



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

**Plan para la Dirección del Proyecto de una
Instalación Fotovoltaica realizado según la
guía PMBOK (7ª Edición).**

Autor:

Álvaro Luis, Sergio

Tutores

Villafáñez Cardenoso, Félix Antonio

Poza García, David Jesús



**Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica
realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).**



Quiero agradecer el apoyo, comprensión y dedicación a David y Félix. Todo el tiempo dedicado y su incondicional apoyo hacen que estudiantes como yo tengamos ganas de trabajar y aprender de este mundo. Sin ellos este TFG no habría sido posible.

Agradecer a mi familia y amigos por siempre aguantarme y apoyarme en todas las decisiones y etapas de mi vida.

Gracias de corazón.



RESUMEN

El Trabajo de Fin de Grado (TFG) recogido en el presente documento consiste en la elaboración de un Plan para la Dirección de un proyecto de una instalación fotovoltaica siguiendo las directrices de la séptima edición del PMBOK.

Esta última edición del PMBOK ofrece una visión novedosa, contando ahora con ocho dominios de desempeño. Esto supone una transformación en la forma de abordar la dirección de proyectos frente a las anteriores ediciones, donde la planificación se desarrollaba en torno a diez áreas de conocimiento. El principal objetivo de este TFG es ofrecer un caso práctico, el de la ejecución de un proyecto real de instalación fotovoltaica, que pueda servir de ejemplo de cara a la adopción de la séptima edición del PMBOK por profesionales del ámbito de la dirección de proyectos.

PALABRAS CLAVE

PMBOK 7ª Edición, PMI (Project Management Institute), Dirección de proyectos, Instalación fotovoltaica.

ABSTRACT

This end-of-degree project consists of the application of the seventh edition of the PMBOK standard to a project for the realization of a solar photovoltaic system.

The seventh edition of the PMBOK offers a new vision, with eight performance domains that represent a transformation in the way of approaching project management compared to previous editions. The main objective of this project is to create a guide that facilitates the implementation of the seventh edition of the PMBOK by professionals in the field of project management. For this purpose, a practical example of its application in a real project is provided.

KEYWORDS

PMBOK 7th Edition, PMI (Project Management Institute) Project management, photovoltaic installation.



ÍNDICE.

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Introducción	3
1.2.	Justificación del trabajo	3
1.3.	Objetivos	4
1.4.	Estructura del TFG.....	4
2.	CONTEXTO	7
2.1.	Descripción del proyecto.	9
2.2.	Pre-estudio.....	11
2.3.	Visita y proyecto técnicos.	16
2.4.	Materiales	17
2.5.	Servicios de valor añadido	22
3.	METODOLOGÍA	27
3.1.	Principales metodologías para la dirección de proyectos	29
3.1.1.	ICB	29
3.1.2.	PMBOK	30
3.1.3.	PRINCE 2.....	31
3.2.	Estándar seleccionado: guía PMBOK 7ª Edición	32
3.2.1.	Principios de la dirección de proyectos	33
3.2.2.	Dominios de desempeño del proyecto	35
3.2.3.	Adaptación	39
3.2.4.	Modelos, métodos y artefactos.	40
3.2.5.	¿Por qué se ajusta la 7ª Edición del PMBOK a este proyecto?	41
4.	DIRECCIÓN DEL PROYECTO	43
4.1.	Dominio de Desempeño del enfoque	45
4.2.	Dominio de Desempeño del Equipo	45
4.3.	Dominio de Desempeño de la Planificación	48
4.3.1.	Acta de constitución	48
4.3.2.	Enunciado del alcance del proyecto	51



4.3.3. Estructura de Desglose del Trabajo (EDT).....	50
4.3.4. Plan de gestión del tiempo	55
4.3.5. Plan de gestión de los costes	59
4.4. Dominio de desempeño de los interesados	61
4.4.1. Involucramiento de los interesados.....	62
4.4.2. Plan de gestión de las comunicaciones.....	64
4.5. Dominio de desempeño de la entrega.....	65
4.6. Dominio de desempeño de la incertidumbre	70
4.7. Dominio de desempeño de trabajo del proyecto	74
4.7.1. Gestión de las adquisiciones.....	74
4.8 Dominio de desempeño de la medición	79
5. Estudio económico	81
5.1. Costes directos.....	83
5.2. Costes indirectos de la realización del Trabajo de Fin de Grado	85
5.3 Costes totales de la realización del Trabajo de Fin de Grado	85
6. Conclusiones.....	87
6.1 Conclusiones	89
6.2 Líneas futuras.....	90
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91



INDICE DE TABLAS

Tabla 2: Diccionario del paquete 20.20 Estudio Avanzado	52
Tabla 3: Diccionario del paquete 20.30 Licencias y permisos	53
Tabla 4: Diccionario del paquete 30.10 Compras	54
Tabla 5: Diccionario del paquete 30.20	55
Tabla 6: Desglose de actividades	56
Tabla 7: Desglose de costes	59
Tabla 8: Gestión de Stakeholders.....	62
Tabla 9: Plan de gestión de las comunicaciones.....	64
Tabla 10: Plan de gestión de la calidad	67
Tabla 11: Hojas de verificación.....	69
Tabla 12: Clasificación riesgos	72
Tabla 13: Materiales y servicios subcontractados	75
Tabla 14: Criterios de selección para determinar instalador	76
Tabla 15: Criterios de selección para determinar empresa transportista	77
Tabla 16: Criterios de selección de proveedor de inversor.....	78
Tabla 17: Método del valor ganado por semanas.....	80
Tabla 18. Costes directos de personal.....	83
Tabla 19. Costes iniciales.....	83
Tabla 20. Valor residual y vida útil.....	84
Tabla 21. Amortización ordenador.....	84
Tabla 22. Amortización teléfono móvil.	84
Tabla 23. Costes indirectos.....	85
Tabla 24. Costes totales.....	85



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación Industria Fuente: Google Maps	10
Ilustración 2: Información general pre-estudio Fuente: L.K. (lkenergia.es).....	12
Ilustración 3: Reparto de generación y consumo anuales Fuente: L.K. (lkenergia.es).....	13
Ilustración 4: Producción y consumo promedio Fuente: L.K. (lkenergia.es).....	13
Ilustración 5: Información económica y tiempo de retorno Fuente: L.K. (lkenergia.es).....	14
Ilustración 6: Comparativa entre inversión inicial y beneficio tras 25 años Fuente: L.K. (lkenergia.es).....	14
Ilustración 7: Flujo de caja tras pago al contado de la Fuente: L.K. (lkenergia.es).....	15
Ilustración 8: Planes de mantenimiento, importe económico. Fuente: L.K. (lkenergia.es).....	16
Ilustración 9: Placa Solar 335 Wp Jinko Eagle JKM335PP-72 Fuente: Jinko Solar (jinkosolar.com)	18
Ilustración 10: Inversor Huawei SUN2000- 33KTL-A Trifásico 33kVA Fuente: Huawei (solar.huawei.com)	19
Ilustración 11: Estructura del soporte de las placas. Fuente: Autosolar (autosolar.es)	20
Ilustración 12: Conectores MC4 Fuente: DSP Solar (distribucionessolares.es).....	20
Ilustración 13: ECOREVI RZ1-K. Fuente: Grupo Revi (grupo-revi.com).....	21
Ilustración 14: Contador Circutor CIRWATT B 502. Fuente: Circutor (circutor.com)	21
Ilustración 15: Gráfico web de consumo de energía activa. Fuente: Empresa Instaladora (lkenergia.es).....	23
Ilustración 16: Gráfico web de consumo de potencia activa frente a potencia contratada. Fuente Empresa Instaladora (lkenergia.es).....	24
Ilustración 17: Dimensiones del estándar ICB 5.0 Fuente: [4]	30
Ilustración 18: Relación entre los principios de dirección de proyectos y los dominios de Desempeño del Proyecto. Fuente: [5].....	31
Ilustración 19: Ejemplos de Stakeholders de un proyecto. Fuente: ideassem.com	35



Ilustración 20: Ciclo de involucramiento de los interesados Fuente: [5].....	36
Ilustración 21: Detalles de los pasos de los procesos de adaptación. Fuente: [5].....	40
Ilustración 22: Organigrama del equipo de dirección del proyecto.....	46
Ilustración 23: Matriz de asignación de responsabilidades RACI	48
Ilustración 24: Estructura de Desglose del Trabajo	50
Ilustración 25.1: Diagrama Gantt por paquete de trabajo.....	58
Ilustración 25.2: Diagrama Gantt por actividades.....	59
Ilustración 26. Matriz de probabilidad e impacto. Fuente: [5]	71

1.INTRODUCCIÓN



1.1. Introducción

El siguiente Trabajo de Fin de Grado muestra un ejemplo de aplicación del PMBOK 7ª Edición en un proyecto de instalación fotovoltaica en una industria.

Tras el estudio y análisis de diferentes metodologías y estándares más empleados en la dirección de proyectos, el cual se recoge en este documento en el apartado dedicado a Metodologías, se seleccionó seguir el estándar PMBOK 7ª edición para elaborar un Plan de Proyecto que permita asegurar una correcta gestión del mencionado proyecto. De este modo y complementariamente, este trabajo puede ser usado como un caso práctico de aplicación de esta nueva guía a proyectos similares.

1.2. Justificación del trabajo

Este Trabajo de Fin de Grado surge de la necesidad de abordar las nuevas tendencias resultantes de la continua evolución del campo de la Dirección de Proyectos y, con ella, de las diferentes actualizaciones de las metodologías y estándares propuestos para abordar los problemas que surgen en la gestión de proyectos.

Con el cambio de modelo organizativo de las empresas modernas, cada vez más orientado hacia una gestión por proyectos, la correcta planificación y dirección de esos proyectos se ha convertido en la base esencial que garantiza el éxito de las empresas y, con este TFG, se pretende hacer una contribución a este campo.

Más en concreto, en este trabajo se decidió centrarse en la reciente y novedosa, por su enfoque, séptima edición de la guía del PMBOK. Esta guía ofrece una nueva visión en la gestión de proyectos, de forma que su adopción en la planificación de proyectos puede convertirse en un reto para las empresas. En este sentido, la idea principal de este proyecto es ayudar en la asimilación de los conceptos de la guía PMBOK 7ª Edición y, con ello, además, proporcionar el caso práctico de un proyecto real, el de una de una instalación fotovoltaica, el cual pueda usarse como ejemplo de su aplicación.



