

Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2446>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador

Application of “PMBOK 6th edition Guide” for the management of photovoltaic energy systems projects, connected to the public electricity service network. Case: Poultry farm in the Province El Oro, Ecuador

Aplicação do guia PMBOK 6ª edição para a gestão de projetos de sistemas de energia fotovoltaica, ligados à rede pública de eletricidade. Caso: Avicultura da Província de El Oro, Equador

Yasmani Leonardo Aguilar-Sánchez ^I
yasmani.aguilar.9@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1947-0726>

Juan Carlos Ortega-Castro ^{II}
jcortegac@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6496-4325>

Correspondencia: yasmani.aguilar.9@est.ucacue.edu.ec

***Recibido:** 15 de noviembre de 2021 ***Aceptado:** 30 de noviembre de 2021 *** Publicado:** 20 de diciembre de 2021

- I. Estudiante de la Maestría en Administración de Empresas con Mención en Dirección y Gestión de Proyectos. Unidad Académica de Posgrado, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- II. Docente de la Maestría en Administración de Empresas con Mención en Dirección y Gestión de Proyectos, Unidad Académica de Posgrado, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Resumen

El presente artículo se basa en la aplicación de las herramientas de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico, aplicado a una granja avícola ubicada en la provincia de El Oro, Ecuador. La propuesta surge a partir de la falta de metodología de gestión de estos proyectos que permitan garantizar una correcta ejecución.

Los sistemas de generación de energía fotovoltaica para el autoabastecimiento tienen múltiples ventajas, entre las principales están: ser sistemas amigables con el medio ambiente, al propietario le permiten tener ahorros económicos por consumo de energía eléctrica y de bajo costo por mantenimiento.

En su desarrollo, se presenta un análisis de los procesos y áreas de gestión planteados por la guía PMBOK 6ta edición, para aplicarlos durante las diferentes etapas del proyecto, dentro de la cual se realiza lo siguiente: gestión de integración, gestión del alcance, gestión de cronograma, gestión de costos, gestión de riesgos del proyecto.

Se usaron los softwares WBS y Project Manager para la elaboración de EDT / WBS, secuencia de actividades, diagrama de Gantt, estimación de tiempos de ejecución y asignación de recursos para la gestión del proyecto, lo cual permite identificar las líneas base de actividades, costo y tiempo, permitiendo lograr un mayor control en la gestión del proyecto.

Palabras clave: Energía fotovoltaica; PMBOK 6ta edición; gestión de proyectos; asignación de recursos; análisis de procesos.

Abstract

This article is based on the application of the tools of the PMBOK 6th edition guide for the management of projects of photovoltaic energy systems, connected to the public electricity service network, applied to a poultry farm located in the province of El Oro, Ecuador.

The proposal arises from the lack of management methodology for these kinds of projects, certainly a methodology that guarantee a proper execution.

Photovoltaic power generation systems for self-sufficiency have multiple advantages, among the main ones are: they are environmentally friendly systems, they allow the owner to have economic savings due to electrical energy consumption and also low maintenance costs.

In its development, an analysis of the processes and management areas proposed by the PMBOK 6th Edition Guide is presented, to be applied during the different phases of the project, within which the following is carried out: integration management, scope management, management schedule, cost management, project risk management.

The WBS and Project Manager software were used to prepare the EDT / WBS, sequence of activities, Gantt chart, estimation of execution times and allocation of resources for project management, which allows identifying the baselines of activities, cost and time, allowing greater control in project management.

Keywords: Photovoltaic energy; PMBOK 6th edition; project management; resource distribution; process analysis.

Resumo

Este artigo se baseia na aplicação das ferramentas do guia PMBOK 6ª edição para a gestão de projetos de sistemas de energia fotovoltaica, conectados à rede elétrica pública, aplicadas a uma granja localizada na província de El Oro, Equador. A proposta surge da falta de uma metodologia de gestão desses projetos para garantir a execução adequada.

Os sistemas de geração de energia fotovoltaica para autossuficiência apresentam múltiplas vantagens, entre as principais são: ser sistemas ecologicamente corretos, permitindo ao proprietário uma economia econômica devido ao consumo de energia elétrica e baixos custos de manutenção.

No seu desenvolvimento, é apresentada uma análise dos processos e das áreas de gestão propostas pelo guia PMBOK 6ª edição, a serem aplicadas nas diferentes etapas do projeto, nas quais são realizados: gestão da integração, gestão do escopo, gestão do cronograma, gestão de custos, gestão de riscos do projeto.

Os softwares WBS e Project Manager foram utilizados para elaboração do EDT / WBS, sequência de atividades, gráfico de Gantt, estimativa de tempos de execução e alocação de recursos para gestão de projetos, o que permite identificar as linhas de base das atividades, custo e tempo, permitindo maior controle na Gerenciamento de Projetos.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica; PMBOK 6ª edição; gestão de projetos; Alocação de recursos; análise de processo.

Introducción

Se puede definir a un proyecto como un trabajo temporal con el objetivo de crear un producto o servicio único; lo que significa que tiene un punto de inicio y fin, (Escandón, 2005). Por tal razón, es de mucha importancia una gestión de proyectos adecuada, donde se aplique las diversas herramientas y conocimientos para poder cumplir con los objetivos, dentro del cronograma y costos previstos.

De acuerdo a la X encuesta mundial sobre dirección de proyecto realizada en el 2018, donde hubo retroalimentación de 4.455 profesionales de dirección de proyectos, 447 ejecutivos senior y 800 directores de oficinas de dirección de proyectos de diferentes sectores, concluye que 9,9% de cada dólar se desperdicia debido a un bajo rendimiento de los proyectos, lo que significa que se pierde \$2 billones cada año debido a una mala gestión en la ejecución de proyectos (Project Management Institute, 2018).

Las organizaciones con mayor éxito en el desarrollo o ejecución de un proyecto muestran un índice de desempeño de 92%, por otro lado, las organizaciones con menor éxito muestran con un bajo índice de desempeño llegando a ser hasta del 32%. Además, se observa que las organizaciones con mayor éxito en la gestión de proyectos disfrutaban de mejores resultados de negocios y desperdician menos dinero, 21 veces menos o lo que viene a ser el 1,4% de cada dólar, frente al 29,1% de las organizaciones que no se enfocan en la gestión y dirección de proyectos, (Pulse of the profession, 2017) .

