recursos sean gestionados de forma eficiente.

Los objetivos estratégicos en las pymes son los puntos claves para el éxito de estas pequeñas o medianas empresas, los recursos y la capacidad de las pymes pueden generar ventajas competitivas frente a las demás empresas siendo el determinante del éxito que tenga en el mercado. La concepción de las pymes frente a estas ventajas competitivas están íntimamente ligado a la productividad que se puede generar mediante la gestión eficiente de los recursos, por lo tanto una administración que aprovecho los recursos dará como resultado una mejor posición de la empresa ante su competencia (Rubio Bañón & Aragón Sánchez, 2008).

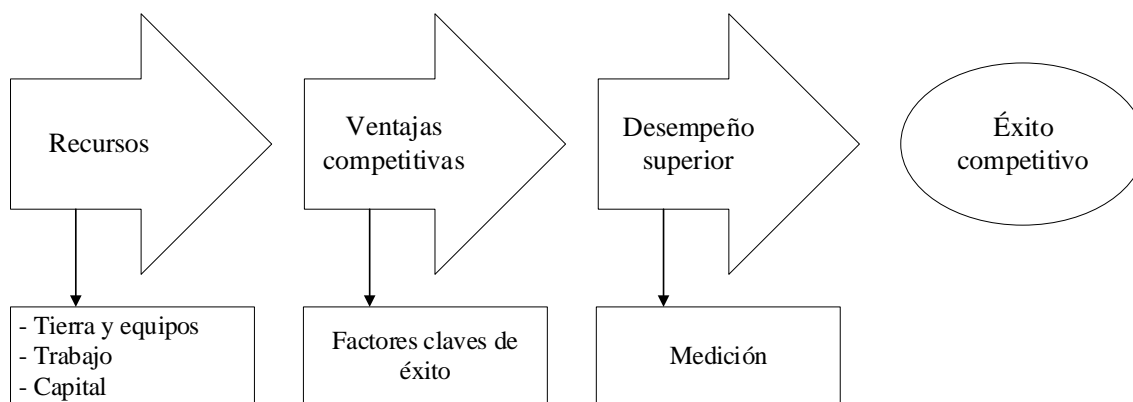


Figura 1: Éxito competitivo, recursos, ventajas y desempeño

Fuente: (Rubio Bañón & Aragón Sánchez, 2008)

Proceso del chocolate

El chocolate es un producto elaborado a base de las semillas de la planta de cacao y su origen es mesoamericano, con el paso del tiempo la tecnología para producir el chocolate fue evolucionando hasta llegar a la actualidad donde se consume en todos los países. (Granados, 2017) señala que el incremento en la producción del chocolate trajo consigo una nueva forma de abastecimiento de materia prima, creciendo en un 33,4% el promedio anual de las empresas, dando como resultado una industrialización global de las fábricas chocolateras teniendo la oportunidad que países en vías de desarrollo ampliaran su producción de materia prima.

Los procesos para la obtención de la materia prima (granos de cacao) comienza por la recolección de las mazorcas maduras en las plantas de cacao la cual se identifica por el color rojizo o anaranjado que toma la mazorca en su madurez, la fermentación es el siguiente proceso y se caracteriza por almacenar los granos de cacao frescos en cajones de 4 a 7 días para que los microorganismos puedan refinar el sabor y el aroma de los granos, por último se realiza el secado de los granos de cacao el cual consiste en extender los granos en una superficie de cemento exponiéndolos al sol o utilizando calentadores artificiales, este proceso se lo debe realizar despacio y sin utilizar altas temperaturas ya que se puede deteriorar el sabor (Beyer, 2011).

Para la elaboración del chocolate las industrias deben realizar una serie de procesos que han venido desarrollándose a lo largo de los años, el primer proceso para la elaboración del chocolate es la limpieza de los granos de cacao de cualquier impureza que tengan, el segundo proceso es el tostado de los granos para ayudar a estimular sus cualidades aromáticas y de sabor, este proceso se lo realiza a una temperatura aproximada de 130 grados Celsius entre 15-20 minutos, el siguiente proceso para la elaboración del chocolate es la molienda donde los granos de cacao son sometidos a elevadas fuerzas creando una pasta de cacao la cual se mezclara con diferentes ingredientes en el siguiente proceso que es el de mezclado, el molido fino es el proceso que sigue

después de la mezcla y se caracteriza por transformar la pasta de cacao mezclada en líquido reduciendo el tamaño de las partículas, para después colocar la mezcla líquida de chocolate en los moldes, el enfriado es el penúltimo proceso y se lo realiza en una cama de enfriamiento que debe estar a una temperatura aproximada de 24 grados Celsius, una vez endurecida la mezcla pasa al último proceso que es el empaquetado o envasado del chocolate (Oliveras, 2007).

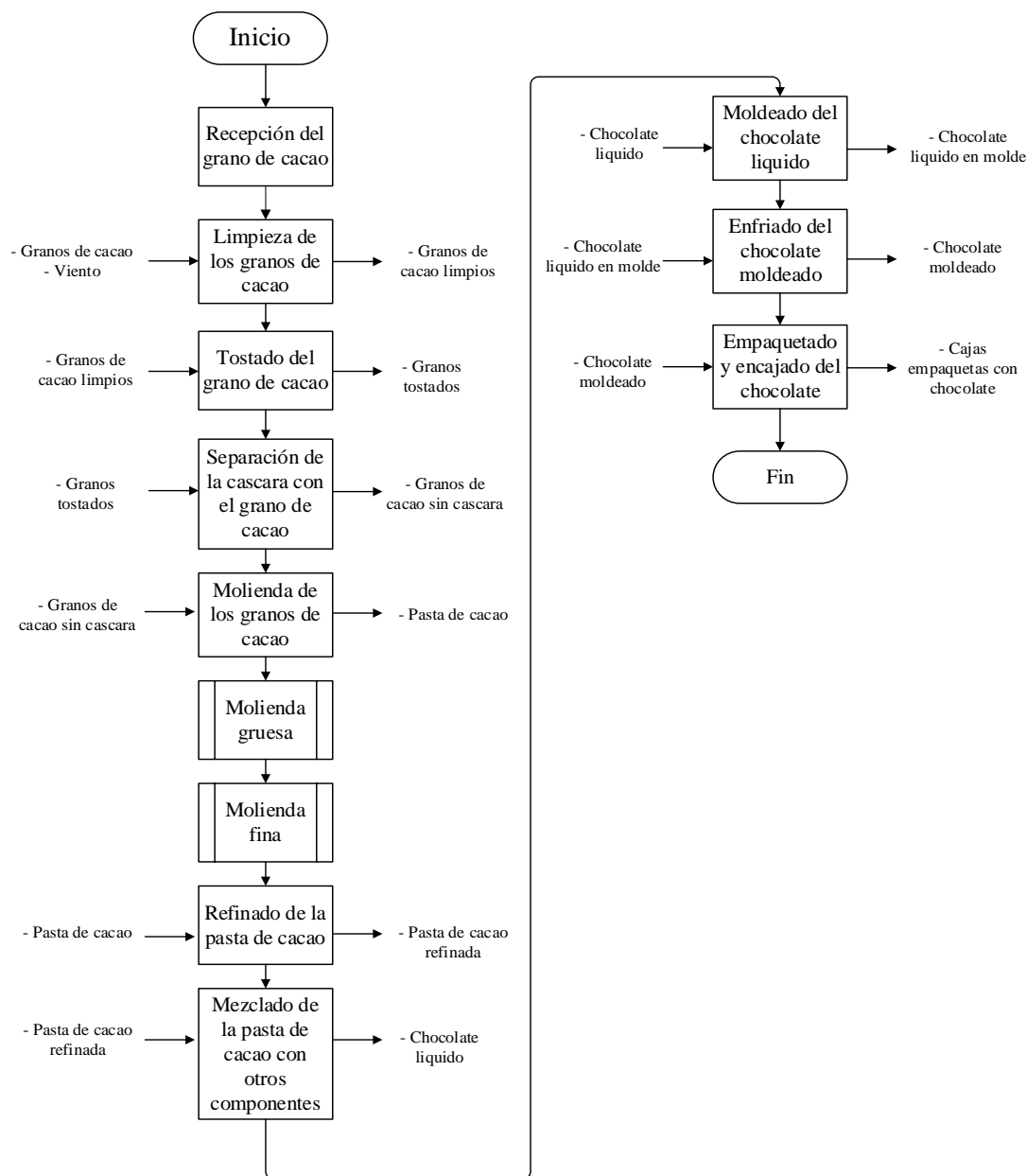


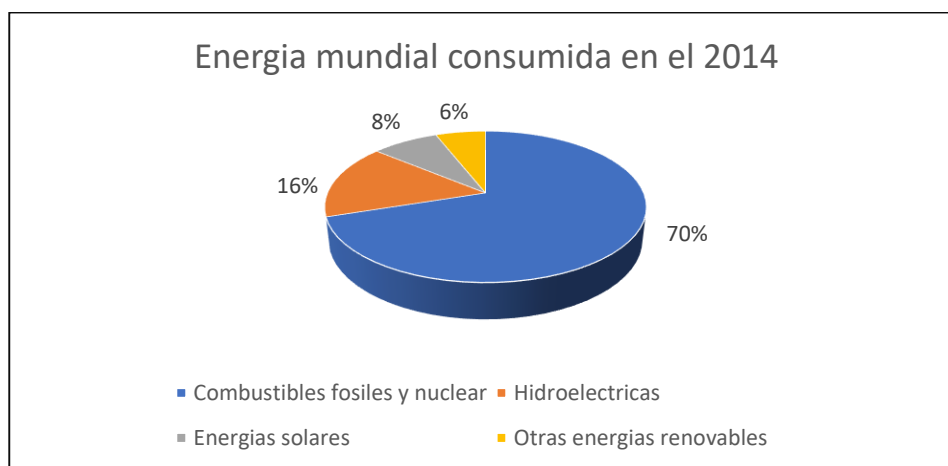
Figura 2: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del chocolate

Fuente: Elaboración propia

Energía solar

La energía solar es una fuente abundante que se la obtiene mediante la conversión de la radiación solar a corriente continua, para ello se utilizan celdas fotovoltaicas con cristales de silicio los cuales realizan el proceso físico de conversión produciendo energía limpia y renovable como lo señala. (Plá et al., 2016) el consumo global de energías renovables va en crecimiento, teniendo una gran participación en el 2013 satisfaciendo el 19% de la energía total consumida en el mundo siendo el 1,3% la energía provista por fuentes de energía solares.