1.3. Objetivos

El objetivo fundamental de este Trabajo de Fin de Grado es elaborar un plan para la dirección de un proyecto empleando la guía PMBOK 7ª Edición y aplicando los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas del Grado en Organización Industrial relacionadas con la dirección de proyectos. Además, con la realización de este trabajo, el alumno busca incrementar los conocimientos adquiridos durante el mencionado grado universitario profundizando aún más en las últimas novedades del campo de la Dirección de Proyectos.

Reseñar que, aunque en el trabajo se recoja como un ejemplo de aplicación, el proyecto de instalación fotovoltaica es real y ejecutado por la empresa en el autor se encuentra actualmente trabajando, por lo que en la planificación detallada del proyecto se han de seguir los requisitos y objetivos marcados por esta, especialmente en lo referente a la definición de los recursos, el cronograma y los riesgos.

1.4. Estructura del TFG

El presente Trabajo de Fin de Grado se divide en diferentes apartados, en este apartado de “Estructura del TFG” se detalla el orden y el resumen de cada uno de los apartados que componen este documento.

Tras el primer apartado de introducción donde se introduce el porqué del trabajo y se plantean los objetivos, tanto el fundamental como los objetivos secundarios, se desarrolla un apartado de contexto. En este segundo apartado se describe todo lo relativo a la instalación fotovoltaica realizada, se detalla el proyecto y la operativa de la empresa en la que el estudiante se encuentra trabajando. Además, se indican materiales utilizados para el desarrollo de la instalación, así como, los servicios complementarios que ofrece la empresa.

En el tercer apartado, se detalla un análisis de las principales metodologías para la dirección de proyectos. Una vez estas han sido detalladas, se determina cual será la seleccionada para el desarrollo de este proyecto y su porqué.

En el cuarto apartado se realiza el plan para la dirección de proyecto. En él se desarrollan todos los dominios de desempeño que componen la 7ª Edición del PMBOK.



**Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica
realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).**



Además, en el quinto apartado se analizan los costes asociados a este Trabajo de Fin de Grado. Tanto costes directos como indirectos y los valores de las amortizaciones.

Por último, se muestran las conclusiones relativas al Trabajo de Fin de Grado y las líneas futuras de actuación.

2.CONTEXTO



2.1. Descripción del proyecto.

El proyecto sobre el que versa este trabajo de fin de carrera consistió en el proyecto para la implantación de una instalación fotovoltaica en una industria cárnica ubicada en España.

Este proyecto surgió tras un primer estudio de viabilidad de este punto de suministro alternativo. Son numerosos los casos de industrias que buscan en la instalación de placas solares una forma de ahorrar en sus consumos energéticos. Sin embargo, la empresa de ingeniería desarrolladora encargada del proyecto busca ir más allá. Gracias a la tecnología que ellos mismos diseñan, es posible no solo ahorrar gracias a la producción fotovoltaica, sino que además permite monitorizar, registrar y contabilizar con precisión los datos de consumo y producción. Esto es esencial, ya que así el cliente tendrá acceso a toda la información necesaria para una correcta gestión energética.

Desde el punto de vista de la empresa que realiza el proyecto, es esencial que se ajuste a los requisitos impuestos por el cliente y a toda la legislación vigente. Tanto en alcance, como en tiempo y coste.

El alcance propuesto por el cliente para este proyecto es claro, se pretendía elaborar una instalación fotovoltaica de autoconsumo con producción de excedentes acogida a compensación. Para comprender de qué se tratan este tipo de instalaciones es primordial conocer qué es el autoconsumo, el propio término lo indica, y es que una vez se ha realizado la instalación y esta se pone en marcha, la producción se destinará a satisfacer los consumos del cliente, de modo que la factura eléctrica se vea reducida significativamente.

Dado que existen momentos donde se consume menos de lo que se produce, se genera la producción de excedentes. En aquellas instalaciones acogidas a compensación de excedentes, se podrá realizar un vertido de estos a la red eléctrica. Por tanto, el cliente no se beneficiará únicamente del autoconsumo, sino que, además, generará un ingreso extra por la venta de estos excedentes.

El proyecto comenzó buscando la ubicación ideal de este suministro eléctrico, es decir, dónde se pretendía realizar la instalación fotovoltaica. Se estudió para ello la viabilidad de utilizar la cubierta de la planta productiva, que se puede visualizar en la Ilustración 1, ubicada en un pueblo de Cuenca, España y que pertenece a una fábrica cárnica.



Ilustración 1: Ubicación Industria Fuente: Google Maps

Para un proyecto de estas características, la ubicación y configuración de la cubierta en la que se realizará la instalación fotovoltaica es un factor determinante. Es necesario conocer la orientación de esta, siendo, en España, una orientación hacia el sur la óptima, pues así las placas reciben mayor número horas de luz al día.

Una vez determinada la ubicación de la instalación en la cubierta, el siguiente paso consiste en conocer las conexiones disponibles a la red eléctrica, así como establecer los hábitos de consumo del cliente.

En el caso de la industria cárnica considerada, la fábrica se conecta a la red de alta tensión con un centro de transformación propio con una relación de 165500/110V. La factura eléctrica está acogida a una tarifa 6.1TD (anterior 3.1A), que actualmente se divide en 6 periodos de potencia o franja horaria, de P1 a P6. Dependiendo de estos periodos reciben un precio de energía y de potencia diferente. En este caso la tarifa de acceso es de 362 kW en todos los periodos de potencia. El precio de la energía se acoge a una tarifa con precios fijos marcados por su comercializadora.

Respecto al consumo de este cliente, es prácticamente constante a lo largo de todo el día ya que dispone de máquinas frigoríficas donde se almacena la carne. Se podría presuponer que se trata de un consumo estacionario ya que se mantiene prácticamente similar durante todo el año, aunque es cierto que experimenta un aumento en la temporada de verano.



Una vez establecido, de una parte, el emplazamiento de la cubierta, con la disponibilidad y orientación del espacio disponible para la instalación, y por otra, habiendo acotado los consumos energéticos requeridos por el cliente, ya sea gracias a consumos reales previos, o por estimaciones sobre necesidades futuras (lo más ajustadas a la realidad), se podrá realizar el primer pre-estudio.

2.2. Pre-estudio.

El pre-estudio se elaboró mediante un software desarrollado por la ingeniería responsable de realizar la instalación fotovoltaica. Gracias a este estudio se obtuvo una primera idea general del coste de la realización del proyecto, basándose en las estimaciones de los consumos a satisfacer, y en la configuración del espacio disponible para montar la instalación. Este estudio es una aproximación que sirvió para poder mostrar al cliente unos números y una propuesta preliminar del proyecto. Si bien no eran números definitivos, puesto que es imposible definir, en esta etapa inicial, con un alto grado de exactitud el coste o el ahorro exacto, sin embargo, si sirven para que el cliente pueda cuantificar y obtener un orden de magnitud de todas las ventajas que le pueden suponer esta nueva instalación.

Dentro de este pre-estudio se muestra información muy diversa. Tal y como se puede visualizar en la *Ilustración 2*, el informe comienza dando al cliente la información más general de la instalación a realizar. Para el proyecto fotovoltaico propuesto inicialmente se estimó una potencia pico de 88 kWp (posteriormente se determinó, gracias a un estudio más en detalle, y a una visita técnica sobre el terreno, que la instalación necesaria era de 85 kWp, un valor para nada alejado al arrojado por este primer estudio). También se muestra al cliente que se ha planificado usando los módulos típicos que se utilizan genéricamente en una instalación de esta magnitud, 160 Jinko 545 Tiger Pro, y la potencia nominal de los inversores, 80 kWn. Se muestra el tipo de estructura que se ha previsto, en este caso al tratarse de una cubierta plana se necesitará una estructura inclinada. Por último, se ofrece una visión global de la producción esperada 107,76 MWh, una producción más que suficiente para cubrir con los intereses del cliente.

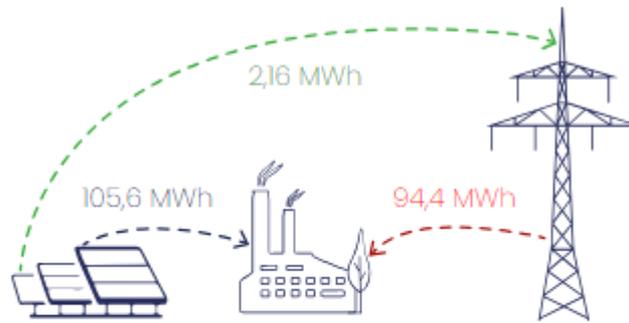


Ilustración 2: Información general pre-estudio Fuente: L.K. (Ikenergia.es)

A continuación, se ve un reparto de generación y consumo anuales. Tal y como se acordó con el cliente, desde el pre-estudio se tendrá en cuenta que se desea hacer un vertido a red de excedentes de modo que se dimensionó la instalación de acorde a ello.

En la *ilustración 3* se puede apreciar la cantidad de energía prevista que se consumirá de la red (flecha roja) 94,4 MWh, cuánto se estima que se generará para el autoconsumo (flecha azul) 105,6MWh y, por último, cuánto se estima que producirá y verterá a la red de excedentes (flecha verde), 2,16 MWh.

Reparto de generación y consumo anuales



Azul: Energía generada y autoconsumida de manera instantánea

Verde: Energía generada excedentaria y que puede ser vertida a la red

Rojo: Energía suministrada por la red en momentos de falta de generación fotovoltaica.

Ilustración 3: Reparto de generación y consumo anuales Fuente: L.K. (Ikenergia.es)

Los valores del consumo anual se estimaron gracias a los datos de consumos previos aportados por el cliente y, adicionalmente, se realizó una estimación del consumo en un día promedio de la industria cárnica. A partir de estos datos, se pudo establecer un perfil de consumo del cliente y se ajustó la instalación de acorde a ello. En la *Ilustración 4*, podemos visualizar la producción frente al consumo de la industria gracias a los datos.



Ilustración 4: Producción y consumo promedio Fuente: L.K. (Ikenergia.es)

Una de las partes vitales del pre-estudio es el estudio económico. Gracias a la aproximación proporcionada por la aplicación de cálculo desarrollada por la empresa instaladora, se obtuvo una primera estimación del presupuesto de la

instalación, de forma que se estimó que el coste total de esta instalación rondaba los **64.619,33 € (SIN IVA)**, visualizar en *Ilustración 5*.