De acuerdo a lo mencionado, este artículo se basará en el uso de los criterios y métodos establecidos en la guía PMBOK en su sexta edición, diseñado por el Project Management Institute (PMI) para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica del tipo On Grid, es decir, conectados a la red pública de servicio eléctrico de Ecuador aplicado en una granja avícola ubicada en la provincia de El Oro.

Debido al mercado creciente de la generación de energía eléctrica, a partir de fuentes renovables, en especial la energía fotovoltaica que usa a la energía solar como fuente de energía renovable; el avance tecnológico en la mejora y reducción de costos de los equipos que forman un sistema de energía fotovoltaica; las políticas internacionales en pro de combatir el cambio climático por la afectación del medio ambiente; y el marco normativo desarrollado en Ecuador por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) a través de

la regulación ARCERNNR-003/2021 emitida el 31 de marzo del 2021, incentivan a los consumidores de energía eléctrica en el país a invertir en la instalación de sistemas de energía fotovoltaica. Para lo cual es de mucha importancia desarrollar una guía basada PMBOK 6ed como herramienta para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, en este caso, sistemas conectados a la red pública de servicio eléctricos y aplicados a granjas avícolas de la provincial de El Oro, que permita un mejor manejo de los proyectos como beneficio para el contratista y cliente. La presente investigación se basa en aplicar los lineamientos y estructura planteadas en la guía PMBOK, en su sexta edición, para la gestión de proyectos de energía fotovoltaica conectados a la red pública de servicio eléctrico (on grid).

La energía fotovoltaica es una de las mejores alternativas de generación de energía eléctrica, debido a que es limpia y renovable. La fuente principal de obtención de energía eléctrica en este sistema es la luz solar; para conseguir este tipo de energía se precisa de un material que absorba la luz del sol y la transforme de energía radiante a energía eléctrica, es por ello que forma parte de las energías renovables que no sólo contribuye con el planeta por obtenerse de fuentes naturales, sino que resultan sostenible en el tiempo. La característica fotovoltaica se relaciona con la incidencia de la radiación solar sobre un material semiconductor; además, entre sus otras características destacan:

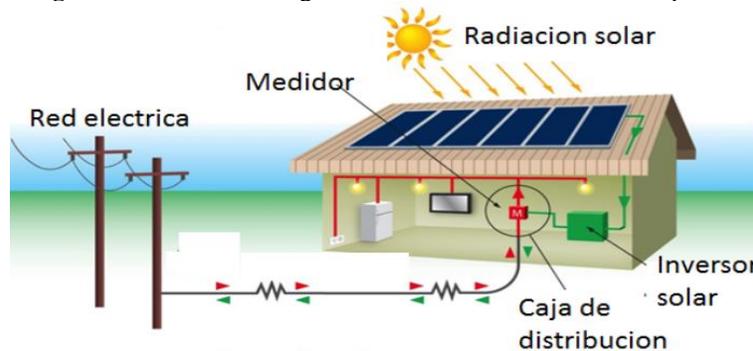
- No producen ruidos.
- No incluyen partes móviles.
- Son modulares.
- Fácilmente manejables como elementos de construcción (Martín & Fernández, 2007).

Una instalación fotovoltaica, es el conjunto de elementos destinados a convertir la radiación solar en energía eléctrica y se lleva a cabo a través de células fotovoltaicas que se agrupan y protegen de la intemperie formando el módulo fotovoltaico (Baselga, 2019). Este tipo de instalaciones pueden ser de tipo aisladas a la red eléctrica de distribución (orientadas a aplicaciones de electrificación rural) o conectadas a la red eléctrica (destinada a la venta de energía eléctrica y autoconsumo), (Cooperación Alemana al Desarrollo, 2013).

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de servicio eléctrico mostrado en la figura 2, diseñados para el autoconsumo del cliente y venta de excedentes de energía eléctrica, la cual se inyecta a las redes de servicio eléctrico. Es importante entender que este tipo de sistemas, operan vinculados a una red eléctrica existente de manera que, si el diseño excede los valores de

autoconsumo, la energía eléctrica excedente producida se inyectará a la red eléctrica (Buele & Chazi, 2019). En la figura 1, se muestra en diseño típico de un sistema de energía fotovoltaico conectado a la red eléctrica de servicio público.

Figura 1 Sistema de energía fotovoltaica conectado a la red publica



Fuente: <https://www.energiasolar.lat/dimensionado-de-un-sistema-fv-conectado-a-red/>

Metodología

En la presente investigación se usa la metodología del PMI, descrita en la guía PMBOK sexta edición, aplicada en la gestión de proyectos de energía solar fotovoltaica conectados a la red pública de servicio eléctrico (on grid). Se realizó el análisis para gestionar proyectos de una forma metódica, siguiendo una estructura, en donde se plantearon los requerimientos mínimos, identificando los posibles riesgos que puedan dificultar el cierre del proyecto.

Guía PMBOK 6ta edición

Es una guía que presenta los fundamentos para la gestión y dirección de proyectos, a través del Project Management Institute (PMI), de acuerdo a las nuevas realidades que representen un desafío de gestión y dirección. Esta guía está compuesta por un total de 49 procesos, segmentados en 5 grupos, que atienden 10 áreas de conocimiento, que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 Procesos y áreas del conocimiento

Grupos de procesos	Áreas de Conocimiento
1. Inicio del Proyecto	1. Integración
2. Planificación	2. Alcance
3. Ejecución	3. Cronograma

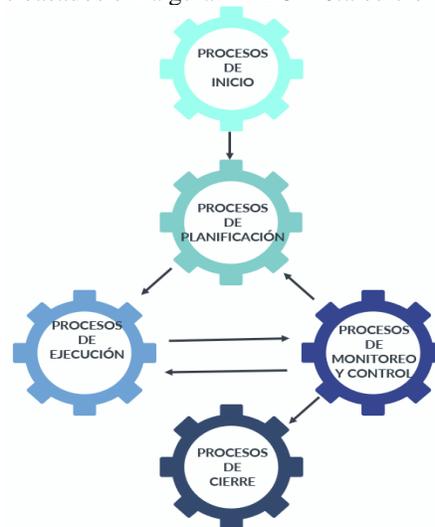
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| 4. Monitorización y control | 4. Costos |
| 5. Cierre | 5. Calidad |
| | 6. Recursos |
| | 7. Comunicaciones |
| | 8. Riesgos |
| | 9. Adquisiciones |
| | 10. Interesados |

Fuente: PMI, 2017. Elaborado por: El Autor.