Las formas más tradicionales de conseguir energía solar están basadas en paneles fotovoltaicos y en la transformación térmica de un fluido, para ello se utilizan captadores de geometría plana con una placa absorbente como lo señala. (Prieto, 2016) Este sistema utiliza un filtro que transmite la radiación ultravioleta pero no la infrarroja, la placa absorbente es hecha de un metal específico el cual solo transmite el calor útil hacia el fluido, sin embargo, las pérdidas de temperatura no están fuera del sistema perdiendo calor por la convección y la radiación hacia el medio ambiente.

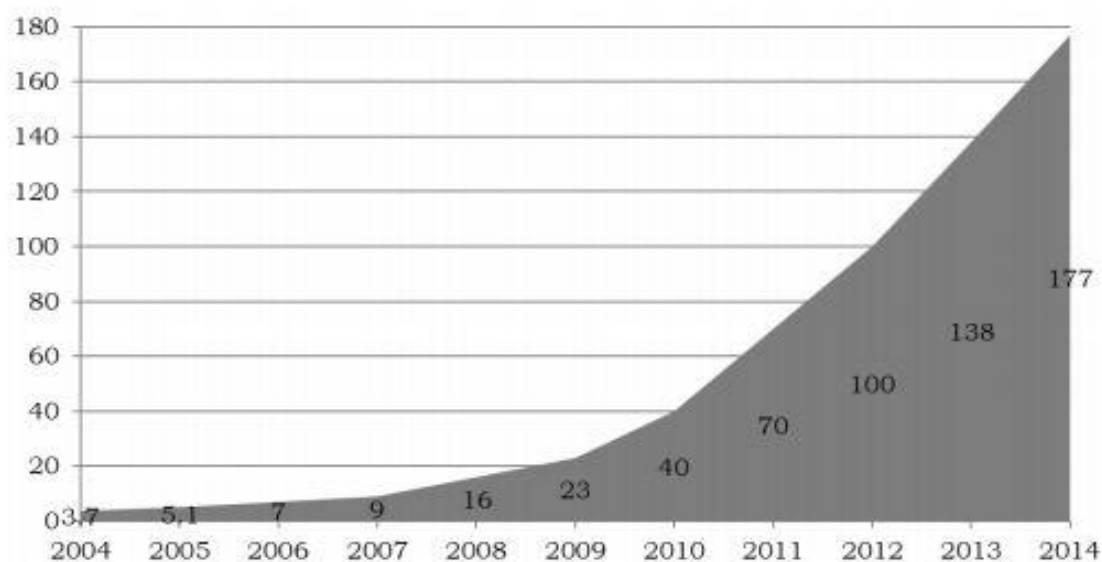


Gráfica 1: Energía mundial consumida en el año 2014

Fuente:(Plá et al., 2016)

El mercado de los sistemas generadores de energía solar muestra una gran fortaleza a pesar de no contar con un concepto económico propicio, Alemania es el principal consumidor de dichos sistemas teniendo una participación del 17,8%, siendo China el segundo consumidor con un porcentaje del 13,1% manteniendo cifras de contaminación menores a los países latinos, Japón y Estados Unidos han intentado unirse al mercado de energías solares sin embargo no cuentan con una gran participación, no obstante es muy probable que en algunos años generen más energía limpia que algunos países europeos.

Es probable que en los próximos 25 años la demanda crezca aumentando la participación de varios países en el mercado de energía solar como lo indica. (López, 2017) Las estimaciones de la agencia internacional de energía (IEA) calcularon un aumento en la demanda del 70% en los próximos 25 años siendo la eliminación de los combustibles fósiles, la producción de energías renovables y la eficiencia energética son las medidas más relevantes para evitar el cambio climático acelerado que existe en el mundo.



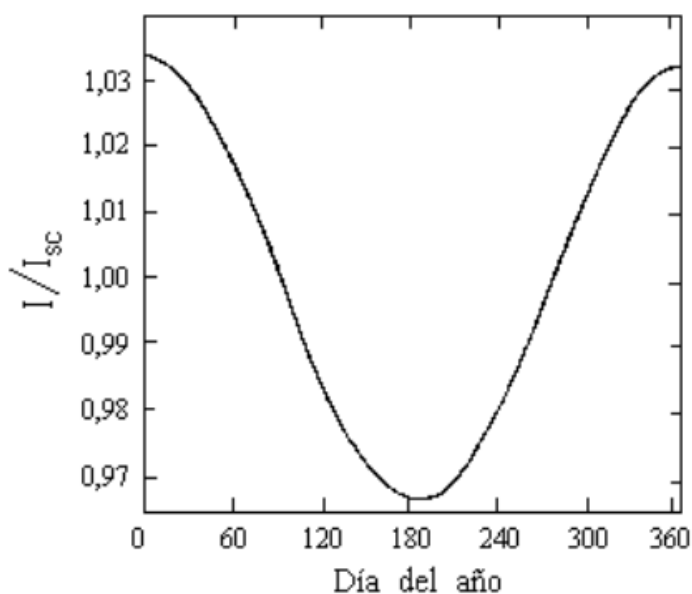
Gráfica 2: Generación mundial de energía solar por celdas fotovoltaicas

Fuente: (López, 2017)

Radiación Solar

Las energías renovables se caracterizan por usar fuentes naturales para la generación de energía eléctrica, siendo la radiación solar una de estas fuentes que el ser humano aprovecha mediante el diseño de paneles fotovoltaicos o sistemas de energía solar térmica existiendo tres tipos de radiaciones que son la directa, la difusa y la global las cuales pueden medirse mediante la utilización de diferentes métodos como la regresión de Angstrom Prescott la cual utiliza parámetros atmosféricos siendo una alternativa ante la falta de equipos especializados (Barraza et al., 2013).

La radiación solar se puede definir como el calentamiento diferencial entre las zonas polares y ecuatoriales siendo el principal responsable de los movimientos convectivos a gran escala que ayuda a equilibrar las temperaturas en la atmosfera, por lo cual la cantidad de radiación solar que llega al nivel del suelo es menor a la que desprende el sol, esta disminución es provocada por diferentes factores meteorológicos y por su largo recorrido a través de atmosfera (Gallegos, 2004).



Gráfica 3: Variación de la intensidad de la radiación solar que alcanza la atmosfera de la tierra a lo largo del año

Fuente: (Gallegos, 2004)

La orientación de la superficie está relacionada con la cantidad de radiación que se puede aprovechar respecto a la fuente de energía, concretamente el ángulo de inclinación tiende a ser mayor o menor de acuerdo a la hora del día y al mes en el que nos encontremos siendo inversamente proporcional a la cantidad de radiación que se puede percibir, es necesario señalar que la iluminación solar no es perpendicular en todos los puntos de la tierra ya que mientras más cerca nos encontremos de los polos mayor será de grado de inclinación y por ende menor será la cantidad de radiación aprovechable en ese punto del planeta (Pons, 1996).

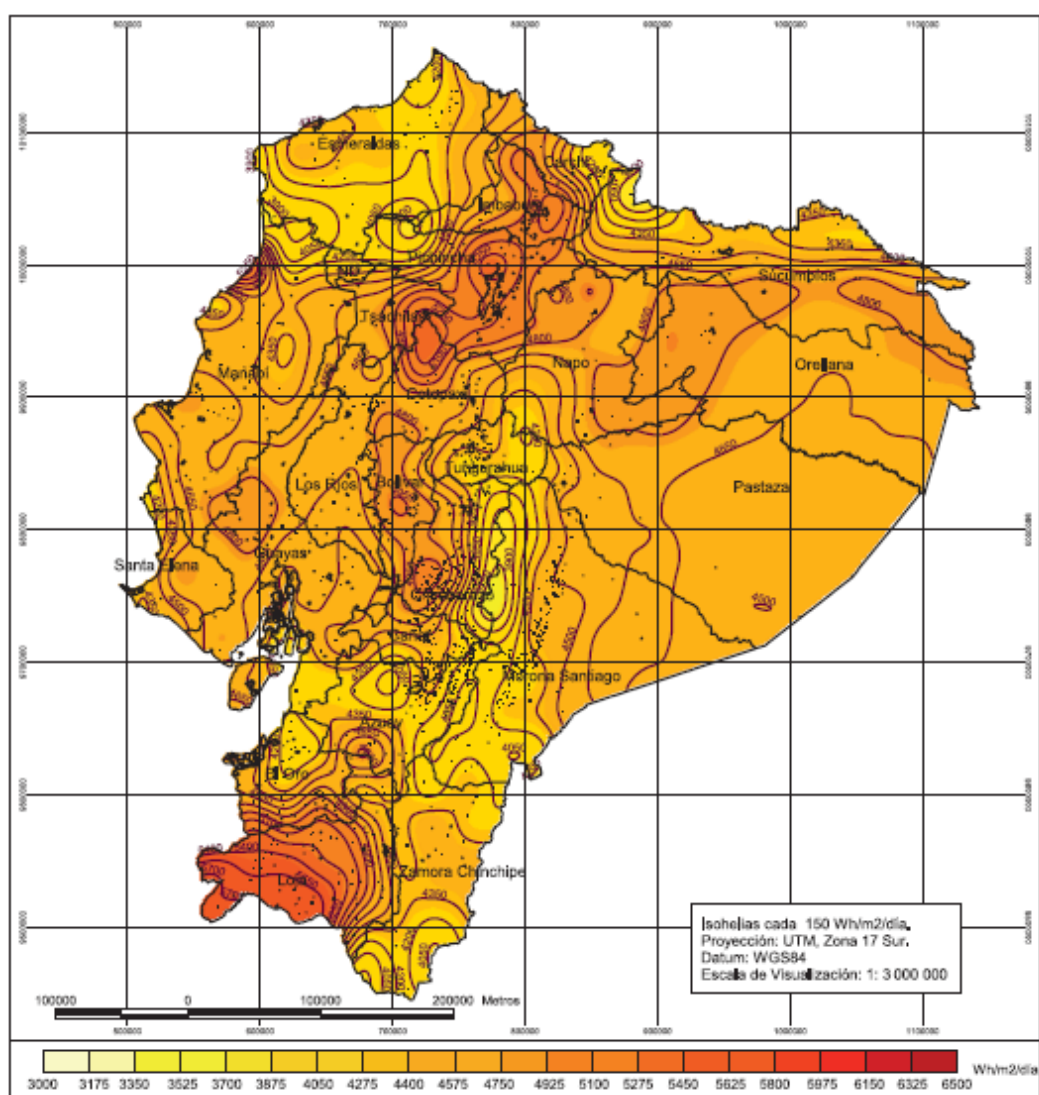


Figura 3: Distribución del promedio anual de irradiación solar global en Ecuador [Wh/m²/día]

Fuente: (Conelec, 2008)

Sistemas de energía aislados

Los sistemas de generación de energía aislados son aquellos que no dependen del sistema de red energética convencional, siendo provechosos en lugares remotos donde la red eléctrica no llega siendo más barato y fácil de implementar que extender una estación central para el abastecimiento de electricidad, cabe señalar que para implementar este tipo de sistemas se debe conocer la disponibilidad de los recursos aprovechables en el entorno así como también la demanda energética de los consumidores (Oliva Merencio et al., 2018).