Ilustración 5: Información económica y tiempo de retorno

Fuente: L.K. (lkenergia.es)

El tiempo de retorno, entendido como el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial a través del ahorro generado por el ahorro eléctrico posterior, se estimó que era de aproximadamente 2 años. Para proyectos de este tipo, un tiempo de retorno menor de 5 años es un indicio de que el proyecto resulta una inversión altamente rentable. A más largo plazo, los beneficios aportados a lo largo de los 25 años que se estima que dure la instalación, los podemos observar la *Ilustración 6*. La diferencia entre la inversión inicial frente al beneficio aportado a los 25 años es notable.



Ilustración 6: Comparativa entre inversión inicial y beneficio tras 25 años

Fuente: L.K. (lkenergia.es)

Otra vista de los beneficios a largo plazo frente a la inversión inicial se observa en la *ilustración 7*. En esta imagen se puede ver el flujo de caja a lo largo de los 25 años que se prevé que se mantenga activa esta instalación.



Ilustración 7: Flujo de caja tras pago al contado de la Fuente: L.K. (lkenergia.es)

Dentro del documento de estudio previo, presentado antes de comenzar con el estudio en detalle, se incluyen diferentes servicios que por la empresa desarrolladora del proyecto se ofrecen de manera complementaria al cliente.

Dentro de estos servicios, se encuentra el mantenimiento de la instalación. Se ofertan diferentes modalidades o planes de mantenimiento, como se puede ver en la *Ilustración 8*. Así, como diferentes formas de mantenimiento, podemos encontrar planes dedicados al mantenimiento preventivo para asegurar el máximo rendimiento de la instalación fotovoltaica, planes dedicados exclusivamente al seguimiento y limpieza, y planes más completos que cubren todo tipo de acciones para que el cliente no tenga que preocuparse de nada.

Otro servicio complementario que se ofrece en este primer estudio es la gestión de posibles ayudas y subvenciones. Este servicio pretende ahorrar toda la carga burocrática al cliente, gestionándose todo desde la propia empresa desarrolladora del proyecto.

Dentro de este pre estudio se plantea la posibilidad de integrar un sistema de telemedida. Este sistema permite ajustar la potencia del cliente ya que una vez instalada la fotovoltaica la curva de consumo cambiará totalmente. Además, la telemedida permite registrar los excedentes para poder comprobar si estos están siendo bien contabilizados y remunerados.



(IVA no incluido)

Ilustración 8: Planes de mantenimiento, importe económico. Fuente: L.K. (lkenergia.es)

Para disponer del sistema de telemedida es necesario un contador con un módem. Este conjunto permite captar todos los datos relativos al consumo energético y, además, enviarlos a una plataforma web donde se podrán visualizar.

A partir de los datos recopilados en la plataforma podremos optimizar de forma directa la potencia a contratar en cada periodo. Gracias a esto el coste de potencia total, compuesto por el término de potencia contratada y el término de excesos de potencia, se ajustará de forma que sea mínimo.

2.3. Visita y proyecto técnicos.

Una vez mostrado al cliente el pre-estudio y confirmada su conformidad con este, se procedió con la visita técnica. Esta visita la realizó un ingeniero, que forma parte del equipo de dirección de proyecto. Este se presentó en la



ubicación y evaluó los diferentes aspectos técnicos necesarios para poder acotar todos aquellos detalles que no fueron esclarecidos a través del software.

Esta parte es esencial ya que, gracias a esta visita, se evitan sorpresas del tipo sobrecostes no conocidos que puedan paralizar el proyecto.

En estas visitas técnicas se comprueban entre otras cosas la distancia hasta el transformador del suministro eléctrico, que el estado del centro de transformación y de la propia instalación sea óptimo, que el estado de la cubierta sea adecuado para poder soportar una instalación de ese tamaño o que no se trate de una cubierta de uralita (no se realizan instalaciones sobre cubiertas de este tipo).

Teniendo toda la información relativa a esta visita técnica, se realizó el proyecto técnico en detalle. Este proyecto se realiza en el departamento de ingeniería/fotovoltaica y se contemplan todos los factores analizados durante la visita. Se dimensiona la instalación del cliente gracias a consumos reales y se sopesan todos los posibles sobrecostes para que haya el menor número de sorpresas durante el desarrollo del proyecto, evitando así que retrase la finalización de este.

El contenido de este estudio aborda todas las cuestiones técnicas que afectan al proyecto.

2.4. Materiales

Una de las partes más relevantes en la elaboración de una instalación fotovoltaica, es la elección de los **paneles fotovoltaicos** que compondrán la futura instalación.

En el caso del proyecto de la industria cárnica la elección se orientó hacia placas de silicio policristalino, en este caso los cristales de silicio no están orientados de igual forma por lo que la red cristalina no es uniforme. Esto hace que, respecto a una placa de silicio monocristalino (donde si están orientados de la misma forma y con pocas imperfecciones), el coste de fabricación del material sea algo inferior y la eficiencia obtenida sea similar. Se instalaron paneles fotovoltaicos de una de las marcas líderes en el sector, *Placa Solar 335 Wp Jinko Eagle JKM335PP-72 (Ilustración 9)* con una potencia máxima de 335 Wp. Se estima que la vida útil de este tipo de placas es de 25 años.



Ilustración 9: Placa Solar 335 Wp Jinko Eagle JKM335PP-72 Fuente: Jinko Solar (jinkosolar.com)

Otra de las partes esenciales que compone una instalación fotovoltaica es el **inversor**, es el equipo encargado de convertir una corriente continua de entrada en una corriente alterna de salida, ya sea cuadrada, senoidal o triangular. En este caso se trata de una señal senoidal con una frecuencia de 50Hz y tensión de 230 V. Hay que tener en cuenta unos criterios para la selección del equipo para que este se adapte a las necesidades de la instalación:

- El inversor debe tener una alta eficiencia de conversión para minimizar pérdidas energéticas.
- Un requisito indispensable es disponer de sistema de medida y monitorización para que tanto el cliente como la empresa pueda monitorizar la producción.
- El inversor debe garantizar admitir picos de potencia del 150% o más de su potencia nominal, evitando así la posibilidad de averiarse de forma continuada. Además, debe disponer de protección frente sobrecargas y cortocircuitos.
- Este dispositivo debe disponer de aislamiento galvánico de forma que no haya contacto alguno entre ambos circuitos.

Teniendo en cuenta estos factores el modelo de inversor seleccionado fue el *Inversor Huawei SUN2000- 33KTL-A Trifásico 33kVA (Ilustración 10)*, este inversor cuenta con una eficiencia de 98.4%, siendo uno de los mejores del mercado. Una de las principales ventajas de este modelo, además de ofrecer

un gran rendimiento a un precio asequible, es que cuenta con una comunicación inalámbrica entre los diferentes inversores, por lo que la sincronización es muy sencilla.



Ilustración 10: Inversor Huawei SUN2000- 33KTL-A Trifásico 33kVA Fuente: Huawei (solar.huawei.com)

La unión y asociación de los módulos es de vital importancia para que toda la instalación funcione correctamente.

Existen diferentes tipos de asociación, en serie, donde la corriente que circula por los módulos es la misma para todos. En este caso se incrementa la tensión y se mantiene la corriente.

En el caso de la asociación en paralelo, la tensión de trabajo es la misma. A diferencia de la asociación en serie, se incrementa la corriente, pero se mantiene la tensión. En la instalación de la industria cárnica se formaron 12 ramas con 21 módulos en serie cada uno, obteniendo una potencia pico de 85 kWp.

Las **vigas y pilares** son los elementos estructurales encargados de soportar los esfuerzos mecánicos provocados por los módulos fotovoltaicos. Sobre la cubierta se fijó un sistema de anclaje sobre el que se deslizarán los módulos hasta su ubicación final donde se ancló mediante tornillos, topes o pernos de anclaje, con su posterior sellado para evitar filtraciones.

Es importante realizar una correcta distribución y fijación de este elemento estructural buscando solidez y evitando movimientos que puedan comprometer el estado de la cubierta y poner en riesgo la estructura de la edificación. La estructura utilizada, se puede apreciar en la *Ilustración 11*, es una estructura de triángulo con inclinación de 30°.

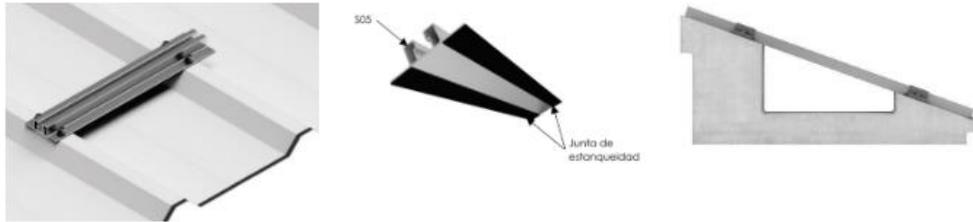


Ilustración 11: Estructura del soporte de las placas. Fuente: Autosolar (autosolar.es)

Respecto al **cableado** a utilizar, se debe diferenciar entre el empleado en la parte continua y la parte alterna. **Cableado entre paneles** cada módulo cuenta con conectores MC4 (Ilustración 12) que se puede adaptar en caso de que los cables de la instalación sean de 6mm o 4mm de sección. Estos conectores, como se puede ver en la *Ilustración 12*, son una forma sencilla que permite unir los paneles en serie y desconectarlos de manera rápida en caso de que fuese necesario.



Ilustración 12: Conectores MC4 Fuente: DSP Solar (distribucionessolares.es)

Para la **conexión entre corriente continua y el inversor** se incluyó cable de 4mm de sección de cobre clase 5 según UNE-EN 60228. Estos cables disponen de un aislamiento de polietileno reticulado según normativa UNE-HD 603-1 y una cubierta de poliolefina ignífuga de acuerdo con UNE 21123-4. Todas las especificaciones acogidas a la norma UNE 21123-4. Un ejemplo de este cable sería el *ECOREVI RZ1-K*, mostrado en la *Ilustración 13*.



Ilustración 13: ECOREVI RZ1-K. Fuente: Grupo Revi (grupo-revi.com)

Conexión inversor corriente alterna, se trabaja con un cable de condiciones idénticas al comentado anteriormente, cambiará la sección por una de 16mm.

El **contador** a instalar en el suministro eléctrico es de la marca Circutor, homologado por las diferentes distribuidoras. El modelo exacto es el **CIRWATT B 502**.