Grupos de procesos del PMBOK

En la figura 2, se describen los cinco grupos de procesos planteados en la guía y su relación dentro del proyecto, que garantizan una correcta ejecución del mismo.

Figura 2 Grupo de procesos basados en la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos



Fuente: PMI, 2017 Elaborado por: El autor

Gestión de la integración del proyecto

Es una función del líder del proyecto y la cual es intransferible; se debe realizar los procesos necesarios para que se incluya todas las necesidades requeridas por el proyecto y se concluya con éxito; es decir deberá establecer lo que se incluye o no en el proyecto (PMI, 2017).

Gestión del alcance del proyecto

La gestión del alcance del proyecto es de mucha importancia ya que permite definir cuáles son los objetivos y que actividades se deben realizar para poder conseguirlos (PMI, 2017).

Gestión del cronograma del proyecto

Aquí se debe elaborar la secuencia de las actividades y estimar la duración, con lo que se podrá determinar el tiempo de cada una de las actividades y total del proyecto; para lo cual se debe tener en cuenta el acta de constitución del proyecto y el plan para la dirección (PMI, 2017). El objetivo es poder definir la línea base del proyecto, donde se especifique el tiempo de inicio y fin de cada una de las actividades que forman parte del proyecto.

Gestión de costos del proyecto.

La gestión de costos del proyecto incluye los procesos de planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado (PMI, 2017). El objetivo es establecer la línea base de costos, con lo cual se puede establecer el presupuesto de los costos directos e indirectos que están incluidos en el proyecto. Es muy importante evaluar los costos durante todo el proyecto para no salirse del presupuesto inicial

Gestión de calidad del proyecto

Incluye los procesos para integrar la planeación y gestión de control, de los requisitos de calidad del proyecto, con el fin de satisfacer los objetivos de los interesados (PMI, 2017). Se deben establecer los aspectos técnicos, organizacionales y administrativos, con lo que se pretende asegurar la calidad del proyecto mediante indicadores de gestión y desempeño.

Gestión de recursos del proyecto

En esta área del conocimiento se debe identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para el inicio y fin del proyecto; estos procesos garantizaran que los recursos necesarios se encuentren disponibles en cada una de las etapas del proyecto (PMI, 2017). En conclusión, se busca definir los recursos humanos y físicos, su aporte y el tiempo que permanecerán en el proyecto,

Gestión de las comunicaciones del proyecto.

La gestión de las comunicaciones del proyecto consiste en los procesos necesarios para asegurar la necesidad de información del proyecto y de sus interesados, satisfagan a través de actividades diseñadas para lograr un intercambio adecuado de información (PMI, 2017). Una buena gestión de las comunicaciones consiste en transmitir de manera eficaz la información.

Gestión de riesgos del proyecto

El objetivo principal de la gestión de riesgos es, disminuir el impacto de los riesgos negativos y aumentar el impacto de los riesgos positivos (PMI, 2017). Una buena gestión de consiste en identificar los riesgos que se pueden presentar durante todas las etapas del proyecto y plantear una respuesta, la cual nos permita mitigar los efectos sobre el proyecto; ya que un riesgo no identificado puede causar que el proyecto se detenga. Por lo tanto, se deberá elaborar un plan para contrarrestar el efecto de los riesgos inherentes y ocultos.

Gestión de adquisiciones del proyecto

La gestión de adquisiciones del proyecto consiste en adquirir y administrar los productos o servicios necesarios para la ejecución del proyecto. El éxito del proyecto depende en gran magnitud de que se realice una buena gestión de adquisiciones dentro del tiempo y presupuesto planificado; y la mayor parte se basa en que se identifique a los proveedores con un plan que permita elegirlos técnica y económicamente (PMI, 2017).

Gestión de los interesados del proyecto

Los interesados de un proyecto son todas aquellas personas u organizaciones que se verán afectadas por el proyecto de manera positiva o negativa. Por lo tanto, es necesario conocer, comprender y analizar las necesidades de todos los interesados, para de esta forma evitar conflictos en el desarrollo del proyecto (PMI, 2017). Por lo que es necesario utilizar estrategias y una buena comunicación, para involucrar a los interesados en la toma de decisiones importantes del proyecto. En la figura 3, se muestra la relación entre los procesos y las áreas de conocimiento planteadas por la guía PMBOK 6ta edición.

Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador

Figura 3 Matriz de correlación entre grupos de procesos y áreas de conocimiento para la dirección de proyectos

ÁREAS DE CONOCIMIENTO	GRUPOS DE PROCESOS				
	PROCESOS DE INICIO	PROCESOS DE PLANIFICACIÓN	PROCESOS DE EJECUCIÓN	PROCESOS DE MONITOREO Y CONTROL	PROCESOS DE CIERRE
GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN DEL PROYECTO	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar el acta de constitución. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar el plan para la dirección del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Dirigir y gestionar el trabajo. Gestionar el conocimiento del Proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitorear y controlar el trabajo del Proyecto. Realizar el control integrado de los cambios. 	<ul style="list-style-type: none"> Cerrar el Proyecto o fase.
GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la gestión del alcance. Recopilar requisitos. Definir el Alcance. Crear la EDT/WBS 		<ul style="list-style-type: none"> Validar el alcance. Controlar el alcance. 	
GESTIÓN DEL CRONOGRAMA DEL PROYECTO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la gestión del cronograma. Definir las actividades. Secuenciar las actividades. Estimar la duración de las actividades. Desarrollar el cronograma. 		<ul style="list-style-type: none"> Controlar el cronograma. 	
GESTIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la gestión de los costos. Estimar los costos. Determinar el presupuesto. 		<ul style="list-style-type: none"> Controlar los costos. 	
GESTIÓN DE CALIDAD DEL PROYECTO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la gestión de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Gestionar la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Controlar la calidad. 	
GESTIÓN DE RECURSOS DEL PROYECTO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la gestión de recursos. Estimar los recursos de las actividades. 	<ul style="list-style-type: none"> Adquirir recursos. Desarrollar el equipo. Dirigir el equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> Controlar los recursos. 	
GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES DEL PROYECTO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la gestión de las comunicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Gestionar las comunicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitorear las comunicaciones 	
GESTIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la gestión de los riesgos. Identificar los riesgos. Realizar el análisis cualitativo de riesgos. Realizar el análisis cuantitativo de riesgos. Planificar la respuesta a los riesgos. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar la respuesta a los riesgos. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitorear los riesgos. 	
GESTIÓN DE ADQUISICIONES DEL PROYECTO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la gestión de las adquisiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Efectuar las adquisiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Controlar las adquisiciones. 	
GESTIÓN DE INTERESADOS DEL PROYECTO	<ul style="list-style-type: none"> Identificar a los interesados. 	<ul style="list-style-type: none"> Planificar el involucramiento de los interesados. 	<ul style="list-style-type: none"> Gestionar la participación de los interesados. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitorear el involucramiento de los interesados. 	