Estos tipos de sistemas en ocasiones necesitan de acumuladores de energía ya que existen situaciones donde la demanda energética supera espontáneamente a la energía generada por el sistema, cuando se utilizan acumuladores de energía el sistema almacena la electricidad generada en las baterías teniendo la opción de suministrar una flujo constante de electricidad aunque la radiación solar sea menor a la requerida por el sistema energético, garantizando la seguridad de los aparatos conectados al sistema y extendiendo su vida útil (Mascarós Mateo, 2016).

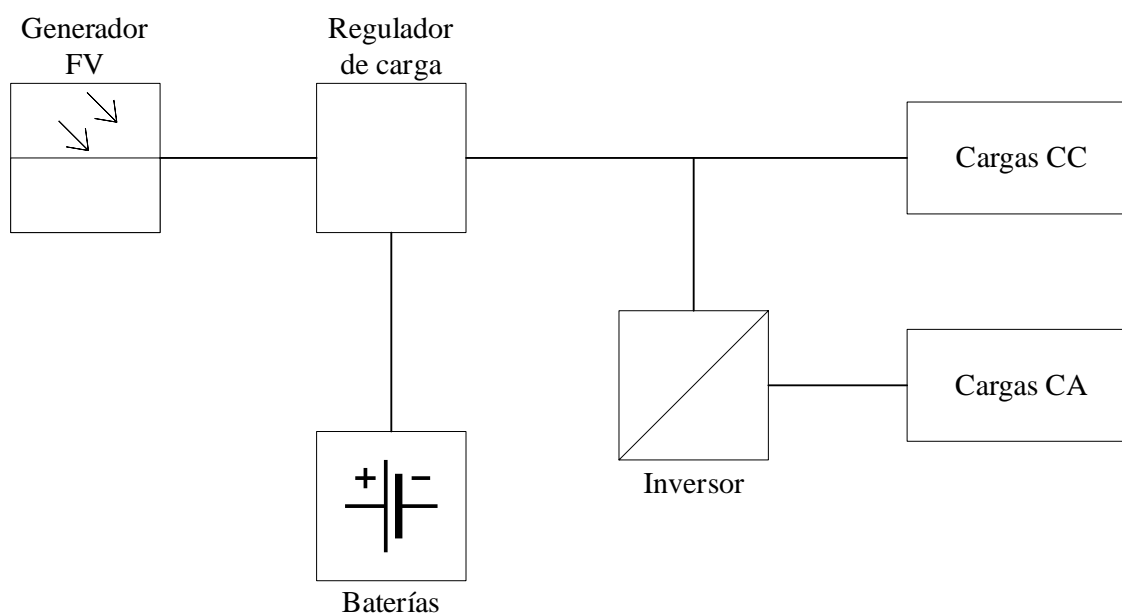


Figura 4: Instalación solar fotovoltaica aislada de la red eléctrica con sistema de almacenamiento

Fuente: (Mascarós Mateo, 2016)

Cuando los aparatos conectados al sistema de generación de energía funcionan a partir de corriente continua no se necesitara de un inversor ya que la energía generada es continua por ende se conectarán directamente a la salida del regulador de voltaje con el objetivo de proteger la integridad de los aparatos mecánicos o electrónicos conectados al sistema de posibles sobrecargas cuando el sistema de almacenamiento llega a la profundidad máxima de descarga (Villalva & Gazoli, 2012).

En algunos casos los aparatos son alimentados por corriente alterna para su funcionamiento, sin embargo el sistema por defecto genera corriente continua lo cual podría dañar los aparatos o maquinarias conectados, por ello se debe incluir un inversor para estos casos y en algunas ocasiones se puede crear un circuito híbrido el cual generara corriente continua y alterna a la vez, es necesario señalar que estos sistemas son una alternativa a otros sistemas de generación eléctrica que quizás no sean tan eficientes ni cumplan con la demanda energética necesaria (Castejón & Santamaría, 2010).

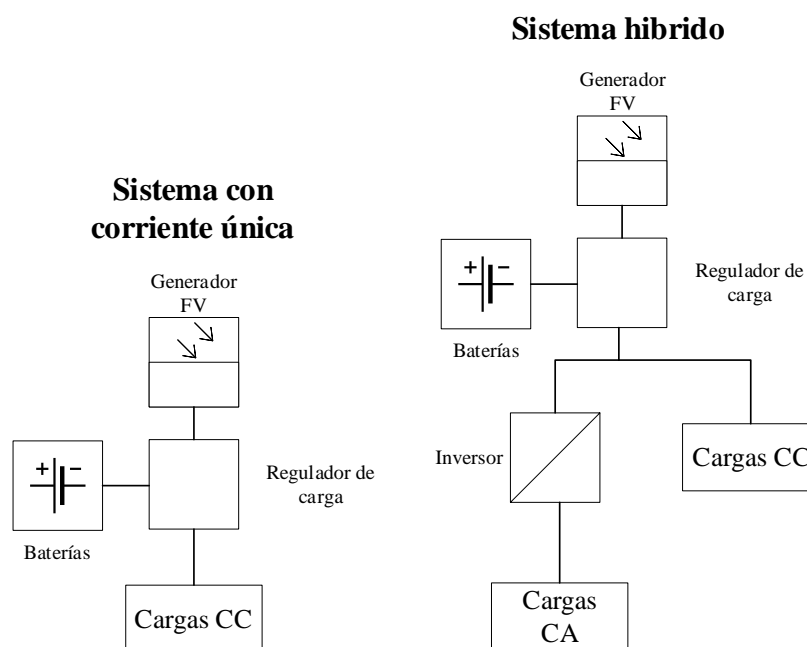


Figura 5: Tipos de sistemas de generación de energía fotovoltaica

Fuente: (Castejón & Santamaría, 2010)

Sistema de energía interconectado

En este tipo de sistemas la energía generada por los paneles solares o fuentes de energía renovable no es utilizada directamente para bastecer toda la demanda energética, normalmente este tipo de sistemas están destinados a suministrar energía a maquinarias que consumen poca carga eléctrica o a su vez alimenta la maquinaria de mayor consumo eléctrico, el sistema de energía formado por fuentes de energía renovable no puede suministrar de electricidad a los aparatos que estén conectados a la red eléctrica impidiendo el consumo simultaneo de estos (Diaz & Carmona, 2010).

Las empresas u hogares que utilizan este tipo de sistemas deben en primera instancia contabilizar el consumo eléctrico de los aparatos por día, de igual forma un sistema de medición de energía eléctrica puede facilitar la contabilización de ellos kWh consumidos, si bien es cierto que en algunos países este tipo de sistemas (generación aislada y conexión a la red eléctrica) no están permitidos se espera que en los próximos años se legalice a nivel global los sistemas interconectados (Castejón & Santamaría, 2010).

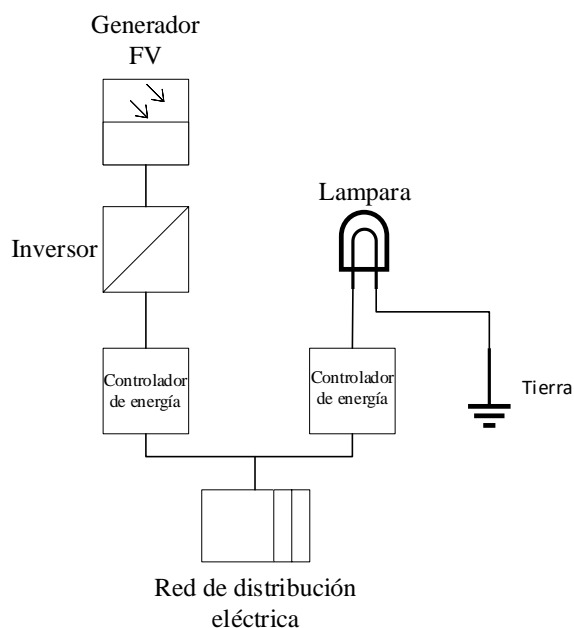


Figura 6: Sistema fotovoltaico para conexión a la red

Fuente: (Castejón & Santamaría, 2010)

En la actualidad los sistemas interconectados han ido desarrollándose de forma veloz, siendo las instalaciones solares fotovoltaicas asistidas una de más eficientes en relación al costo de consumo eléctrico, estos sistemas se basan en la generación de energía durante el día aprovechando la radiación solar que llega a al planeta consumiendo de forma casi inmediata la electricidad producida, mientras que el sistema de almacenamiento se va se va cargando con la energía sobrante con el objetivo de poder aprovecharla en la noche (Villalva & Gazoli, 2012).

El sistema utiliza la conexión a la red eléctrica para abastecer los aparatos cuando las baterías llegan a la profundidad máxima de descarga o cuando la demanda de energía aumenta de forma espontánea, de igual forma es necesario señalar que el sistema debe contar con medios que impidan el consumo paralelo de la red eléctrica y el sistema fotovoltaico evitando daños en la maquinaria o aparatos que estén conectados al sistema (Oliva Merencio et al., 2018).