Ilustración 14: Contador Circutor CIRWATT B 502. Fuente: Circutor (circutor.com)

Este contador cuenta con la opción de programar tarifas, festivos, cierres... La empresa encargada de realizar el proyecto instala un módem vía puerto serie a través de un DB9. Gracias a este módem se realiza la telemedida y permite volcar los datos recogidos en la plataforma web.



2.5. Servicios de valor añadido

Gracias a una plataforma web automatizada, el cliente podrá visualizar las diferentes variables de consumo en un intervalo de 2 minutos, 15 minutos, 1 hora, días, semanas o meses. Para ello, el módem captura los datos con una frecuencia de 2 minutos o 15 minutos (según contrato) y los envía a la base de datos de la plataforma web. Además, el propio contador es capaz de almacenar los datos por sí mismo en caso de que este módem falle.

Como se puede ver en los gráficos de *las ilustraciones 15 y 16* la plataforma web permite visualizar los datos de consumo del cliente, tanto de energía activa cómo potencia activa frente a la contratada. Esto permite tener una idea de los consumos reales y de cuándo estos se han producido.

Es interesante desde el punto de vista de la industria conocer cuando se producen estos consumos y tratar de ajustarlos, si es posible, a los periodos de menor coste para conseguir un ahorro significativo.

Estos gráficos nos permiten ver si se están produciendo excesos de potencia y cuándo suceden. Estos excesos se penalizan en factura y pueden llegar a ser realmente costosos para las empresas. Gracias a conocer cuando se producen estos, se podrá actuar en consecuencia, ya sea modificando la tarifa o ajustando los consumos de acorde a ella.

Otra importante aplicación que tienen estos gráficos es conocer consumos que se están produciendo y que la dirección de la empresa no es conocedora de ellos, aires acondicionados que no se apagan, por ejemplo.

También se disponen de gráficos relacionados con la energía reactiva inductiva y capacitiva. Estas energías penalizan en factura a los clientes, lo que supone mayores pérdidas económicas.

En relación con lo comentado anteriormente, tanto excesos de potencia, como cortes de suministro, la plataforma permite crear alertas inteligentes que notifican al usuario en función de su programación, es decir, cuando se sobrepase un valor determinado o se produzca un corte en el suministro, la plataforma web enviará una notificación al correo. Su objetivo final es que el cliente conozca qué está pasando y pueda actuar. Un claro ejemplo en el caso de la empresa cárnica sería notificar si se produce un corte ya que toda la materia prima se almacena en cámaras frigoríficas y podrían producirse cuantiosas pérdidas económicas.

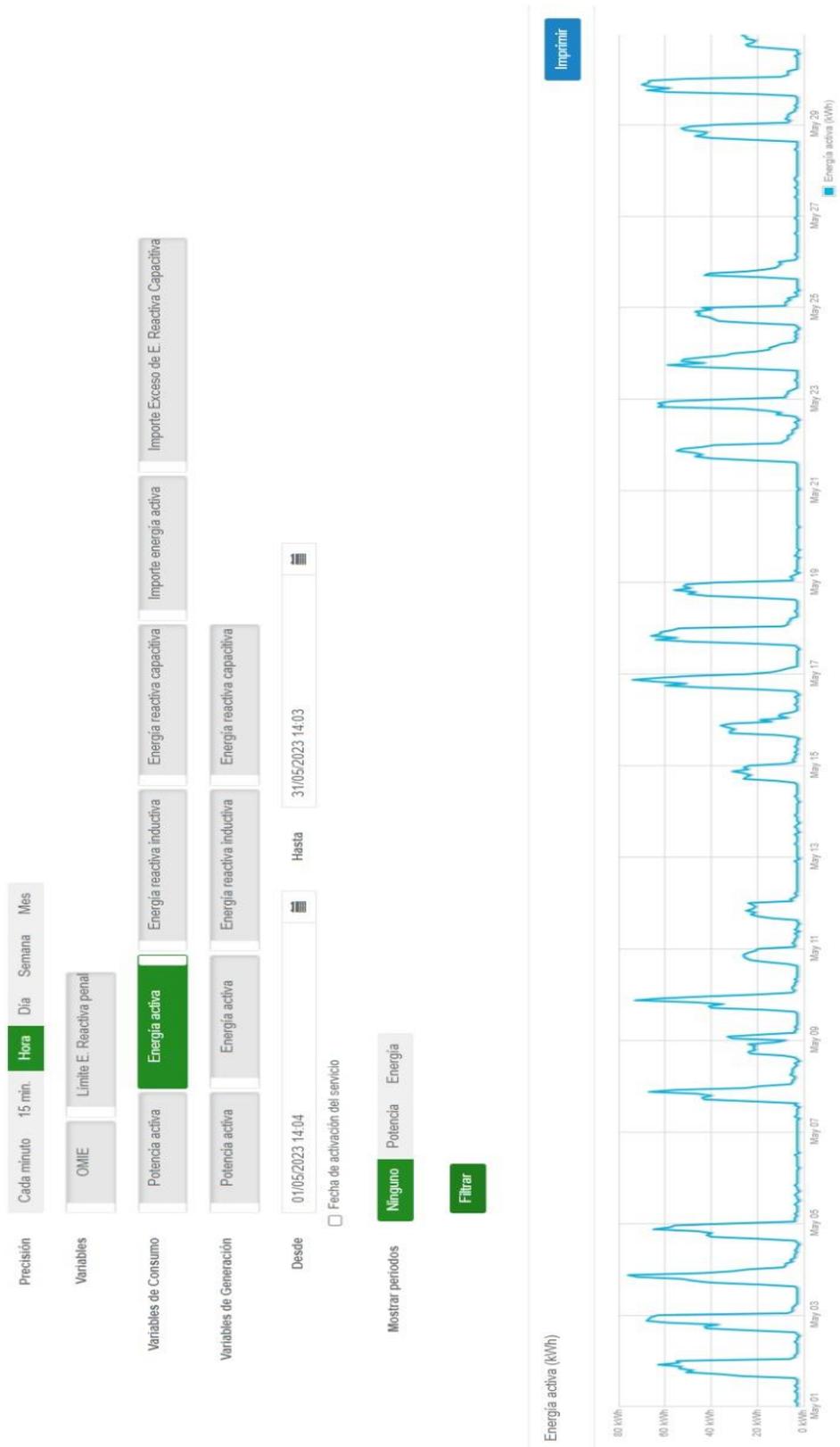


Ilustración 15: Gráfico web de consumo de energía activa. Fuente: Empresa Instaladora (lkenergia.es)

Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).

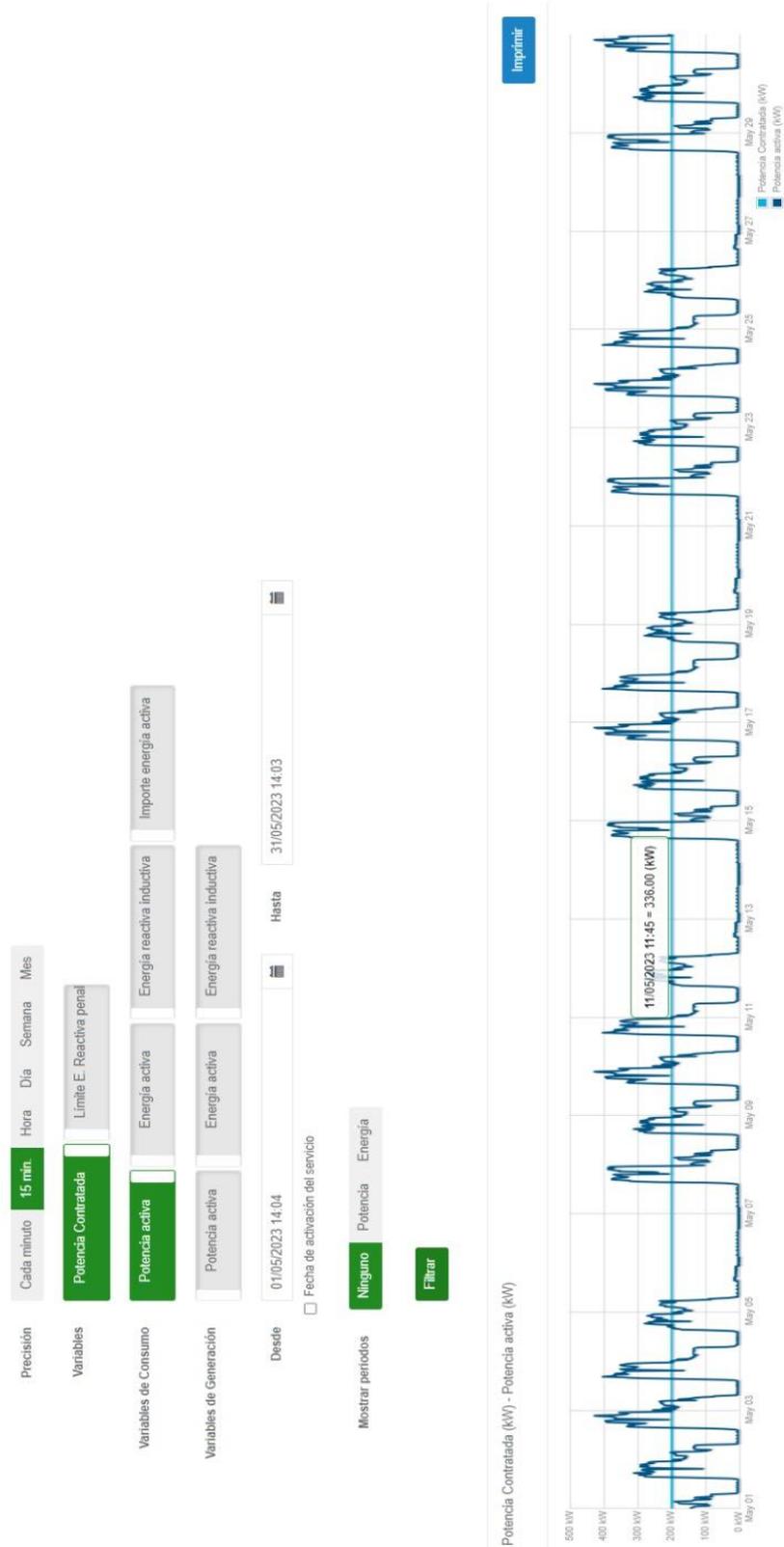


Ilustración 16: Gráfico web de consumo de potencia activa frente a potencia contratada. Fuente Empresa Instaladora (Ikenergia.es)



Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).