Fuente: PMI, 2017 Elaborado por: El autor

Resultados

En este apartado se presenta los documentos aplicados en la gestión de un proyecto de energía solar fotovoltaica conectado a la red pública de servicio eléctrico, aplicado en una granja avícola, basados en la guía PMBOOK 6ta edición.

Gestión de Integración del proyecto

- Acta de Constitución del proyecto

El acta de constitución del proyecto corresponde al documento que da inicio al proyecto y se elabora en la reunión de apertura. Su objetivo es obtener el compromiso de los interesados del proyecto, con el fin de que participen en todas las etapas del mismo. En la tabla 2, se muestra el acta de constitución aplicada al proyecto.

Tabla 2 Acta de constitución del proyecto

Proyecto: Sistema de energía fotovoltaico conectado a la red pública de servicio eléctrico, Avícola FELMARCRIG S.A. 188.32 kWp.
Nombre del documento: Acta de constitución del proyecto.
Código: 001
Fecha de creación: 27 de noviembre del 2021.
Autor: Yasmani Leonardo Aguilar Sánchez.
Revisión: Propietario avícola FERLMARCRIG S.A.
Localización: El proyecto se localiza en el sector El Carmen, de la parroquia La Bocana, perteneciente al cantón Piñas de la provincia de El Oro.
Descripción del proyecto: Diseño, provisión, instalación y puesta en marcha de un sistema de energía solar fotovoltaica conectado a la red pública de servicio eléctrico, para la granja avícola FERLMARCRIG S.A. con una capacidad instalada de 188.32 kWp
Descripción del producto: Sistema de energía solar fotovoltaica con una capacidad instalada de 188.32 kWp para la avícola FERMARCRIG S.A. incluida todos los equipos de generación, protección y conexión a la red pública de servicio eléctrico, diseñado bajo parámetros técnicos y económicos.
Objetivos: <ul style="list-style-type: none">• Realizar los estudios técnicos y económicos para la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica de 188.32 kWp de capacidad instalada.• Instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica con capacidad de 188.32 kWp, en un periodo de tiempo de 120 días.• Pruebas y puesta en marcha de un sistema de energía solar fotovoltaica con capacidad de 188.32 kWp.• Tramites con empresa distribuidora de energía eléctrica para la emisión de certificado de calificación que autoriza a FERMARCRIG S.A. poder conectarse a la red pública de servicio eléctrico.

Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador

<p>Criterios de éxito:</p> <ul style="list-style-type: none">• Diseñar, instalar y poner en marcha el sistema de energía solar fotovoltaica de 188.32 kWp de capacidad en un tiempo máximo de 120 días.• Obtener el certificado de calificación por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica, que autorice al cliente poder conectarse a la red pública de servicio eléctrico.
<p>Requisitos de aprobación del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none">• La capacidad instalada del sistema de energía solar fotovoltaica debe ser de 188.32 kWp.• El diseño mecánico, civil y eléctrico debe ser bajo normas internacionales de seguridad y calidad.• Realizar los trámites con la empresa distribuidora de energía eléctrica para la emisión del certificado de calificación.• El diseño, instalación y puesta en marcha deberá ser realizado por personal capacitado.• Se deberá firmar documento de garantía de equipos y producción de energía de mínimo 5 años.
<p>Finalidad del proyecto: Con el presente proyecto se pretende:</p> <ul style="list-style-type: none">• Generar ahorro económico mensual al propietario de la avícola FERMARCRIG S.A. por concepto de pago de la planilla de consumo eléctrico.• Posicionar a FERMARCRIG S.A. como una empresa amigable con el medio ambiente ya que usa fuentes de energía renovable para la generación de energía eléctrica, y reducir su impacto ambiental.
<p>Entregables del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sistema de energía solar fotovoltaica con una capacidad instalada de 118.32 kWp.• Planos de diseño mecánico, civil y eléctrico impresos y en digital.• Estudio de análisis económico en un periodo de 25 años (tiempo de vida del proyecto).• Certificado de calificación para FERMARCRIG S.A. que lo autoriza para instalar y operar un sistema de energía solar fotovoltaica con una capacidad instalada de 118.32 kWp.• Reporte de pruebas del Sistema de energía solar fotovoltaica con una capacidad instalada de 118.32 kWp.• Plan de mantenimiento semestral.• Manuales de operación y mantenimiento.• Hojas técnicas de equipos instalados.
<p>Justificación del proyecto: El alto consumo de energía eléctrica por parte de la granja avícola FERMARCRIG S.A. con un promedio mensual de \$ 2730 motivo a su propietario a pensar en un sistema de autogeneración de energía eléctrica a base de la energía solar con el objetivo de reducir el pago de su planilla eléctrica.</p>
<p>Principales interesados: Empresa avícola FERMARCRIG S.A.</p>
<p>Riesgos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Granja avícola no soporte el peso de los paneles solares.• Demora en la provisión de equipos.• Demora en la emisión del certificado de calificación por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica.
<p>Duración: El proyecto se realizará en un tiempo máximo de 120 días.</p>
<p>Presupuesto: El costo total del proyecto será de: \$ 205.654,03 incluido IVA; y el plan de pago será:</p> <ul style="list-style-type: none">• Anticipo contra firma de contrato: 60%• Pago del sistema FV instalado y funcionando: 39%

Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador

<ul style="list-style-type: none">• Aprobación del certificado de calificación: 1%
Alcance del proyecto: <ul style="list-style-type: none">• Provisión de equipos principales, total o parcial.• Provisión de equipos complementarios, total o parcial.• Transporte de personal y equipos hasta el lugar de instalación.• Servicios de ingeniería eléctrica.• Servicios de cálculo estructural.• Tramite de autorización en distribuidora eléctrica.• Servicio de instalación.• Servicio de puesta en marcha sistema solar.• Servicio de puesta en marcha monitoreo remoto.• Servicio de mantenimiento por 1 año.
Que no incluye el proyecto: <ul style="list-style-type: none">• Provisión de transformador(es) en caso de ser necesario.• Servicios de soterramiento de cables, en caso de ser necesario.• Servicio de mantenimiento a partir del segundo año.
Patrocinador: Avícola FERMARCRIG S.A.
Director y líder del proyecto: Yasmani Leonardo Aguilar Sánchez.

Fuente: PMI, 2017. Elaborado por: El Autor.

- **Desarrollo del plan para la dirección del proyecto**

Es un documento formal, que se debe usar para la ejecución, monitoreo, control y cierre del proyecto; el cual es elaborado por todo el equipo de trabajo. Su elaboración se basa en los resultados de las demás áreas del conocimiento.

- **Dirigir y gestionar del trabajo del proyecto**

Para cumplir con este punto, se revisó los siguientes puntos, durante la fase de ejecución del proyecto:

- Entregables del proyecto.
- Índices de avance.
- Registro de eventos.
- Actualización de cronograma.
- Actualización de cambios.
- Actualización de documentos.

Esto permite que el líder del proyecto tenga una actualización general de los procesos que se están ejecutando, para así poder decidir qué próxima actividad se debe ejecutar.

Gestión de alcance del proyecto.

Lo que se pretende conseguir con el alcance del proyecto es:

- Involucrar a los interesados del proyecto.
- Identificar las actividades que no son parte del proyecto.
- Desarrollar la línea base del proyecto.

En la tabla 3, se definieron los requisitos para el alcance del proyecto:

Tabla 3 Alcance del proyecto

Requisito	Definición
Propósito:	<ul style="list-style-type: none"> • Generar ahorro económico mensual al propietario de la avícola FERMARCRIG S.A. por concepto de pago de la planilla de consumo eléctrico. • Posicionar a FERMARCRIG S.A. como una empresa amigable con el medio ambiente ya que usa fuentes de energía renovable para la generación de energía eléctrica, y reducir su impacto ambiental.
Objetivos:	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar los estudios técnicos y económicos para la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica de 188.32 kWp de capacidad instalada. • Instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica con capacidad de 188.32 kWp, en un periodo de tiempo de 120 días. • Pruebas y puesta en marcha de un sistema de energía solar fotovoltaica con capacidad de 188.32 kWp. • Tramites con empresa distribuidora de energía eléctrica para la emisión de certifica de calificación que autoriza a FERMARCRIG S.A. poder conectarse a la red pública de servicio eléctrico.
Entregables:	<p>Entregables del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de energía solar fotovoltaica con una capacidad instalada de 118.32 kWp. • Planos de diseño mecánico, civil y eléctrico impresos y en digital. • Estudio de análisis económico en un periodo de 25 años (tiempo de vida del proyecto). • Certificado de calificación para FERMARCRIG S.A. que lo autoriza para instalar y operar un sistema de energía solar fotovoltaica con una capacidad instalada de 118.32 kWp. • Reporte de pruebas del Sistema de energía solar fotovoltaica con una capacidad instalada de 118.32 kWp. • Plan de mantenimiento semestral. • Manuales de operación y mantenimiento. • Hojas técnicas de equipos instalados.
Criterios de aceptación:	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar, instalar y poner en marcha el sistema de energía solar fotovoltaica de 188.32 kWp de capacidad en un tiempo máximo de 120 días.

Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador

	<ul style="list-style-type: none">• Obtener el certificado de calificación por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica, que autorice al cliente poder conectarse a la red pública de servicio eléctrico.
Quien recibe el proyecto:	<ul style="list-style-type: none">• Propietario de avícola FERMARCRIG S.A.
Presupuesto:	<ul style="list-style-type: none">• El costo total del proyecto será de: \$ 205.654,03 (DOSCIENTOS CINCO MIL SEISCIENTOS CIENCIENT Y CUATRO CON 03/100) incluido IVA
Requisitos:	<ul style="list-style-type: none">• La capacidad instalada del sistema de energía solar fotovoltaica debe ser de 188.32 kWp.• El diseño mecánico, civil y eléctrico debe ser bajo normas internacionales de seguridad y calidad.• Realizar los trámites con la empresa distribuidora de energía eléctrica para la emisión del certificado de calificación.• El diseño, instalación y puesta en marcha deberá ser realizado por personal capacitado.• Se deberá firmar documento de garantía de equipos y producción de energía de mínimo 5 años.

Fuente: PMI, 2017. Elaborado por: El Autor.

- **Recopilar los requisitos**

La mayoría de los proyectos de energía solar fotovoltaica no tienen éxito debido a que, es una tecnología nueva en el país, lo cual genera mucha incertidumbre en los futuros clientes; por eso es muy importante realizar una buena gestión de los requisitos de los interesados del proyecto, para esto a continuación se dan unos consejos útiles que se deben aplicar:

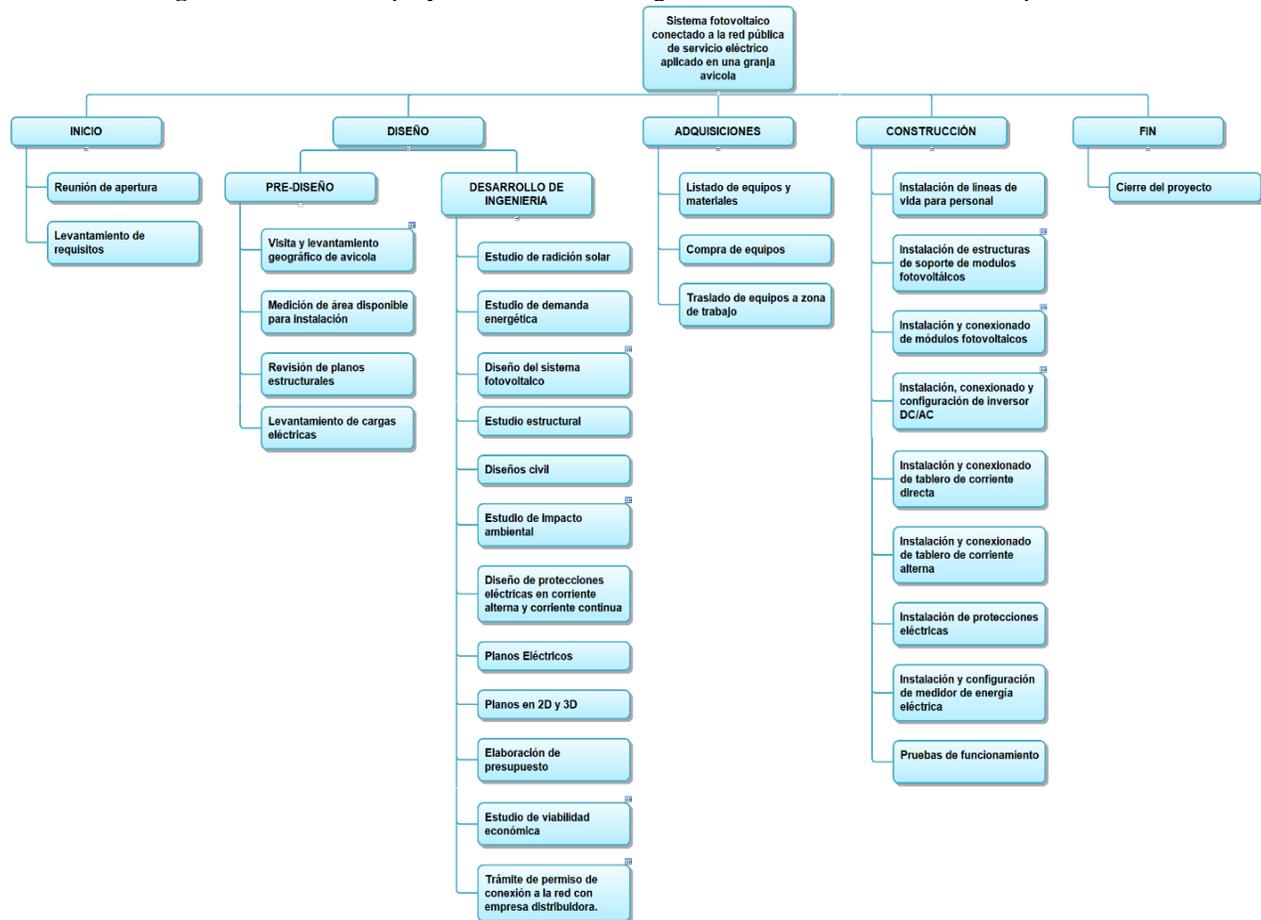
- Presentar toda la información a los interesados sobre los sistemas de energía solar fotovoltaica.
- Mantener comunicación eficiente, clara y eficaz con los interesados, para poder identificar las necesidades y aclarar las dudas.
- Desarrollar la línea base de requerimientos.
- Dar el tiempo y espacio para que los interesados puedan manifestar sus requerimientos.

- **Crear los EDT / WBS**

El equipo de trabajo involucrado en el proyecto, mediante reuniones y basados en su experiencia, creará los EDT o WBS, que es el desarrollo de los trabajos a ejecutarse en el proyecto y poder cumplir con el alcance del mismo.

Lo que se consiguió con el EDT es destinar los recursos humanos y económicos necesarios para cada una de las actividades que forman parte del proyecto; por lo tanto, son la base para la correcta ejecución del proyecto. En la figura 4, se detalla los EDT del proyecto.

Figura 4 EDT / WBS proyecto sistema de energía fotovoltaica conectada a la red pública.