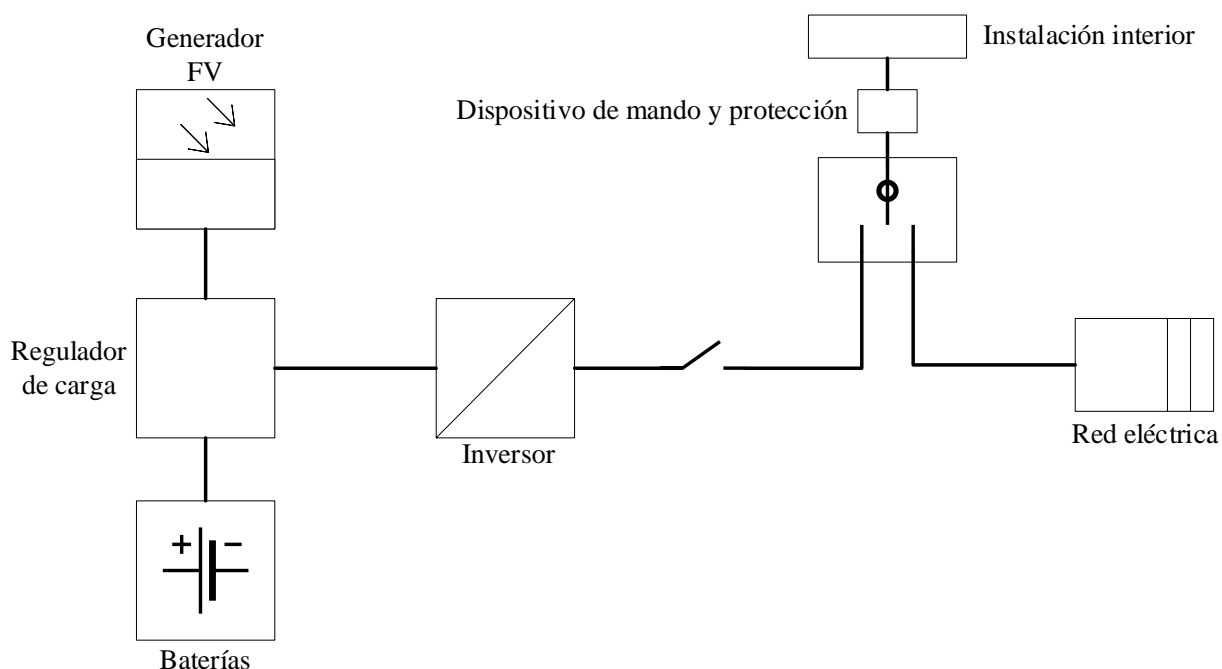


Figura 7: Sistema de una instalación fotovoltaica asistida

Fuente: (Mascarós Mateo, 2016)

Capítulo 2

Metodología

Para la elaboración de la presente investigación se han utilizado diversas técnicas para la recolección de información, como entrevistas a profesionales del tema, una revisión exhaustiva de la literatura, observaciones propias del entorno y un análisis de los documentos e investigaciones gubernamentales que se encuentran en la web. Todo mencionado hasta ahora forma parte del primer paso en la investigación donde la información recolectada es calificada en fuentes primaria y secundarias con el objetivo de integrar los conceptos y resultados más importantes sobre el tema.

Los cálculos realizados en la propuesta de investigación son el resultado de la recolección de datos y análisis del entorno, este sería el segundo paso donde se espera dimensionar un sistema fotovoltaico a partir de tres situaciones diferentes, es necesario para ello prever cualquier anomalía que pudiera afectar los resultados previstos para la propuesta de solución. Los costos de implementación y la rentabilidad que genere cada propuesta de solución forman parte del tercer paso donde se observara cuál de los sistemas propuestos garantice la mejor rentabilidad y factibilidad a la empresa, así como también un flujo rápido de retorno de la inversión inicial.

El sistema será seleccionado de acuerdo a los resultados del análisis financiero, siendo este el cuarto paso en la investigación donde se tomarán en cuenta varios factores como el presupuesto inicial, el flujo anual de retorno, la rentabilidad y los beneficios que el sistema podría generar en la empresa, la utilización de un método para facilitar el análisis de las propuestas podría ser fundamental al momento de escoger la mejor opción que se ajuste a la realidad de la Pyme.

Capítulo 3

Propuesta de solución

La empresa artesanal dedicada a la producción de chocolate se encuentra en el sector de la parroquia Roberto Astudillo ubicada al suroeste de la cabecera cantonal de Milagro, la extensión territorial de la empresa es de 40000 metros cuadrados de los cuales el 90% es utilizada con fines agrícolas, la empresa se caracteriza por la calidad de sus productos a base de cacao, así como también por sus procesos innovadores en la elaboración de sus productos.

Limpieza de los granos de cacao

Una vez que la materia prima haya sido recolectada e inspeccionada es llevada al proceso de limpieza en la cual una turbina de aire se encargara de eliminar los elementos extraños como piedras, pequeños trozos de madera, las mismas cascara del mismo cacao entre otros, que se pudieron haber filtrado en la recolección del grano.

Equipo	Características	Potencia de consumo	Horas de uso	Energía de consumo
Separador de piedras e impurezas	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo BEAN CLEANER 200 • Capacidad de producción de 200 kg sobre hora. • Dimensiones (mm) 850x650x850 	0.45 kW	11 horas	4.95 kWh

Tabla 2: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de limpieza

Fuente: Elaboración propia

Tostado del grano de cacao

Una vez limpio el grano de cacao, se traslada al proceso de tostado donde los granos ingresan a un contenedor cilíndrico el cual inyectara aire mediante una turbina y se calentara por un sistema eléctrico, con el objetivo de separar la cascara de la superficie de la almendra de cacao y en el siguiente proceso separar de forma eficiente estos dos componentes.

Equipo	Características	Potencia de consumo	Horas de uso	Energía de consumo
Tostadora de grano de cacao	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo AS-10 • Capacidad de producción de 460 kg sobre hora. • El rango de voltaje es de 220 o 380. 	3.72 kW	11 horas	40.92 kWh

Tabla 3: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de tostado

Fuente: Elaboración propia

Separación de la cascara con el grano de cacao

En este proceso se realiza la separación de la cascara de las almendras de cacao mediante la utilización de una descascarilladora con el objetivo de evitar darle un sabor amargo al chocolate y que este no se contamine o deje partículas ásperas en el producto final, quedando solo el interior de los granos o también conocidos como almendras de cacao los cuales pasaran al siguiente proceso.

Equipo	Características	Potencia de consumo	Horas de uso	Energía de consumo
Descascarilladora de cacao	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo WINDCRAKER 202 • Capacidad de 200 kg sobre hora. • Dimensiones (mm) 1800x1000x1670 	5.25 kW	11 horas al día	57.75 kWh

Tabla 4: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de separación de la cascara

Fuente: Elaboración propia

Molienda del grano de cacao

En el proceso de molienda, la almendra de cacao ya descascarillada pasa por un molino industrial el cual estará compuesto por un motor eléctrico que dará movimiento al sistema con el objetivo de convertir la almendra de cacao en un polvo grueso, este proceso se repetirá tres veces para refinar el polvo y convertirlo en una pasta grumosa mediante la fricción y la presión de los rodillos en el molino.

Equipo	Características	Potencia de consumo	Horas de uso	Energía de consumo
Molino de grano de cacao	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo INOX-2 • Capacidad de producción de 250 kg sobre hora. • El rango de voltaje es de 220 o 380. 	5.59 kW	11 horas	61.49 kWh

Tabla 5: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de molienda

Fuente: Elaboración propia

Refinado de la pasta de cacao

El proceso de refinado consiste en moler la pasta de cacao obtenida en el proceso de molienda con el objetivo de obtener una pasta líquida, este proceso se lo realiza mediante un molino eléctrico que ejerce una presión superior al del proceso anterior.

Equipo	Características	Potencia de consumo	Horas de uso	Energía de consumo
Molino refinador de cacao	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo MOLROD 500 • Capacidad de producción de 250 kg sobre hora. • El rango de voltaje es de 220 o 380. 	3.72 kW	11 horas	40.92 kWh

Tabla 6: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de refinado de la pasta

Fuente: Elaboración propia

Mezclado de la pasta de cacao con otros componentes

El proceso del mezclado consiste en la combinación de sabores agregándole en la pasta del cacao refinada para obtener una homogenización en sus ingredientes usados como manteca de cacao, azúcar, licor de cacao y leche en polvo obteniendo el chocolate en líquido.

Equipo	Características	Potencia de consumo	Horas de uso	Energía de consumo
Mezcladora	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo CHOCOMIXER 500 • Capacidad de 227 kg sobre hora. 	7.5 kW	11 horas	82.5 kWh

	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones (mm) 2000x900x1250 			
--	--	--	--	--

Tabla 7: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de mezclado

Fuente: Elaboración propia

Moldeado del chocolate líquido

En este proceso ingresa el chocolate líquido para colocarlos en molde ya sea metálico o plásticos de manera uniforme y constante a través de unas boquillas, con el objetivo de dar forma al chocolate y limpia los excesos con espátula, el molde se rellena teniendo en cuenta el peso específico que se requiere en el producto.

Enfriamiento del chocolate moldeado

Una vez los moldes estén llenos de chocolate, son trasladados a una cámara de refrigeración la cual está a una temperatura 24 grados centígrados para endurecer el chocolate y tome la forma del molde, este proceso como ya se mencionó se lo realiza mediante la climatización de una cámara que estará todo el tiempo controlada.

Equipo	Características	Potencia de consumo	Horas de uso	Energía de consumo
Cámara de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo ZS-2F 10 • Capacidad de producción de 120 kg sobre hora. • Dimensión: 11000×1600×2000m m 	14.7 kW	11 horas	161.7 kWh

Tabla 8: Energía consumida por la maquinaria en el proceso de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia

Empaquetado y encajado del chocolate

El empaquete del chocolate se realiza mediante la intervención de personas, las cuales ingresan el chocolate enfriado y moldeado a empaques de plástico de forma manual, una vez llenos los empaques serán puestos en una caja que solo contendrá 20 paquetes con el fin de evitar que el producto sufra deformaciones por el peso u otra variable externa.

Consumo energético total de la Pyme

El consumo energético total de una empresa es la cantidad de energía eléctrica que esta consume con respecto a la unidad de tiempo que se esté utilizando, para el cálculo del consumo energético total se debe realizar una sumatoria del consumo eléctrico que tiene cada proceso en la empresa, las unidades de medición del consumo en cada proceso deben ser las mismas para evitar errores de cálculo.