Dentro de la plataforma es posible configurar el contrato eléctrico del suministro con las variables y fórmulas que aplica la comercializadora. Se podrán cargar las fórmulas tanto indexadas como fijas para realizar simulaciones de factura para poder comparar con las que recibe el cliente y así comprobar que estas son correctas. Son numerosos los casos de facturación incorrecta y esta herramienta permite conocer la situación y tomar las medidas oportunas.

Una vez establecidas las bases técnicas sobre las que se sostiene este trabajo de fin de grado, se elabora el plan de proyecto asociado. Para ello es necesario conocer y estudiar las diferentes metodologías dedicadas a la dirección de proyectos. Por tanto, en el siguiente capítulo evaluaré diferentes metodologías y estándares y se determinará cuál es la que mejor se adapta a nuestro plan de proyecto.

3. METODOLOGÍA



3.1. Principales metodologías para la dirección de proyectos

La gestión adecuada de un proyecto es un proceso complejo y en muchas ocasiones el desconocimiento, una planificación poco rigurosa o, simplemente la falta de una estructura clara complica la consecución de los objetivos establecidos. Es por ello por lo que surge la necesidad de establecer una serie de estándares o metodologías.

Según la definición de Jason Charvat [1] una metodología se puede definir como conjunto de pautas que pueden ser adaptadas y aplicadas a una determinada situación. Esta metodología no es únicamente un conjunto de pautas, puede tratarse, por ejemplo, de un determinado enfoque, plantillas o *checklist*.

Con el creciente interés en la dirección de proyectos, para muchos autores, como Montes-Guerra, M., Ramos, F. G., & Díez-Silva, M. [2], esta se considera como una competencia básica en la industria y el sector de los servicios. Su principal fuente de expansión reside en las organizaciones que han fomentado su desarrollo. Estas organizaciones (PMI, APM, ISO, PMAJ, etc.) han realizado una serie de publicaciones con las metodologías y estándares por ellas desarrolladas en lo relacionado con la dirección de proyectos, dando como resultando, entre otras, a las más influyentes entre las que se encontrarían la ICB, el PMBOK, PRINCE2 y P2M.

En este apartado se presenta una breve introducción a estas diferentes metodologías y estándares, así como de las organizaciones desarrolladoras de las mismas. Además, se determinarán las ventajas y desventajas de cada una de ellas. Por último, se analizará cuál es la metodología seleccionada para la planificación del proyecto presentado en el capítulo 2 de este TFG, y las razones por las que se considera que es la que mejor se adapta actualmente a los proyectos de este tipo.

3.1.1. ICB

IPMA (International Project Management Association), anteriormente conocida como INTERNET (INTERNational NETwork) e IMSA (International Management Systems Association), surge en 1965 en Suiza y se dedica a promover la dirección de proyectos [3].

La filosofía de IPMA gira en torno al “ojo de la competencia”, que, a su vez, se divide en tres tipos de competencias e integra todos los elementos que debe poseer un director de proyectos para poder gestionar adecuadamente un proyecto.

IPMA desarrolla el estándar ICB (IPMA Competence Baseline). Actualmente, se encuentra en la versión ICB 4.0 contando con 29 competencias relacionadas con la práctica, las personas y la perspectiva [4].

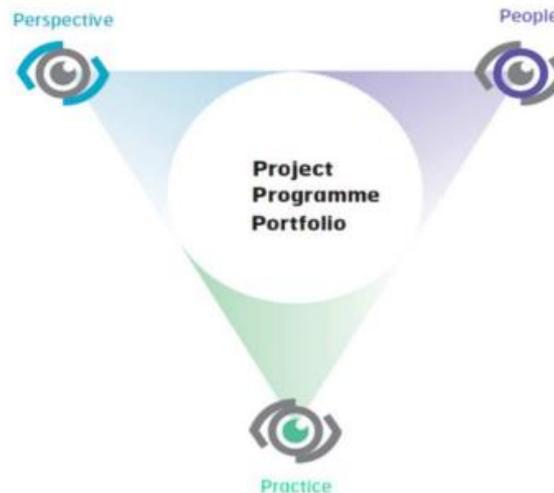


Ilustración 17: Dimensiones del estándar ICB 5.0 Fuente: [4]

Dimensión de perspectiva: se enfoca en la capacidad del encargado de la gestión de proyectos para entender y abordar los diferentes contextos que afectan a un proyecto.

Dimensión de personas: se enfoca en las competencias interpersonales y de liderazgo necesarias para gestionar equipos de dirección de proyecto.

Dimensión de práctica: se enfoca en las competencias específicas requeridas para ejecutar y controlar proyectos.

3.1.2. PMBOK

La guía PMBOK es desarrollada por el PMI (Project Management Institute). Se funda en el año 1969 con el objetivo de identificar las prácticas de gestión común en los proyectos de las empresas.

A partir de 1991 se publica la primera edición del PMBOK la cual evoluciona hasta la séptima edición publicada en 2021 [5].

Este estándar proporciona directrices, normas y características para la dirección de proyectos. Hasta la sexta edición se describen los procesos que componen la dirección de proyectos, incluyendo las interacciones entre ellos [5]. Sin embargo, en la última edición del PMBOK, PMBOK: 7ª Edición [5], la gestión de proyectos se basa en un enfoque basado en 8 dominios de desempeño, frente a los procesos de las versiones anteriores.

Estos dominios de desempeño están basados en los principios de la dirección de proyectos. Se organiza en 12 principios y en 8 dominios de desempeño. Además, se proponen una serie de modelos, métodos y artefactos con el fin de lograr una dirección de proyectos eficaz, sin olvidar la importancia de la adaptabilidad [5].

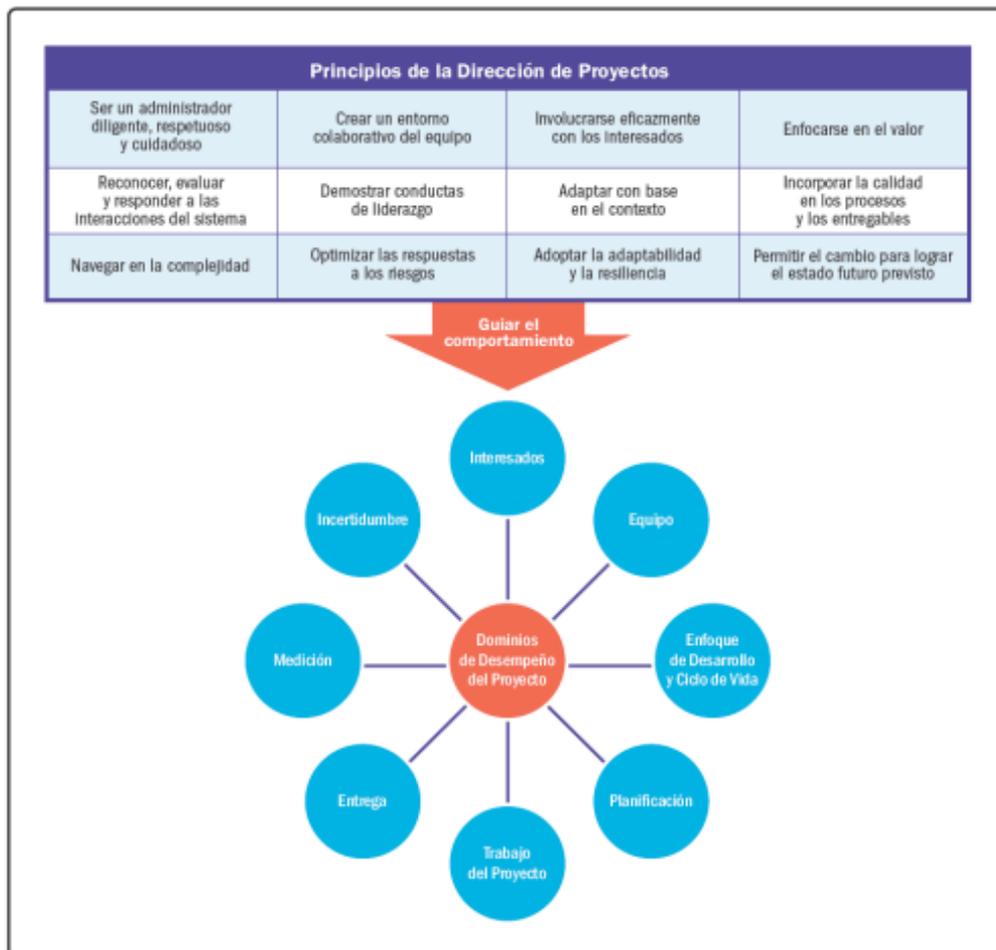


Ilustración 18: Relación entre los principios de dirección de proyectos y los dominios de Desempeño del Proyecto. Fuente: [5]

3.1.3. PRINCE 2

PRINCE2 (PROjects IN CONTROLLED ENlIDERMENTS) [6] es una metodología surgida en los años 80 en Reino Unido. Está basada en procesos para una gestión eficaz de los proyectos.

En los proyectos de hoy en día existen diferentes grupos de personas involucradas, incluyendo proveedor, cliente y usuario. Esta metodología ofrece un lenguaje común para todas las partes interesadas. PRINCE2, no se limita a



describir las personas involucradas en el proyecto y las responsabilidades de estas, además, explica cómo gestionar la calidad y cómo controlar el cambio. Ofrece diferentes métodos para controlar el impacto de los cambios evitando así que haya discordancias entre la idea inicial y el resultado.

La estructura de este estándar es la siguiente:

Principios: se basa en siete principios que componen la base para la correcta gestión de proyectos. Estos principios incluyen: roles y responsabilidades definidas, gestión por etapas, planteamiento adaptado a cada proyecto, los proyectos deben tener una justificación comercial.

Temas: se establecen siete temas recurrentes a lo largo del proyecto. Entre estos temas se incluyen: organización, calidad, gestión de riesgos o comercial. Cada uno de estos temas aporta medidas para abordar los aspectos claves de un proyecto.

Procesos: se definen un conjunto de procesos que guían el proyecto a lo largo de la duración de este. En estos procesos se incluyen el inicio de un proyecto, la iniciación de este, el control de las diferentes etapas o el cierre del proyecto. Cada uno de estos procesos cuenta con unas actividades específicas a llevar a cabo.

PRINCE2 permite a las organizaciones establecer un lenguaje común para gestionar proyectos. Además, existe una certificación relativa a esta metodología que certifica el conocimiento sobre ella.