Fuente: El autor

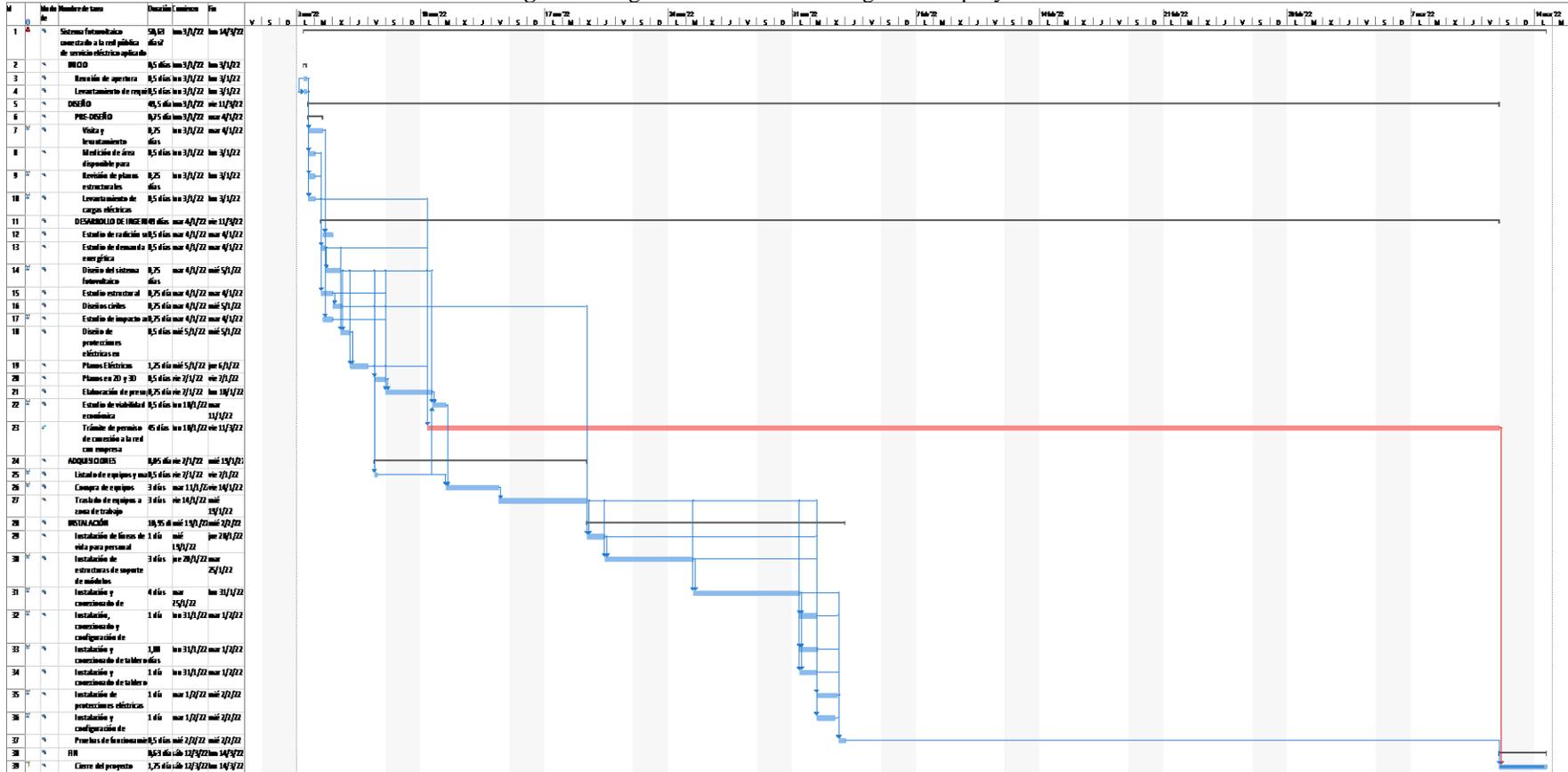
Gestión del cronograma del proyecto

Se desarrolló la gestión del cronograma del proyecto con el objetivo de establecer la línea base y poder determinar la secuencia de las actividades, duración y asignación de recursos, para de esta manera monitorear que se cumpla el alcance.

En la figura 5, se presenta el diagrama de Gantt del resultado de la gestión del cronograma de este proyecto.

Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador

Figura 5 Diagrama de Gantt de cronograma del proyecto

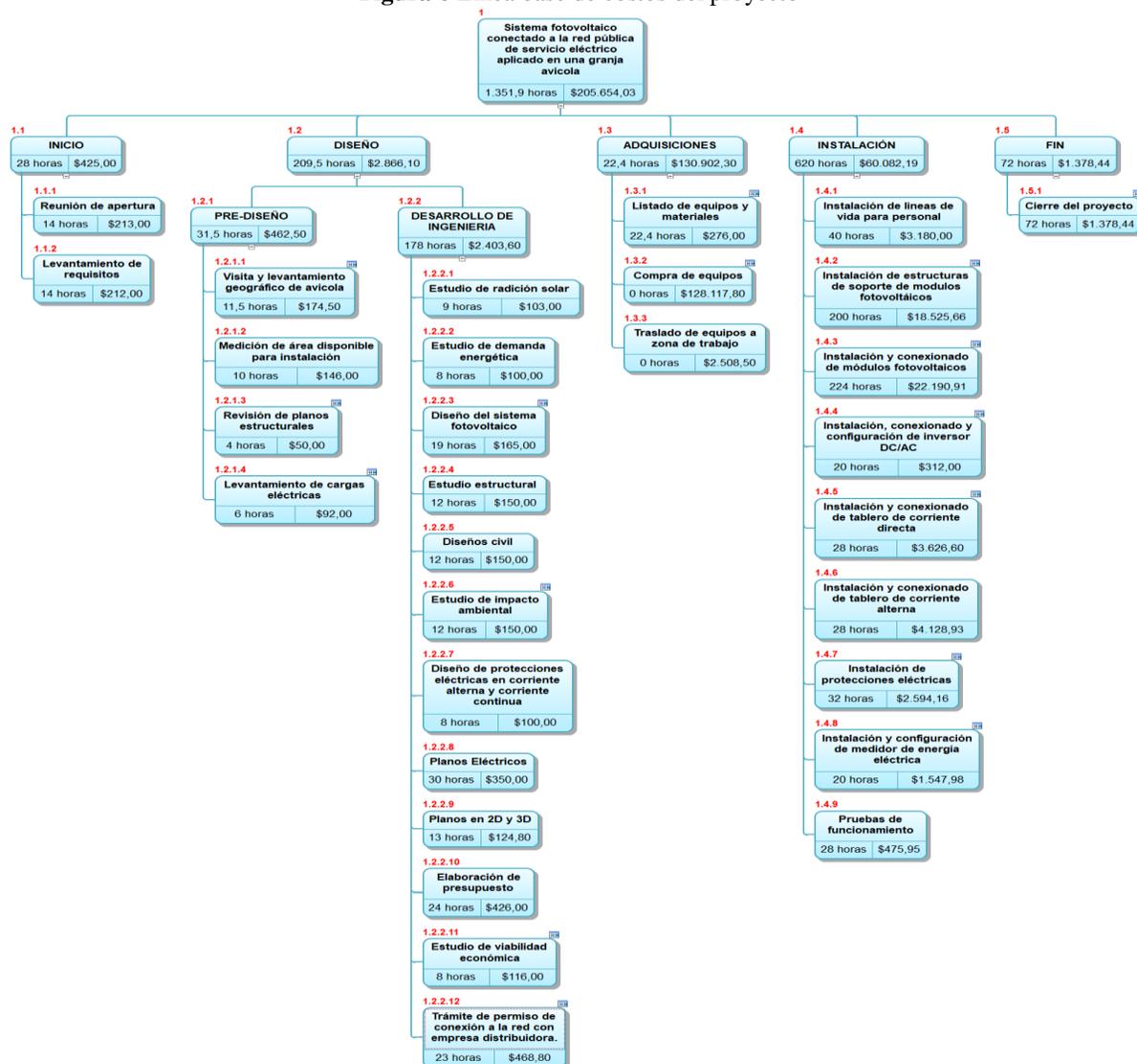


Fuente: El autor

Gestión de costos del proyecto

En la gestión de costos, es importante disponer de la línea base de costos del proyecto para evaluar los cambios que puede surgir durante la ejecución del mismo, para eso en base a la gestión del cronograma se asignaron los recursos necesarios para cada una de las actividades. Los costos estimados para el desarrollo de este proyecto se basaron en un estudio de mercado nacional sobre los recursos necesarios para cada una de las actividades. En la figura 6, se muestra la línea base de costos del proyecto.