Proceso productivo	Consumo eléctrico en kWh
Limpieza de los granos de cacao	4.95 kWh
Tostado del grano de cacao	40.92 kWh
Separación de la cascara del grano de cacao	57.75 kWh
Molienda del grano de cacao	61.49 kWh
Refinado de la pasta de cacao	40.92 kWh
Mezclado de la pasta de cacao	82.50 kWh
Moldeado del chocolate liquido	0 kWh
Enfriamiento del chocolate moldeado	161.70 kWh
Empaquetado y encajado del chocolate	0 kWh
Total del consumo energético	450.23 kWh

Tabla 9: Consumo energético total de la Pyme

Fuente: Elaboración propia

Costo del consumo energético total de la Pyme

El costo del kWh puede variar de acuerdo al continente, país o región en donde se encuentre la empresa, en Ecuador el costo del kWh está dado por el tipo de actividad para la que se requiere la energía eléctrica y el nivel de voltaje requerido, en las empresas artesanales el costo del kWh está entre 0,073 y 0,089 dólares americanos (Arconel, 2019).

Consumo energético de la Pyme por día	Costo del consumo por día
450.23 kWh	40,070 \$
Consumo energético de la Pyme por mes	Costo del consumo por mes
13506.9 kWh	1202,11 \$
Consumo energético de la Pyme por año	Costo del consumo por año
162082.8 kWh	14425,37 \$

Tabla 10: Costo del consumo energético por día, mes y año

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de radiación solar permisible en el entorno de la Pyme

La radiación solar son ondas electromagnéticas las cuales no dependen de ningún medio para su propagación, la radiación se la mide en Wh por unidad de área (m²) y la cantidad de radiación depende de la estación climática de cada país.

Meses del año	Cantidad de radiación
Enero	3875 Wh/m ² /día
Febrero	4050 Wh/m ² /día
Marzo	4400 Wh/m ² /día
Abril	4400 Wh/m ² /día
Mayo	4275 Wh/m ² /día
Junio	3875 Wh/m ² /día
Julio	4400 Wh/m ² /día
Agosto	4575 Wh/m ² /día
Septiembre	4925 Wh/m ² /día
Octubre	4400 Wh/m ² /día

Noviembre	4575 Wh/m ² /día
Diciembre	4400 Wh/m ² /día

Tabla 11: Cantidad de radiación permisible por mes

Fuente: (Conelec, 2008)

Análisis de la radiación solar en el entorno de la Pyme

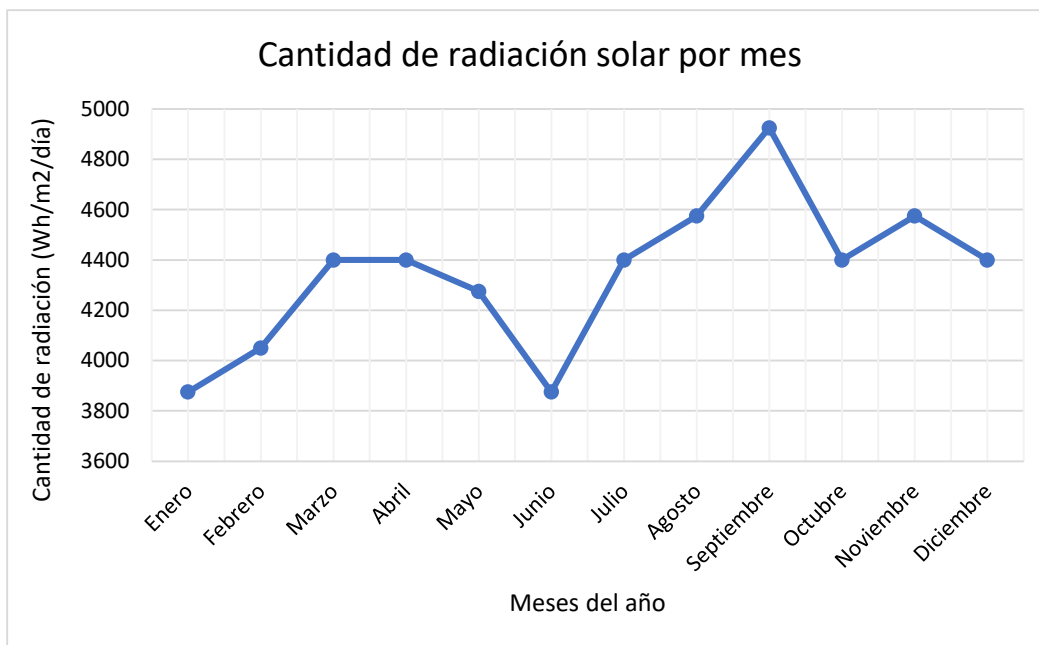


Gráfico 4: Cantidad de radiación solar por mes

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el gráfico (3) el mes con más radiación solar es Septiembre con 4925 Wh/m²/día, mientras que los meses con menor radiación solar son Enero y Junio con 3875 Wh/m²/día por lo cual se calculara la hora solar pico con el valor de los meses de Enero y Junio ya que estos son los meses con menor radiación solar.

$$\text{Hora solar pico} = \text{Mes de menor radiación solar} / 1000$$

$$\text{Hora solar pico} = \frac{3875 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$\text{Hora solar pico} = 3.875 \text{ horas}$$

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico de energía directa

Para dimensionar un sistema fotovoltaico hay que tomar en cuenta la cantidad de energía que se debe generar por día para satisfacer la demanda de la empresa, para ello se calculará el número de paneles aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Numero de paneles} = \frac{Lmd * (1 + Fc)}{HSP * P * PR}$$

Donde Lmd es la carga media diaria (450.23 kWh), Fc el factor de seguridad que va desde un 20% a un 30%, HSP que es la hora solar pico (3.875 horas), P la potencia del panel (400W) y PR el rendimiento global del sistema que va de 0.75 a 0.9.

$$450.23 \text{ kWh} = 450230 \text{ Wh}$$

$$\frac{450230 \text{ Wh} * (1 + 0.3)}{3.875 \text{ h} * 400 \text{ W} * 0.85} = 444.25 \text{ paneles}$$

Al realizar las operaciones obtuvimos como resultado 444.25 paneles que al redondear obtenemos la cantidad de 444 paneles solares que serán utilizados en el sistema. Para una mejor eficiencia de los paneles es necesario calcular la inclinación en que estos deben de estar, para ello utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Inclinación optima} = 3.7 * 0.69 * \text{latitud}$$

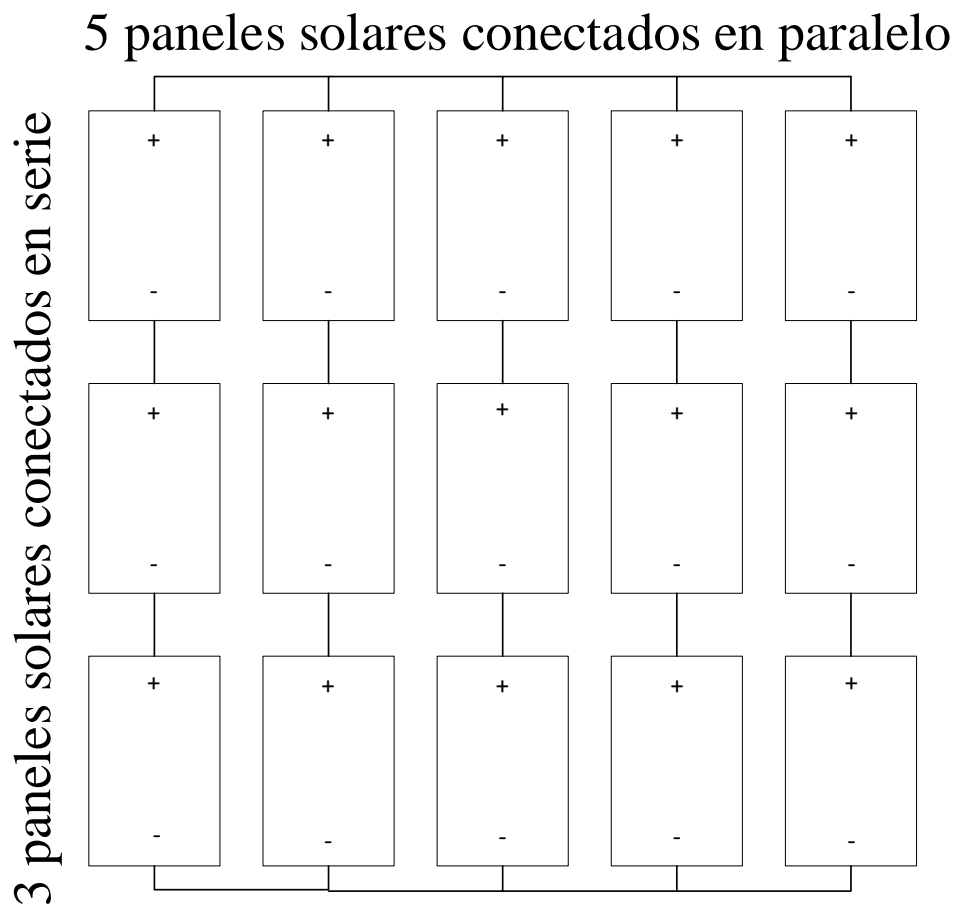
$$\text{Inclinación optima en Ecuador} = 0$$

Como el Ecuador está ubicado en la línea Ecuatorial la latitud es igual a cero, sin embargo, para prolongar la vida útil de los paneles se los inclinara entre 10 a 15 grados con el objetivo de que la suciedad y el polvo no se solidifiquen en las celdas fotovoltaicas. Una vez obtenido el ángulo de inclinación de los paneles se procederá a configurar el arreglo de los paneles tanto en serie como en paralelo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Numero de paneles en serie} = \frac{\text{Voltaje demandado}}{\text{Voltaje del panel}}$$

$$\frac{150 \text{ voltios}}{41.15 \text{ voltios}} = 3.64 \text{ paneles en serie}$$

Al realizar el cálculo obtuvimos como resultado 3 paneles en serie por lo tanto la cantidad de paneles en paralelo será de 6 y para satisfacer la demanda eléctrica calculada en la ecuación anterior se trabajará con 30 de los arreglos mostrados en el gráfico 5.