3.2. Estándar seleccionado: guía PMBOK 7ª Edición

El estándar seleccionado para abordar la planificación del proyecto objeto de este trabajo de fin de grado es la séptima y más reciente edición de la guía elaborada por el PMI, el PMBOK: 7ª edición, publicada en el año 2021 [5]. En los últimos años, con el importante avance de la tecnología y los rápidos cambios en el mercado obligan a modificar el mundo del trabajo, obligando a este a profesionalizarse. Es por ello por lo que estándares dedicados a la dirección de proyectos deben actualizarse para adaptarse a los nuevos tiempos.

En esta nueva edición del PMBOK se reflejan los diferentes enfoques de desarrollo (predictivo, tradicional, ágil ...). Se amplía la lista de herramientas a través de una nueva sección "Modelos, métodos y artefactos". La séptima edición se orienta a los resultados de los proyectos, así como a sus entregables.



3.2.1. Principios de la dirección de proyectos

Los principios de la dirección de proyectos sirven para la toma de decisiones y resolución de problemas. Están concebidos para guiar el comportamiento de las personas involucradas en la dirección de proyectos. Están basados en cuatro valores fundamentales para la dirección de proyectos [5]:

- Responsabilidad
- Respeto
- Imparcialidad
- Honestidad

Los 12 principios, cuyo propósito es proporcionar orientación para una dirección de proyectos eficaz, son los siguientes.

- **Administración:** los administradores actúan de manera responsable para el desarrollo de las actividades mientras se cumplen las pautas internas y externas. Una correcta gestión de la administración toma en cuenta la conciencia financiera, social, técnica y la sostenibilidad ambiental.
- **Equipo:** los equipos los componen personas de diferentes perfiles, habilidades y experiencia. La colaboración entre los integrantes de estos equipos es esencial para lograr los objetivos establecidos para el equipo de proyecto. Son estos equipos quien entregan los proyectos. Un entorno colaborativo facilita el aprendizaje y desarrollo tanto individual, como del equipo.
- **Interesados:** se debe involucrar a los interesados de forma que estos sean partícipes en la medida de lo posible para contribuir con el éxito del proyecto. Los interesados influyen en los proyectos y en los resultados. El involucramiento promueve la entrega de valor proactiva.
- **Valor:** realizar una constante evaluación del proyecto junto con los objetivos del negocio y los beneficios. El valor es el indicativo definitivo del éxito de un proyecto. Este valor se puede lograr a lo largo del proyecto, al final del proyecto o después de que se haya completado. Se puede definir en términos cuantitativos o cualitativos. Es importante evaluar el progreso del proyecto para poder maximizar el valor.
- **Pensamiento sistémico:** un proyecto es un sistema de dominios de actividad interdependientes. El pensamiento sistémico implica tener una visión holística de cómo interactúan entre si las partes del proyecto,



Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).



así como, con los sistemas externos. Los sistemas cambian continuamente por lo que requieren atención constante. Reaccionar a los cambios rápidamente permite al equipo de proyecto aprovechar los resultados positivos.

- **Liderazgo:** adaptar los comportamientos de liderazgo con el fin de apoyar las necesidades individuales y de equipo. El liderazgo efectivo promueve el éxito del proyecto. No confundir liderazgo con autoridad. Existen diferentes comportamientos de liderazgo y cualquier componente del equipo puede demostrarlos.
- **Adaptación:** diseñar el enfoque de desarrollo del proyecto basado en el contexto del proyecto, los interesados y sus objetivos con el fin de lograr el objetivo deseado maximizando el valor. Es importante señalar que cada proyecto es único. Adaptar el enfoque se prolonga a lo largo de la duración del proyecto.
- **Calidad:** mantener los estándares de calidad produciendo entregables cumpliendo los objetivos del proyecto. La calidad se puede medir en el grado de satisfacción de los interesados y en el cumplimiento de los requisitos del proyecto. La calidad se centra en cumplir con los criterios de aceptación de los entregables. La calidad está relacionada con hacer los procesos que componen los proyectos sean lo más eficaces posibles.
- **Complejidad:** evaluar la complejidad del proyecto para que el equipo pueda navegar con éxito durante la duración del proyecto. La complejidad surge del comportamiento humano, las interacciones entre los sistemas, la incertidumbre y la ambigüedad. La complejidad puede producirse en cualquier momento durante el proyecto. Es importante que por parte del equipo de proyecto se identifiquen los elementos de complejidad y utilizar los métodos para reducir el impacto de esta.
- **Riesgo:** Evaluar la exposición del riesgo continuamente, tanto de amenazas como de oportunidades con el fin de minimizar el impacto negativo y maximizar el positivo. Los riesgos afectan al desarrollo del proyecto. Pueden ser positivos (oportunidades) o negativos (riesgos). Las respuestas a estos riesgos deben ser: adecuadas a la importancia del riesgo, eficientes, realistas y acordadas por el equipo y los interesados.
- **Adaptabilidad y resiliencia:** ser capaz de responder a las condiciones cambiantes y enfocarse en la resiliencia de los enfoques de la organización y del equipo de proyecto para ayudar al mismo a asentar el cambio y responder a los cambios repentinos.

- **Cambios:** preparar a los afectados para la adopción de los cambios o procesos nuevos requeridos para la transición del estado actual a un nuevo estado. El cambio puede originarse por influencias internas o externas. Gestionar el cambio puede ser una tarea complicada ya que puede existir resistencia a este, es por eso por lo que no es conveniente intentar demasiados cambios en un breve periodo de tiempo.

3.2.2. Dominios de desempeño del proyecto

Se conoce como dominio de desempeño del proyecto al grupo de actividades que son fundamentales para la entrega de los resultados del proyecto. Los dominios de desempeño del proyecto son interactivos y están interrelacionados. La 7ª edición del PMBOK destaca, por primera vez, la importancia de los siguientes ocho dominios de desempeño del proyecto [5]:

- **Dominio de desempeño de los interesados.** Se encarga de las actividades y funciones asociadas a los *stakeholders*. Se conoce como *stakeholder* a un individuo, grupo u organización que pueda afectar, verse afectado por una actividad, decisión o resultado del proyecto.



Ilustración 19: Ejemplos de Stakeholders de un proyecto. Fuente: ideassem.com

Una correcta gestión de este dominio de desempeño desemboca en una relación de trabajo productiva con los interesados a lo largo del proyecto. Aquellos *stakeholders* que son contrarios al desarrollo del

proyecto no intervienen negativamente en el desarrollo de este y aquellos que se posicionan favorablemente brindan apoyo.

El involucramiento de los interesados conlleva la aplicación de una serie de estrategias para implicarlos. El ciclo podría resumirse en la *ilustración 20*.

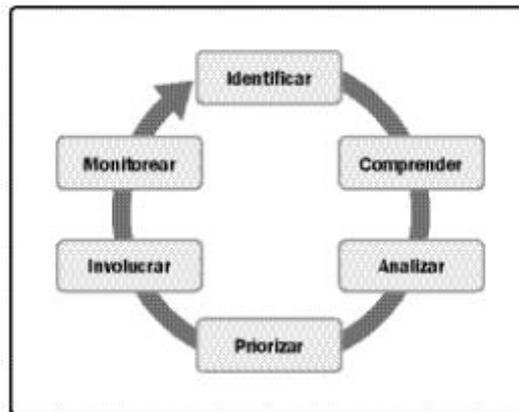


Ilustración 20: Ciclo de involucramiento de los interesados Fuente: [5]

- **Dominio de desempeño del equipo.** Se encarga de las actividades y funciones asociadas a las personas responsables de producir los entregables del proyecto. La correcta gestión de este dominio desemboca en un equipo de alto rendimiento. Todos los miembros del equipo demuestran liderazgo aplicable y nuevas habilidades interpersonales.

Existen una serie de figuras relevantes dentro de un equipo de proyecto. Se conoce como equipo de proyecto a un conjunto de individuos que realizan un proyecto con el fin de alcanzar unos objetivos. Surge la figura de director del proyecto que es la persona encargada de liderar al equipo de proyecto.

Se proponen una serie de habilidades de liderazgo para todos los integrantes del equipo de proyecto tales como: establecer y mantener la visión, pensamiento crítico, motivación y desarrollo de habilidades interpersonales.

- **Dominio de desempeño del enfoque de desarrollo y del ciclo de vida.** Se encarga de las actividades y funciones relacionadas con el enfoque del desarrollo, la cadencia y las fases del ciclo de vida del proyecto. Un ciclo de vida que consiste en fases que conectan la generación de valor del negocio y el valor para los interesados. Un entregable es cualquier producto o un resultado verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto.



Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).



Un enfoque de desarrollo es el medio utilizado para crear un servicio o un producto durante el ciclo de vida del proyecto. Existen diversos enfoques de desarrollo.

- Enfoque predictivo: se basa en una planificación detallada del proyecto antes de su comienzo, es decir, alcance, costes o recursos son conocidos y están completamente definidos. Este enfoque se caracteriza por ser de naturaleza secuencial. Existen una serie de fases que se ejecutan en un orden determinado.
- Enfoque adaptativo: este enfoque es el correcto cuando existen requisitos con alto nivel de incertidumbre y puede que estos a lo largo del proyecto cambien. Está basado en la continua adaptación y la colaboración entre los integrantes del equipo de proyecto y los interesados.
- Enfoque híbrido: es una combinación de los enfoques anteriores. Lo más habitual es utilizar un enfoque secuencial que permite realizar cambios durante el desarrollo. Cobra gran importancia esta última parte ya que se considera que el proyecto es cambiante y surgen nuevas necesidades.

La elección del enfoque adecuado es de vital importancia.

- **Dominio de desempeño de la planificación:** se encarga de las actividades y funciones asociadas con la organización y coordinación iniciales, continuas y en evolución necesarias para el desarrollo de los elementos entregables y los resultados del proyecto. Comprendido dentro de este dominio podemos encontrar la definición del alcance y la gestión del tiempo y de los costes.

Existen una serie de variables que influyen en la planificación de un proyecto. El propio enfoque de desarrollo afecta a la planificación de un proyecto. Los entregables de un proyecto requieren planificación específica por lo que es necesario contar con ella desde un primer momento. La propia organización impone unas políticas o procedimientos que llevan asociada una planificación. El mercado condiciona la planificación de un proyecto ya que normalmente los proyectos se desarrollan en un entorno altamente competitivo.