Figura 6 Línea base de costos del proyecto



Fuente: El autor

Gestión de riesgos del proyecto

En el desarrollo de sistemas de energía fotovoltaica conectados a la red pública se pueden generar diferentes riesgos que comprometan el cronograma, costos y finalización del proyecto. En la tabla 4, se presentan la plantilla para la gestión de riesgos del proyecto.

A continuación, se muestran los riesgos que se pueden presentar en el inicio, ejecución y cierre del proyecto.

- Cálculo de demanda eléctrica mal realizado.
- Cálculo estructural mal realizado.
- Retraso en la adquisición de equipos.
- Demora en el trámite del certificado de calificación en la empresa de distribución de energía eléctrica.
- Condiciones climáticas que retrase el traslado de equipos, instalación y puesta en marcha del proyecto.
- Mala selección de proveedores.

Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador

Tabla 4 Matriz de gestión de riesgos

Registro de riesgos										
Identificación del riesgo			Cuantificación del riesgo		Acción a tomar				Cuantificación para el riesgo	
ID	Prioridad	Descripción	Probabilidad de ocurrencia	Valor Impacto	Descripción	Responsable	Fecha	Hecho	Probabilidad de ocurrencia	Valor Impacto
	Alta Media Baja			Económica Cronológico				Si No		Económica Cronológico
	Alta Media Baja			Económica Cronológico				Si No		Económica Cronológico
	Alta Media Baja			Económica Cronológico				Si No		Económica Cronológico
	Alta Media Baja			Económica Cronológico				Si No		Económica Cronológico
	Alta Media Baja			Económica Cronológico				Si No		Económica Cronológico

Fuente: El auto

Conclusiones

La creciente demanda nacional de sistemas de energía fotovoltaica, el impulso por parte de las empresas privadas y públicas para el desarrollo de proyectos de energía solar fotovoltaica a gran escala, y la normativa actual emitida por la empresas distribuidoras de energía eléctrica para la conexión de sistemas de energía fotovoltaica a la red pública de energía eléctrica, resulta muy atractivo para el crecimiento de empresas y profesionales dedicados a su diseño, instalación y puesta en marcha, por tal motivo y para ejecutar de correcta manera tanto la ingeniería, diseño y construcción, se desarrolló en este trabajo, basados en la metodología de la guía PMBOK 6ta edición, herramientas para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica conectados a la red pública.

Desarrollar el acta de constitución del proyecto es la base para el inicio del mismo, ya que en este documento queda estipulado el alcance general del proyecto, los interesados del proyecto y limita el alcance del mismo, lo cual permite mantener un desarrollo más efectivo y evitar inconvenientes durante la ejecución y puesta en marcha del mismo.

El uso de herramientas como WBS o Project Manager permite establecer de una manera clara y ordenada las actividades que se deben desarrollar para poder conseguir el objetivo del proyecto, asignando los recursos económicos y humanos necesarios, estimando los tiempos de duración y secuenciando las actividades. De esta forma podemos obtener la línea base de actividades, tiempo y costo; lo cual es de mucha importancia para registrar los cambios que se puedan presentar durante el ciclo de vida del proyecto, lo cual nos permite tener una mejor gestión al poder identificar los posibles desvíos en los que podamos incurrir con respecto a las líneas bases a tiempo y poder tomar las acciones correctivas correspondientes.

Otro punto a destacar y lo cual la guía PMBOK 6ta edición nos permite aplicar en este proyecto es la gestión de requisitos del proyecto; debido a que, por la falta de conocimiento de estos sistemas de energía, en muchas ocasiones se ven limitados por el desconocimiento de los requisitos por parte del interesado y el encargado del proyecto, por ende, es importante que desde el inicio del proyecto se realice una buena gestión de los requisitos.

Identificar y poder actuar correctamente y a tiempo ante los riesgos que se puedan presentar durante el proyecto, denotan una correcta gestión de riesgos, la guía PMBOK 6ta edición da las herramientas necesarias para poder mitigar los riesgos y que el proyecto no se vea afectado.

En general la aplicación de la guía PMBOK 6ta edición en la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica conectados a la red eléctrica de servicio pública permite llevar un control sobre los parámetros de calidad, tiempo, costo y recursos, para de esta manera poder garantizar cumplir con el objetivo del proyecto.

En el año 2021, se ha publicado la 7ma edición de la guía PMBOK, donde se ha dado un cambio total referente a la metodología para la gestión de proyectos, incluyendo metodologías ágiles, basada en principios y no en procesos, haciendo un mayor énfasis en el valor de los resultados que se obtienen con la ejecución del proyecto y más no en los entregables; por tal razón se podría realizar una actualización del presente artículo acoplando a la metodología planteada por la guía PMBOK 7ma edición, para generar una gestión más amplia de proyectos de sistema de energía fotovoltaica.

Referencias

1. Baselga, M. (2019). Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas y sus componentes. Editex.
2. Buele, C. O., & Chazi, A. M. (2019). Modelación del sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. UPS. Cuenca - Ecuador.
3. Cooperación Alemana al Desarrollo. (2013). Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario. Lima: Proyecto energía, desarrollo y vida EnDev/GIZ. Obtenido de https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SFD_-_2013.pdfCooperación
4. Escandón, D. M. (2005). La gestión de proyectos: Un panorama conceptual. Revista académica e institucional de la UCPR,, 29-51.

5. Martín, N., & Fernández, I. (2007). La envolvente fotovoltaica en la arquitectura. Barcelona: Reverté.
6. PMI. (2017). La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos sexta edición. INC editor. .
7. Pulse of the profession. (2017). El éxito en tiempos de disrupción - Ampliación del panorama de entrega de valor para abordar el alto costo de un bajo desempeño. Project Management Institute. Obtenido de https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018.pdf?sc_lang_temp=es-ES