Gráfica 5: Arreglo configurado del sistema fotovoltaico de energía directa

Fuente: Elaboración propia

Para la elección del regulador que se utilizara en el sistema se utilizara la siguiente ecuación:

$$\text{Regulador} = \text{salida de amperaje del sistema} * 1.25$$

Cada panel genera 9.73 amperios que al multiplicarlos por la cantidad de paneles ubicados en paralelo da como resultado 48.65 amperios, reemplazando en la ecuación se tiene lo siguiente:

$$48.65 A * 1.2 = 58.38 \text{ Amperio}$$

Por lo tanto, el regulador de carga solar seleccionado debe de ser de tipo MPPT a 60 amperios y 150 voltios. Para el caso del inversor se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{Inversor} = \text{Potencia total} * 1.5 \text{ (factor de seguridad)}$$

La potencia total se la obtiene al sumar la potencia de consumo de toda la empresa dando como resultado 40930 W de potencia total, al reemplazar en la ecuación se tiene lo siguiente:

$$40930W * 1.5 = 61395W$$

En este caso se debe utilizar 7 inversores de onda senoidal a 9000W con la capacidad de convertir de 150 voltios de corriente continua a 220 voltios de corriente alterna, con el objetivo de satisfacer el consumo total de la empresa.

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico de energía conectado a la red eléctrica

En los sistemas fotovoltaicos de energía conectados a la red se debe recalcular el número de paneles ya que debe generar un cierto porcentaje de energía a diferencia de los sistemas de energía directa que generan el 100% de la potencia demandada, para saber el número de paneles a utilizar en el sistema se utilizara la siguiente ecuación:

$$\text{Numero de paneles} = \frac{\text{consumo de energia} * \% \text{ de ahorro}}{\text{potencia} * \text{HSP}}$$

Donde el porcentaje de ahorro se lo debe establecer de acuerdo a la necesidad que se tenga dentro la empresa, este puede ir desde el 90% hasta el 10% que será cubierto únicamente por el sistema fotovoltaico mientras que el resto del porcentaje será suministrado por la red eléctrica, al reemplazar los datos en la ecuación se obtendrá lo siguiente:

$$\frac{450230 \text{ Wh} * 0.5}{400 \text{ W} * 3.875 \text{ h}} = 145.23 \text{ paneles}$$

El ángulo de inclinación al igual que en el caso anterior debe estar entre 10 y 15 grados para evitar la solidificación de la suciedad y el polvo, mientras que el arreglo será igual al ya visto en la el grafico 5 teniendo como diferencia la cantidad de arreglos que se deberán implementar que para esta ocasión serán de 10 arreglos generando una potencia de 60000 W, cabe indicar que para este caso se utilizó un porcentaje de ahorro del 50%.

Como el arreglo que se utilizara del sistema fotovoltaico es el mismo que en caso anterior, el regulador de carga solar será el mismo siendo un MPPT a 60 amperios y 150 voltios, para el caso del inversor se tendrá que recalcular la potencia que tendrá que satisfacer el sistema fotovoltaico utilizando la misma fórmula que en el sistema directo de energía:

$$\text{Inversor} = \text{Potencia total} * 1.5(\text{factor de seguridad})$$

$$20465 * 1.5 = 30697.5 \text{ W}$$

Una vez realizado el cálculo, se determinó que para este sistema fotovoltaico conectado a la red se necesitan 6 inversores de 5000 W con la capacidad de convertir de 150 voltios de corriente continua a 220 voltios de corriente alterna.

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico de energía con almacenamiento conectado a la red eléctrica.

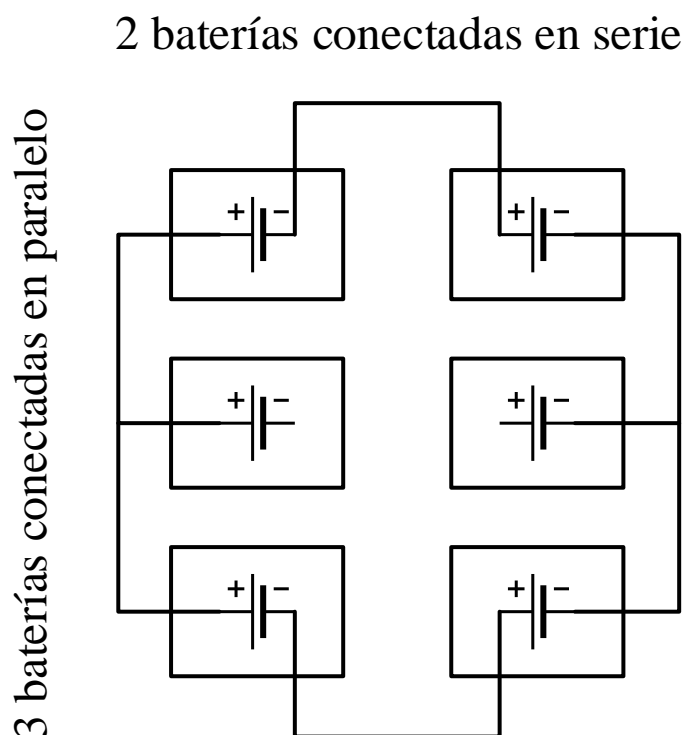
Asumiendo los cálculos del caso anterior en el sistema conectado a la red eléctrica, se procederá a realizar el dimensionamiento del sistema de almacenamiento de energía de la red fotovoltaica utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad de baterias} = \frac{\text{energia de consumo} * 1.3}{\text{capacidad bateria (Wh)} * \text{profundidad de descarga} * 0.9}$$

Reemplazando los datos en la ecuación se tiene el siguiente resultado:

$$\frac{225115 \text{ Wh} * 1.3}{9600 \text{ Wh} * 0.8 * 0.9} = 42.34 \text{ baterias}$$

Cabe señalar que al momento de calcular la cantidad de baterías que se utilizara en sistema se debe tener en cuenta una configuración de la posición ya sean en serie o en paralelo para que coincida el voltaje de los paneles con el del almacenamiento prolongando la vida útil de las baterías, en el grafico 6 se muestra la configuración óptima para un rendimiento eficiente del sistema.



Gráfica 6: Arreglo configurado del sistema de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia

Entre las características más relevantes del sistema realizado se tiene un flujo de corriente de 96 voltios ya que cada batería es de 48 voltios, la capacidad de almacenamiento es de 200 amperios por batería y en el sistema general la capacidad aumenta a 600 amperios, para satisfacer la capacidad de almacenamiento calculado mediante la ecuación anterior se deben generar 7 de estos sistemas haciendo un total de 42 baterías y una capacidad de almacenamiento de 403200 W.

Capítulo 4

Resultados (análisis de financiero de la propuesta)

Antes de implementar la propuesta se debe realizar en primera instancia un análisis financiero para conocer la rentabilidad y factibilidad que se puede generar en un determinado tiempo, para ello se identificará los costos fijos y costos variables que intervengan en la instalación eh implementación del sistema como se muestra en las siguientes tablas.

COSTOS FIJOS (primer caso)			
N°	MATERIAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
450	Paneles solares	\$ 480,00	\$ 216.000,00
30	Regulador de carga solar	\$ 125,00	\$ 3.750,00
7	Inversor de energía de 9000 W	\$ 898,00	\$ 6.286,00
450	Soporte de paneles solares	\$ 26,00	\$ 11.700,00
900	Conectores de MC4	\$ 0,75	\$ 675,00
90	Repartidores de corriente	\$ 20,00	\$ 1.800,00
4	Cable de 6 mm	\$ 116,00	\$ 464,00
6	Cable de 8 mm	\$ 164,00	\$ 984,00
2	Profesionales	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00
10	Trabajadores técnicos	\$ 600,00	\$ 6.000,00
1000	Metro cuadrado	\$ 160,00	\$ 160.000,00
TOTAL			\$ 409.659,00

Tabla 12: Costos fijos en la implementación del sistema fotovoltaico de energía directa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se observa los costos en materiales y mano de obra para la implementación del primer caso de la propuesta donde la empresa genera el 100% de la energía demanda mediante el sistema fotovoltaico.

COSTOS VARIABLES (segundo caso)	
DATOS	PRECIO TOTAL POR AÑO
Cambio de piezas	\$ 120,00
Mantenimiento	\$ 4.096,59
TOTAL	\$ 4.216,59

Tabla 13: Costos variables en la implementación del sistema fotovoltaico de energía directa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestran las actividades que forman los costos variables por año del primer caso de la propuesta teniendo un total de 4216,59 dólares los cuales están repartidos en mantenimiento del sistema y en reemplazo de piezas. Una vez determinado los costos se realizará una tabla general donde se presentarán los flujos de capital actualizados y no actualizados del proyecto, de igual forma se calcula el valor actual neto (VAN) de cada año.

En la tabla 14 se puede observar que el flujo de caja en el primer año es negativo, esto se debe a la inversión inicial, mientras que el resto de años el flujo es positivo por los ingresos provenientes del ahorro energético generado en la empresa, no obstante, al analizar los resultados obtenidos del cálculo del valor actual neto se puede determinar que la factibilidad del proyecto es nula y que esta no genera rentabilidad a la empresa. El análisis realizado se sustenta en la columna de ganancias de la tabla 14 donde se muestra que en los 30 años de vida útil que tiene el sistema fotovoltaico los ingresos de la empresa son negativos ya que la inversión inicial es demasiado alta y en comparación a lo que genera el flujo de caja en dicho tiempo.