- **Dominio de desempeño del trabajo del proyecto:** se encarga de las actividades y funciones asociadas con el establecimiento de los procesos del proyecto y la gestión de los recursos físicos. El correcto desarrollo de este dominio de desempeño desemboca en unos procesos adaptados al proyecto y al entorno. Correcta comunicación con los



Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).



interesados. Gestión eficiente de los materiales, equipamiento y de la logística. Monitorizar los cambios que puedan afectar el proyecto.

La forma de optimizar los procesos para el entorno incluye:

- Métodos de producción Lean: se utilizan técnicas como el mapeado de flujo de valor para medir las actividades que agregan valor y las que no. Estas técnicas permiten identificar aquello que no aporta valor a los sistemas de producción.
 - Reuniones de lecciones aprendidas: en estas reuniones se busca mejorar el funcionamiento del equipo, para ello se revisa la forma de trabajo y se sugieren cambios.
 - Determinar si se debe continuar con el proceso actual o si es preferible pasar a la siguiente actividad.
- **Dominio de desempeño de la entrega:** se ocupa de las actividades y funciones asociadas con la entrega del alcance y la calidad para cuyo logro se emprendió el proyecto. El objetivo final es cumplir con los requisitos establecidos. Es importante establecer los requisitos desde la fase inicial, aunque es importante señalar que estos requisitos pueden definirse a lo largo del proyecto y pueden evolucionar a lo largo de este. El equipo de proyecto debe tener una clara comprensión de los requisitos.

Existen unos pasos para gestionar los requisitos: se empieza determinando todos los requisitos, deben ser claros, concisos, verificables, consistentes, completos y trazables. A continuación, estos requisitos evolucionan y surgen nuevos. Por último, se gestionan todos estos requisitos.

- **Dominio de desempeño de la medición:** se encarga de las actividades y funciones asociadas con la evaluación del desempeño de los proyectos y la toma de medidas para mantener un desempeño aceptable o para mejorarlo. Un correcto desarrollo de este dominio de desempeño consigue datos procesables que facilitan la toma de decisiones al equipo de dirección de proyectos. Búsqueda de acciones oportunas y apropiadas para mantener el desempeño del proyecto. Lograr objetivos y generar valor de negocio mediante la toma de decisiones informadas basadas en evaluaciones confiables.

Establecer medidas efectivas ayuda a garantizar que las cosas correctas se midan y se informe a los interesados. Gracias a estas medidas se pueden evaluar y generar información del estado del proyecto para ayudar a mejorar el desempeño del proyecto. Existen KPIs que permiten medir el éxito del proyecto.



Las métricas deben ser específicas, significativas, alcanzables, relevantes y oportunas.

- **Dominio de desempeño de la incertidumbre:** se ocupa de las actividades asociadas al riesgo, la incertidumbre y la gestión de estos. Busca identificar los riesgos e incertidumbres que pueda presentar el proyecto para poder actuar sobre ellos. Además, también se evalúan oportunidades y amenazas. Se busca una exploración proactiva y respuesta a la incertidumbre.

Para la correcta gestión de los riesgos se plantean diferentes posibilidades como recopilar información, estar preparado para múltiples resultados, diseño basado en conjuntos o incorporar resiliencia.

3.2.3. Adaptación

A continuación de los dominios de desempeño, en el PMBOK 7ª Edición [5] se presenta el apartado de adaptación. Esta adaptación consiste en la adecuación del enfoque, la gobernanza y los procesos de dirección de proyectos para que se ajusten al entorno y al trabajo en cuestión.

El proceso de adaptación se basa en los principios de la dirección de proyectos presentados anteriormente, los valores organizacionales y la cultura organizacional.

Es importante el proceso de adaptación ya que permite ajustarse mejor a la organización, al entorno competitivo y las necesidades del proyecto. Una correcta adaptación produce unos beneficios directos e indirectos a las organizaciones:

- Incrementa el compromiso por parte de los miembros del equipo de proyecto.
- Uso eficiente de los recursos del proyecto.
- Enfoque orientado al cliente.

Los principales aspectos de un proyecto que se pueden adaptar son [5]:

- Selección del ciclo de vida y del enfoque de desarrollo
- Procesos
- Involucramiento
- Herramientas
- Métodos y artefactos

El proceso de adaptación comienza con la selección de un enfoque de desarrollo y ejecución, se adapta a la organización, se adapta al proyecto y se procede con la mejora continua. Este proceso se puede ver en la ilustración 21.

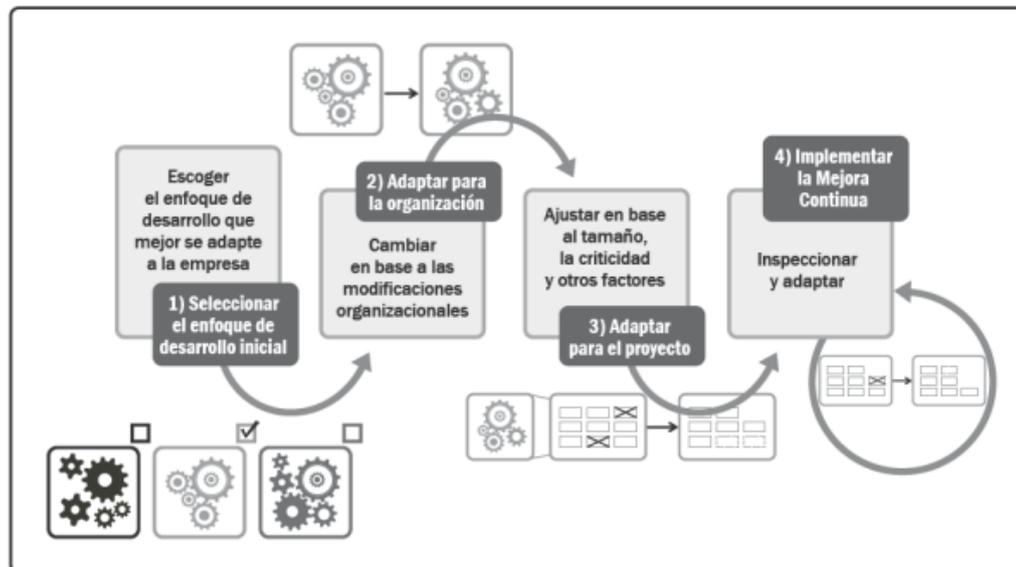


Ilustración 21: Detalles de los pasos de los procesos de adaptación. Fuente: [5].

3.2.4. Modelos, métodos y artefactos.

En la última parte de esta edición se ofrece una descripción detallada de algunos métodos, modelos y artefactos que pueden ser útiles para dirigir proyectos.

Se conoce:

- Modelo: estrategia o pensamiento para explicar un proceso o fenómeno.
- Método: medio para lograr un efecto, salida o resultado del proyecto.
- Artefacto: puede ser una plantilla, documento o entregable del proyecto.

El uso de modelos, métodos y artefactos tiene costes asociados relacionados con el tiempo, el nivel de conocimientos especializados y la competencia en el uso, el impacto en la productividad... Son factores a tener en cuenta por los equipos de dirección de proyecto a la hora de elegir qué elementos usar. Se debe evitar:

- Agregar esfuerzos adicionales.
- Utilizar elementos que no sean útiles para el equipo de proyecto o los interesados.



- Producir información incorrecta.
- Priorizar las necesidades individuales frente a las necesidades del equipo.

Modelos: se refleja una vista simplificada y en pequeña escala de la realidad y se representan escenarios, estrategias o enfoques para optimizar los procesos. Se utilizan para explicar cómo funciona algo en el mundo real. Existen diferentes tipos de modelos, modelos de liderazgo situacional, modelos de comunicación, modelos de motivación, modelos de cambio, modelos de complejidad o modelos de desarrollo del equipo de proyecto,

Métodos: medios para lograr un efecto, una salida o un entregable del proyecto. Se podrían agrupar en métodos de recopilación y análisis de datos, estimación y reuniones y eventos.

Artefactos: un artefacto es una plantilla, documento o entregable del proyecto. No todos los documentos o entregables se representan en esta edición del PMBOK pues suelen ser genéricos, son específicas para cada industria o son el resultado de un método específico. Existen diferentes tipos de artefactos, claro ejemplo son los de estrategia con los casos de negocio o el acta de constitución del proyecto. Existen registros, para registrar cambios o incidentes. Otra importante parte de los artefactos son los planes, el plan de gestión de los costos, por ejemplo. También existen diagramas, líneas base, informes, etc.

3.2.5. ¿Por qué se ajusta la 7ª Edición del PMBOK a este proyecto?

La guía PMBOK 7ª Edición no trata de sustituir la anterior edición, sino que trata de complementarla, ampliar conceptos y pretende consolidarse como la base para la gestión de proyectos. Las dos principales diferencias que existen entre esta edición y la anterior residen en el cambio de enfoque, la 6ª Edición se basaba en 5 grupos de procesos y 10 áreas de conocimiento mientras que la versión actual se basa en 12 principios y en 8 dominios de desempeño. Además, esta última edición está diseñada para que los equipos de dirección de proyecto logren sus objetivos siguiendo una serie de pasos desde la definición del enfoque inicial hasta su adaptación para la mejora continua.

Para un proyecto como el mostrado anteriormente en este trabajo de final de grado, el PMBOK 7ª Edición es una de las mejores guías a seguir por las siguientes razones:

En primer lugar, en el caso de un proyecto de una instalación fotovoltaica, el objetivo final es lograr un correcto sistema de energía solar que funcione correctamente y que se adapte al alcance, coste y tiempo del cliente, el



Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).



estándar PMBOK proporciona una serie de herramientas y técnicas que tratan de garantizar la consecución de estos objetivos.

En esta edición se hace hincapié en la gestión de las partes interesadas, es decir, en la gestión de los *stakeholders* y su reconocimiento para el éxito del proyecto. En proyectos fotovoltaicos es imprescindible conocer las necesidades del cliente y mantener un flujo de información eficaz y constante con él. Se ofrecen una serie de procedimientos y herramientas orientadas a satisfacer las necesidades de estos *stakeholders* con el fin de aumentar la eficacia del proyecto.

La séptima edición del PMBOK reconoce la importancia de consideraciones ambientales, sociales y económicas en la gestión de proyectos. Esto se alinea a la perfección con los objetivos de sostenibilidad de proyectos fotovoltaicos.