Año	Potencia producida (kWh)	Cambio de piezas	Mantenimiento	Flujo de caja no actualizado	Ganancias	Flujo de caja actualizado	Valor actual neto (VAN)
1	162082,80	120,00	4096,59	-399450,22	-399450,22	-399925,23	-399925,23
2	161272,39	120,00	4096,59	10136,65	-389313,57	9215,29	-390709,93
3	160466,02	120,00	4096,59	10064,89	-379248,68	8724,30	-381985,63
4	159663,69	120,00	4096,59	9993,48	-369255,20	8259,35	-373726,28
5	158865,38	120,00	4096,59	9922,43	-359332,78	7819,06	-365907,22
6	158071,05	120,00	4096,59	9851,73	-349481,04	7402,13	-358505,09
7	157280,69	120,00	4096,59	9781,39	-339699,65	7007,32	-351497,77
8	156494,29	120,00	4096,59	9711,40	-329988,25	6633,47	-344864,30
9	155711,82	120,00	4096,59	9641,76	-320346,49	6279,46	-338584,84
10	154933,26	120,00	4096,59	9572,47	-310774,02	5944,25	-332640,59
11	154158,59	120,00	4096,59	9503,52	-301270,49	5626,85	-327013,74
12	153387,80	120,00	4096,59	9434,92	-291835,57	5326,31	-321687,44
13	152620,86	120,00	4096,59	9366,67	-282468,90	5041,74	-316645,70
14	151857,76	120,00	4096,59	9298,75	-273170,15	4772,29	-311873,41
15	151098,47	120,00	4096,59	9231,17	-263938,98	4517,17	-307356,23

16	150342,98	120,00	4096,59	9163,93	-254775,04	4275,62	-303080,61
17	149591,26	120,00	4096,59	9097,03	-245678,01	4046,92	-299033,70
18	148843,30	120,00	4096,59	9030,46	-236647,55	3830,38	-295203,32
19	148099,09	120,00	4096,59	8964,23	-227683,32	3625,37	-291577,95
20	147358,59	120,00	4096,59	8898,32	-218784,99	3431,27	-288146,68
21	146621,80	120,00	4096,59	8832,75	-209952,24	3247,50	-284899,18
22	145888,69	120,00	4096,59	8767,50	-201184,74	3073,53	-281825,65
23	145159,25	120,00	4096,59	8702,58	-192482,16	2908,82	-278916,83
24	144433,45	120,00	4096,59	8637,99	-183844,17	2752,89	-276163,94
25	143711,28	120,00	4096,59	8573,71	-175270,45	2605,27	-273558,68
26	142992,73	120,00	4096,59	8509,76	-166760,69	2465,52	-271093,16
27	142277,76	120,00	4096,59	8446,13	-158314,56	2333,22	-268759,94
28	141566,37	120,00	4096,59	8382,82	-149931,74	2207,98	-266551,96
29	140858,54	120,00	4096,59	8319,82	-141611,92	2089,42	-264462,54
30	140154,25	120,00	4096,59	8257,14	-133354,78	1977,19	-262485,35

Tabla 14: Análisis financiero (primer caso)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se muestra el valor calculado de la tasa interna de retorno la cual para ser tomada como una inversión conveniente debe ser mayor al valor del coste de capital, sin embargo el valor del coste de capital es de 4,88% mientras que el valor del TIR es de -2% lo cual quiere decir que la inversión no es conveniente para la empresa y que el plazo para recuperar la inversión inicial es 42 años, este plazo es mayor a la estimación de la vida útil del sistema que la empresa desea implementar.

Tasa interna de retorno (TIR)	-2%
Plazo de recuperación	42,09

Tabla 15: Análisis del TIR (primer caso)

Fuente: Elaboración propia

Para el segundo caso de igual forma se realizarán las tablas de costos fijos y variables.

COSTOS FIJOS (segundo caso)			
N°	MATERIAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
150	Paneles solares	\$ 480,00	\$ 72.000,00
10	Regulador de carga solar	\$ 125,00	\$ 1.250,00
6	Inversor de energía de 9000 W	\$ 898,00	\$ 5.388,00
150	Soporte de paneles solares	\$ 26,00	\$ 3.900,00
300	Conectores de mc4	\$ 0,75	\$ 225,00
30	Repartidores de corriente	\$ 20,00	\$ 600,00
3	Cable de 6 mm	\$ 116,00	\$ 348,00
4	Cable de 8 mm	\$ 164,00	\$ 656,00
2	Profesionales	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00
6	Trabajadores técnicos	\$ 600,00	\$ 3.600,00

400	Metro cuadrado	\$ 160,00	\$ 64.000,00
TOTAL			\$ 153.967,00

Tabla 16: Costos fijos en la implementación del sistema fotovoltaico de energía conectado a la red eléctrica

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se muestran los costos fijos del segundo caso de la propuesta, se puede observar que el total de los costos del segundo caso es menor a los costos del primer caso, esto se debe a que el sistema al estar conectado a la red eléctrica debe de suministrar una cantidad menor de energía reflejando una cantidad menor de paneles y de materiales que se deben comprar para la implementación del sistema.

COSTOS VARIABLES (segundo caso)	
DATOS	PRECIO TOTAL POR AÑO
Cambio de piezas	\$ 120,00
Mantenimiento	\$ 1.539,67
TOTAL	\$ 1.659,67

Tabla 17: Costos variables en la implementación del sistema fotovoltaico de energía conectado a la red eléctrica

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculados los costos variables que se muestran en la tabla 17, se procederá a realizar el análisis financiero mediante los resultados obtenidos en la tabla 18 donde se presentan los flujos de caja y el valor actual neto (VAN), a diferencia del primer caso los resultados del valor actual neto en un plazo de 30 años mostrados en la tabla 18 figura un retorno de 187023,22 dólares en el tiempo estimado de vida útil que tiene el sistema fotovoltaico, de igual forma al revisar la columna de las ganancias se puede observar que los valores son negativos hasta el año 12 lo que quiere decir que el flujo de caja cubriría en dicho año la totalidad la inversión inicial. Es necesario señalar que la inversión para este caso es factible y a la vez rentable para la empresa.

Año	Potencia producida (kWh)	Cambio de piezas	Mantenimiento	Flujo de caja no actualizado	Ganancias	Flujo de caja actualizado	Valor actual neto (VAN)
1	162082,80	120,00	1539,67	-141201,30	-141201,30	-141795,28	-141795,28
2	161272,39	120,00	1539,67	12693,57	-128507,73	11539,81	-130255,47
3	160466,02	120,00	1539,67	12621,81	-115885,92	10940,66	-119314,82
4	159663,69	120,00	1539,67	12550,40	-103335,52	10372,58	-108942,24
5	158865,38	120,00	1539,67	12479,35	-90856,18	9833,96	-99108,27
6	158071,05	120,00	1539,67	12408,65	-78447,52	9323,28	-89785,00
7	157280,69	120,00	1539,67	12338,31	-66109,21	8839,08	-80945,92
8	156494,29	120,00	1539,67	12268,32	-53840,89	8379,99	-72565,92
9	155711,82	120,00	1539,67	12198,68	-41642,21	7944,72	-64621,20
10	154933,26	120,00	1539,67	12129,39	-29512,82	7532,03	-57089,17
11	154158,59	120,00	1539,67	12060,44	-17452,37	7140,75	-49948,42
12	153387,80	120,00	1539,67	11991,84	-5460,53	6769,77	-43178,65
13	152620,86	120,00	1539,67	11923,59	6463,06	6418,04	-36760,61
14	151857,76	120,00	1539,67	11855,67	18318,73	6084,55	-30676,06
15	151098,47	120,00	1539,67	11788,09	30106,82	5768,37	-24907,69

16	150342,98	120,00	1539,67	11720,85	41827,68	5468,60	-19439,08
17	149591,26	120,00	1539,67	11653,95	53481,63	5184,39	-14254,69
18	148843,30	120,00	1539,67	11587,38	65069,01	4914,93	-9339,77
19	148099,09	120,00	1539,67	11521,15	76590,16	4659,45	-4680,31
20	147358,59	120,00	1539,67	11455,24	88045,41	4417,24	-263,08
21	146621,80	120,00	1539,67	11389,67	99435,08	4187,60	3924,52
22	145888,69	120,00	1539,67	11324,42	110759,50	3969,88	7894,40
23	145159,25	120,00	1539,67	11259,50	122019,00	3763,46	11657,86
24	144433,45	120,00	1539,67	11194,91	133213,91	3567,76	15225,63
25	143711,28	120,00	1539,67	11130,63	144344,55	3382,23	18607,86
26	142992,73	120,00	1539,67	11066,68	155411,23	3206,33	21814,18
27	142277,76	120,00	1539,67	11003,05	166414,28	3039,56	24853,74
28	141566,37	120,00	1539,67	10939,74	177354,02	2881,46	27735,20
29	140858,54	120,00	1539,67	10876,74	188230,76	2731,56	30466,76
30	140154,25	120,00	1539,67	10814,06	199044,82	2589,45	33056,22

Tabla 18: Análisis financiero (segundo caso)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se muestra el valor calculado de la tasa interna de retorno la cual para ser tomada como una inversión conveniente debe ser mayor al valor del coste de capital, en esta ocasión el valor del TIR es del 7% el cual es mayor al valor del coste del capital que es de 4,88% lo que determina que la inversión es conveniente para la empresa y que el plazo para recuperar la inversión inicial es de 13 años.

Tasa interna de retorno (TIR)	7%
Plazo de recuperación	13

Tabla 19: Análisis del TIR (segundo caso)

Fuente: Elaboración propia

En el tercer caso de la propuesta se utilizarán los mismos datos que en el segundo caso, sin embargo, se sumara a los costos fijos un sistema de almacenamiento para suministrar energía a la empresa cuando la cantidad de radiación solar disminuya o por las noches junto a la red eléctrica, en las siguientes tablas se puede observar los costos fijos y variables del tercer caso.

COSTOS FIJOS (tercer caso)			
N°	MATERIAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
150	Paneles solares	\$ 480,00	\$ 72.000,00
10	Regulador de carga solar	\$ 125,00	\$ 1.250,00
6	Inversor de energía de 9000 W	\$ 898,00	\$ 5.388,00
150	Soporte de paneles solares	\$ 26,00	\$ 3.900,00
300	Conectores de mc4	\$ 0,75	\$ 225,00
30	Repartidores de corriente	\$ 20,00	\$ 600,00
3	Cable de 6 mm	\$ 116,00	\$ 348,00
4	Cable de 8 mm	\$ 164,00	\$ 656,00

2	Profesionales	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00
6	Trabajadores técnicos	\$ 600,00	\$ 3.600,00
400	Metro cuadrado	\$ 160,00	\$ 64.000,00
TOTAL			\$ 153.967,00

Tabla 20: Costos fijos en la implementación del sistema fotovoltaico de energía con almacenamiento conectado a la red eléctrica

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se muestran los costos fijos que al sumarlos se obtiene un total de 153967 dólares, este valor se tomara más adelante como la inversión inicial para calcular la rentabilidad del tercer caso. Parte del dinero del mantenimiento en el sistema fotovoltaico que se muestra en la tabla 21 es obtenido a partir del total reflejado en la tabla 20 en la cual se observan la inversión inicial.

COSTOS VARIABLES (tercer caso)	
DATOS	PRECIO TOTAL POR AÑO
Cambio de piezas	\$ 120,00
Mantenimiento	\$ 1.539,67
TOTAL	\$ 1.659,67

Tabla 21: Costos variables en la implementación del sistema fotovoltaico de energía con almacenamiento conectado

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 del análisis financiero del tercer caso se observa que el valor actual neto (VAN) es positivo al evaluarlo en los 30 años de vida útil que tiene el sistema, retornando un valor de 183423.08 dólares lo cual indica que el proyecto en este caso es factible y a la vez rentable para la empresa, de igual manera en la columna de las ganancias se puede observar que el flujo de caja cubriría toda la inversión inicial que la empresa debe financiar a los 14 años de haber implementado el sistema fotovoltaico.

Año	Potencia producida (kWh)	Cambio de piezas	Mantenimiento	Flujo de caja no actualizado	Ganancias	Flujo de caja actualizado	Valor actual neto (VAN)
1	162082,80	120,00	1770,67	-164532,30	-164532,30	-165115,53	-165115,53
2	161272,39	120,00	1770,67	12462,57	-152069,73	11329,80	-153785,73
3	160466,02	120,00	1770,67	12390,81	-139678,92	10740,43	-143045,30
4	159663,69	120,00	1770,67	12319,40	-127359,52	10181,66	-132863,64
5	158865,38	120,00	1770,67	12248,35	-115111,18	9651,93	-123211,71
6	158071,05	120,00	1770,67	12177,65	-102933,52	9149,71	-114061,99
7	157280,69	120,00	1770,67	12107,31	-90826,21	8673,59	-105388,40
8	156494,29	120,00	1770,67	12037,32	-78788,89	8222,21	-97166,20
9	155711,82	120,00	1770,67	11967,68	-66821,21	7794,28	-89371,92
10	154933,26	120,00	1770,67	11898,39	-54922,82	7388,59	-81983,33
11	154158,59	120,00	1770,67	11829,44	-43093,37	7003,98	-74979,35
12	153387,80	120,00	1770,67	11760,84	-31332,53	6639,36	-68339,99
13	152620,86	120,00	1770,67	11692,59	-19639,94	6293,70	-62046,29
14	151857,76	120,00	1770,67	11624,67	-8015,27	5966,00	-56080,29
15	151098,47	120,00	1770,67	11557,09	3541,82	5655,34	-50424,96

16	150342,98	120,00	1770,67	11489,85	15031,68	5360,83	-45064,13
17	149591,26	120,00	1770,67	11422,95	26454,63	5081,63	-39982,50
18	148843,30	120,00	1770,67	11356,38	37811,01	4816,95	-35165,56
19	148099,09	120,00	1770,67	11290,15	49101,16	4566,03	-30599,53
20	147358,59	120,00	1770,67	11224,24	60325,41	4328,16	-26271,36
21	146621,80	120,00	1770,67	11158,67	71484,08	4102,67	-22168,70
22	145888,69	120,00	1770,67	11093,42	82577,50	3888,90	-18279,80
23	145159,25	120,00	1770,67	11028,50	93606,00	3686,25	-14593,55
24	144433,45	120,00	1770,67	10963,91	104569,91	3494,15	-11099,40
25	143711,28	120,00	1770,67	10899,63	115469,55	3312,04	-7787,37
26	142992,73	120,00	1770,67	10835,68	126305,23	3139,40	-4647,97
27	142277,76	120,00	1770,67	10772,05	137077,28	2975,75	-1672,22
28	141566,37	120,00	1770,67	10708,74	147786,02	2820,61	1148,39
29	140858,54	120,00	1770,67	10645,74	158431,76	2673,55	3821,94
30	140154,25	120,00	1770,67	10583,06	169014,82	2534,14	6356,08

Tabla 22: Análisis financiero (tercer caso)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 se muestra el valor calculado de la tasa interna de retorno la cual para ser tomada como una inversión conveniente debe ser mayor al valor del coste de capital, para el tercer caso el valor del TIR es del 5% el cual es mayor al valor del coste del capital que es de 4,88% lo que determina que la inversión es conveniente para la empresa y que el plazo para recuperar la inversión inicial es de 15 años.

Tasa interna de retorno (TIR)	5%
Plazo de recuperación	14,82

Tabla 23: Análisis del TIR (tercer caso)

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

En el levantamiento de datos del consumo eléctrico y del entorno de la pyme chocolatera, se logró determinar que el sistema a modelar para la generación de energía debía basarse en la captación de la radiación solar, siendo la opción más viable un sistema fotovoltaico el cual se estudió en tres situaciones diferentes para precisar el dimensionamiento del sistema evitando los costos excesivos de implementación y mantenimiento.

Al realizar el análisis financiero de los tres casos propuestos se concluyó que el sistema fotovoltaico de energía conectado a la red (segundo caso) es la opción más rentable y factible para la empresa, ya que los costos de implementación son bajos a comparación de los otros dos casos mostrados, de igual forma los cálculos realizados en el análisis financiero mostraron que la tasa interna de retorno (TIR) en el segundo caso de la propuesta es la más elevada y por ende la inversión inicial realizada por la empresa se recuperaría en un tiempo menor con respecto a los demás casos.

Con la implementación del sistema fotovoltaico de energía conectado a la red eléctrica se reducirían los costos del consumo energético a partir del treceavo año, de igual forma dicho sistema optimizaría otros costos como los de mantenimiento, ya que al regular la tensión de entrada se evitarían daños internos en el sistema eléctrico de las maquinarias extendiendo la vida útil de estas, de manera que los costos de producción de la pyme disminuirían considerablemente teniendo la oportunidad de entrar en un mercado más competitivo con una imagen eco-amigable.

Recomendaciones

Para una mejor exactitud en el cálculo de los materiales requeridos para la implementación del sistema, se recomienda estudiar el entorno de la empresa u objeto de estudio durante un año en el cual se deberá recolectar semanalmente datos sobre la cantidad de radiación solar que se puede captar en el sector destinado a la implementación del sistema.

Si la empresa no cuenta con la inversión inicial necesaria para la implementación de un sistema completo, se recomienda dimensionar un sistema fotovoltaico para la maquinaria de mayor consumo eléctrico, de igual forma también se debe realizar un estudio financiero evaluando la propuesta en un rango de 30 años para determinar la factibilidad y rentabilidad que puede llegar a generar la empresa.

Es necesario realizar el mantenimiento preventivo cada año para evitar la disminución de la eficiencia del sistema fotovoltaico, no obstante, se debe tener en consideración que componentes como el controlador eh inversor tienen un tiempo de vida útil menor a los paneles solares, por lo cual se debe revisar la guía del fabricante y cambiar el componente en el tiempo recomendado.

Bibliografía

- Altomonte, H., Coviello, M., & Lutz, W. (2003). Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y El Caribe. Restricciones y perspectivas. In *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*.
- Arconel. (2019). Pliego Tarifario Para Las Empresas Eléctricas de Distribución - Servicio Público de Energía Eléctrica. Periodo: Enero-Diciembre 2020. In *Resolución Nro. ARCONEL – 035/19*. https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/pliego_tarifario_del_spee_2020_resolucion_nro_035_19.pdf
- Barraza, W., Agudelo, D., Vergara, E., & Vélez, A. (2013). *Determinación de un modelo paramétrico para estimar la radiación solar*. 7, 11–17.
- Beyer, M. E. (2011). Del grano al Chocolate: la producción de una golosina mundial. *Revista Digital Universitaria*, 12(4), 3–9.
- Carrillo, G., Andrade, J., Barragán, A., & Astudillo, A. (2014). Impacto de programas de eficiencia energética eléctrica, estudio de caso: Empresas alimentarias en Cuenca, Ecuador. *DYNA (Colombia)*, 81(184), 41–48. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.40821>
- Castejón, A., & Santamaría, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas* (Editex).
- Cleri, C. (2007). *El libro de las Pymes* (p. 434).
- Conelec. (2008). Atlas solar del ecuador. *Conelec*, 1–51. http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf
- Díaz, T., & Carmona, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas* (McGraw-Hil).
- Gallegos, H. G. (2004). *Notas sobre radiación solar*.
- Gómez, G. B. (1998). Las Pyme y el desarrollo. In *Ingeniería Industrial* (Vol. 0, Issue 021, pp. 81–84). <https://doi.org/10.26439/ing.ind1998.n021.2559>
- Granados, O. M. (2017). El chocolate antes de la Gran Guerra: una perspectiva desde los sistemas abiertos. *Tiempo y Economía*, 4(2), 67–88. <https://doi.org/10.21789/24222704.1222>

- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). *Evolución de sector manufacturero ecuatoriano 2010-2013*.
- López, G. C. (2017). Cambio climático, energía solar y disputas comerciales. *Revista Mexicana de Estudios Sobre La Cuenca Del Pacífico*, 11(21), 7–26. www.portesasiapacifico.com.mx,
- Mascarós Mateo, V. (2016). *Gestión del montaje de instalaciones solares fotovoltaicas* (p. 271).
- Oliva Merencio, D., Ribeiro Muhongo, V., Arzola Ruiz, J., & García, L. (2018). Análisis sistémico de la selección de instalaciones de energías renovables en territorios aislados. *Ingeniería Energética*, 39(3), 186–194.
- Oliveras, J. M. (2007). La elaboración del chocolate , una técnica dulce y ecológica. *Técnica Industrial*, 268, 47–51.
- Plá, J., Perez, D., & Durán, J. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica*.
<http://www.ancefn.org.ar/biblioteca/libros/06.pdf#page=72>
- Pons, X. (1996). Estimación de la radiación solar a partir de Modelos Digitales de Elevaciones: Propuesta metodológica. *VII Coloquio de Geografía Cuantitativa, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.*, 87–94.
- Prieto, J. I. (2016). *Disponibilidad de la energía solar*. June.
<https://www.researchgate.net/publication/303818768>
- Robles, M., Torres, Z., & Robles, M. (2015). El impacto en el uso de energías renovables en empresas Mexicanas como ventaja competitiva. *Repositorio de La Red Internacional de Investigadores En Competitividad*, 9(1), 1944–1957.
- Rubio Bañón, A., & Aragón Sánchez, A. (2008). Recursos estratégicos en la pymes. *Revista Europea de Dirección y Economía de La Empresa*, 17(1), 103–126.
- Umbarila Valencia, L. P., Alfonso Moreno, F. L., & Rivera Rodríguez, J. C. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 231.
<https://doi.org/10.22490/21456453.1419>
- Villalva, M. G., & Gazoli, J. R. (2012). *Energía solar fotovoltaica: conceitos e aplicações*.

Yance, C., Solís, L., Burgos, I., & Hermida, L. (2017). La importancia de las Pymes en el Ecuador. *Observatorio de La Economía Latinoamericana, Ecuador*, 17.
<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/pymes-ecuador.html>

Anexos

Anexo 1

Empresa chocolatera



Anexo 2

Secado de los granos de cacao