Adicionalmente, el PMBOK 7ª Edición se ha diseñado para ser más ágil y adaptarse a diferentes proyectos. Esto permite que se pueda aplicar a proyectos específicos, como es el caso de la instalación fotovoltaica, mientras que proporciona un marco general que se puede adaptar según las necesidades del proyecto.

Para proyectos de instalaciones fotovoltaicas es indispensable la flexibilidad en el marco de trabajo. En el PMBOK se brindan las herramientas necesarias para que los dominios presentados en esta 7ª edición puedan aplicarse y, además, puedan adaptarse a los continuos cambios y problemas que surgen. En proyectos de esta categoría hay que tener en cuenta riesgos como retrasos, problemas de suministro o problemas de mano de obra, por ello hay un dominio dedicado exclusivamente dedicado a identificar y gestionar los riesgos.

Este estándar pretende otorgar autonomía a los responsables del proyecto, además, otorga procedimientos a seguir que guían al equipo de dirección de proyecto consiguiendo que este trabajo unido minimizando errores.

En último lugar, incluyendo los dos últimos apartados, adaptabilidad y métodos, modelos y artefactos se brindan nuevas posibilidades y herramientas para aplicar a la dirección de proyectos. Al introducir el apartado de adaptabilidad, la 7ª edición se convierte en un estándar muy flexible que permite que se adapte a una amplia variedad de proyectos, entre ellos se incluyen los proyectos de instalación fotovoltaica. Muchos de los métodos, modelos y artefactos serán utilizados en este trabajo de fin de grado.

La metodología aportada en esta versión del PMBOK es una buena opción para la realización de un proyecto fotovoltaico debido a todas herramientas que pone a disposición del equipo de dirección de proyecto, a su adaptabilidad y a su enfoque de valor. Este trabajo de fin de grado se basará, por tanto, en la 7ª Edición del PMBOK y se aplicarán las diferentes técnicas y herramientas aportadas por esta.

4. DIRECCIÓN DEL PROYECTO



4.1. Dominio de Desempeño del enfoque

Uno de los primeros pasos que se deben dar a la hora de desarrollar la planificación de un proyecto es la selección de un enfoque adecuado. Para proyectos de este tipo el enfoque elegido es el predictivo basado en procesos.

El principal motivo de elegir dicho enfoque es que este proyecto tiene un objetivo claro y definido: realizar una instalación fotovoltaica de autoconsumo con compensación de excedentes. Además de un objetivo final claro, se tienen una serie de hitos y entregables bien definidos desde un primer momento que siguen un orden lógico. Con el fin de continuar con este enfoque, se establecen unas responsabilidades y un plan de seguimiento para garantizar el correcto desarrollo del proyecto.

4.2. Dominio de Desempeño del Equipo

El equipo de proyecto está compuesto esencialmente por cuatro empleados de la empresa, cobra gran relevancia la figura de director de proyecto que es el máximo responsable, encargado de la gestión de las decisiones. El director del proyecto es el encargado de trasladar los roles y responsabilidades al resto del equipo de dirección. Otra función esencial de esta figura es la de identificar aquellas áreas en las que el equipo funciona adecuadamente y señalar aquellas en las que el equipo debe mejorar.

En la ilustración 22, podemos ver un organigrama que muestra cómo se estructura el equipo de dirección de proyectos encargado de la elaboración de este plan de proyecto.

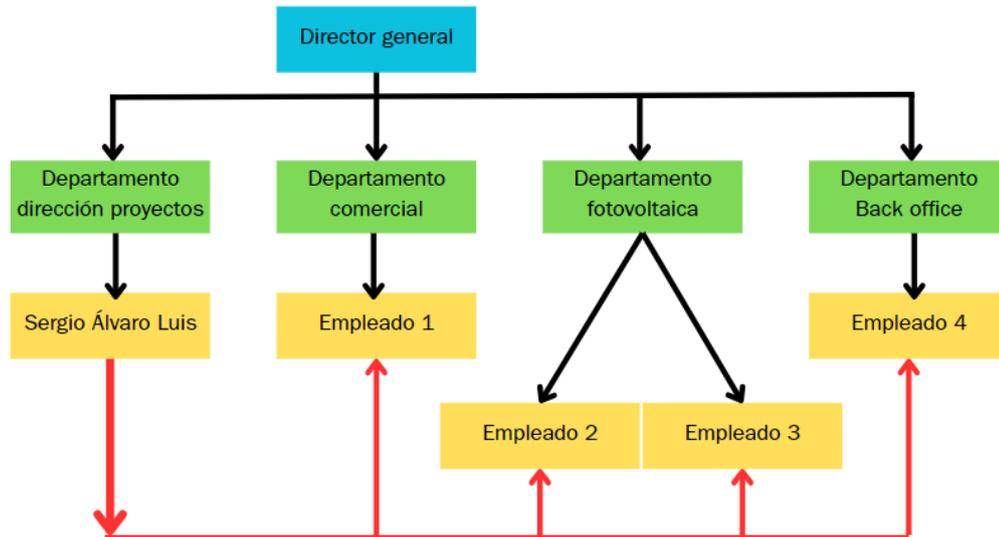


Ilustración 22: Organigrama del equipo de dirección del proyecto

Según lo representado en la ilustración anterior, las flechas rojas corresponden con la estructura de gobernanza de este proyecto. En el caso de las flechas negras, estas establecen la estructura permanente.

En el caso de la instalación fotovoltaica en la industria cárnica, el estudiante Sergio Álvaro es el encargado de dirigir este proyecto. Es por ello por lo que él ocupará el cargo de director de proyecto, perteneciente al departamento de dirección de proyectos.

Para la correcta gestión de este proyecto, además del director de proyecto, aparecen cuatro figuras esenciales. Como se puede ver en la Ilustración 17, la estructura será matricial ya que involucra a diferentes departamentos. Estos departamentos serán el comercial, al que pertenece el empleado 1; el departamento de fotovoltaica, al que pertenecen los empleados 2 y 3 y el departamento de *Back Office* que incluye al empleado 4.

El empleado 1 es el encargado de transmitir los intereses del cliente o del *partner* al resto del equipo de dirección de proyecto. Se trata de un *Key Account Manager*. Es el enlace entre el exterior de la empresa y el interior. Vela porque el equipo sea conocedor del alcance-tiempo-coste requerido por el cliente, ya sea a través del propio cliente o a través de uno de los *partners* de la empresa.

El empleado 2 es el responsable de la realización del pre-estudio. Esta parte es esencial ya que el posterior estudio en detalle se basará en este estudio. Para la realización de este pre estudio es clave que el empleado 1 traslade toda la información necesaria de manera correcta en el momento adecuado. En el caso de la contratación de servicios auxiliares, cómo la gestión de subvenciones, este será el empleado encargado de llevar a cabo todas las operaciones necesarias para una correcta gestión de ayudas.



El empleado 3 es el encargado de realizar la visita técnica. Como ya se comentó anteriormente, una vez se realiza el pre estudio y el cliente lo acepte, se realiza una visita por parte de un ingeniero de la empresa. Este empleado junto con el empleado 2, son los encargados de realizar el estudio en detalle para proceder con el proyecto.

El empleado 4, pertenece al departamento de Back Office. Será la persona encargada de gestionar las ayudas y subvenciones disponibles para el cliente, así como la encargada de realizar todos aquellos trámites burocráticos del proyecto.

Al organizarse utilizando una estructura matricial [7] cada uno de los empleados está bajo el mando de dos figuras: la primera de ellas, el propio jefe del departamento al que pertenecen estos empleados que componen el equipo de dirección del proyecto. En segundo lugar, Sergio Álvaro, el director del proyecto.

En cuanto a la mano de obra para la instalación fotovoltaica, se cuenta con una red amplia de instaladores a nivel nacional capacitada para realizar instalaciones de este tipo. El trabajo de estos instaladores será supervisado por el departamento fotovoltaico, en este caso el empleado 3.

En proyectos de este tipo es importante establecer las responsabilidades de cada uno de los trabajadores que componen el proyecto. Para ello elaboramos una Matriz de Asignación de Responsabilidades que nos permitirá asignar cada una de las actividades a los empleados que componen el equipo de dirección de proyecto.

En la Ilustración 23, podemos observar la matriz RACI [8] para la instalación fotovoltaica que nos ocupa. Se establece que:

- **Responsable** es quien ejecuta el trabajo.
- **Aprobador** quien se asegura de que se realice el trabajo.
- **Consultado** quien da su opinión acerca del trabajo.
- **Informado** quien necesita conocer el resultado.

	Sergio Álvaro Luis	Empleado 1	Empleado 2	Empleado 3	Empleado 4
Selección empleado encargado de hacer estudio	Aprobador	Informado		Responsable	
Recopilar información	Informado	Consultado	Responsable		
Realizar pre-estudio	Informado	Informado	Responsable	Consultado	
Revisión de pre-estudio	Aprobador	Consultado		Responsable	
Selección empleado encargado de hacer visita	Responsable	Informado			
Visita al lugar de la instalación	Aprobador	Informado		Responsable	
Informe de la visita	Aprobador	Consultado		Responsable	
Revisión de informe	Responsable	Informado			
Selección empleado encargado de hacer estudio	Informado	Informado		Responsable	
Unificación de información	Informado	Consultado	Responsable		
Realizar estudio	Informado	Consultado	Responsable		
Revisión de estudio	Aprobador	Informado		Responsable	
Selección empleado encargado de hacer trámites para ayudas	Responsable	Informado			
Recopilar información	Informado	Consultado			Responsable
Realizar trámites	Aprobador	Consultado			Responsable
Traslado información	Informado	Responsable			Responsable
Revisión	Responsable	Informado			
Solicitud ofertas a proveedores	Informado	Informado		Responsable	
Comparar ofertas	Aprobador	Informado		Responsable	
Selección de ofertas	Responsable	Informado			
Compra de materiales	Responsable	Informado			
Seguimiento de compra	Informado	Informado		Responsable	
Recepción de materiales	Informado	Informado		Responsable	
Identificar y almacenar los materiales solicitados	Informado	Informado		Responsable	
Preparar y enviar equipos	Informado	Informado			
Transporte hasta lugar donde se realiza instalación	Informado	Informado			

Responsable
Aprobador
Consultado
Informado

Ilustración 23: Matriz de asignación de responsabilidades RACI

4.3. Dominio de Desempeño de la Planificación

La planificación en un proyecto fotovoltaico es esencial para garantizar el éxito de este, optimizar recursos y cumplir con los requisitos de alcance, tiempo y coste. Una correcta planificación permite un desarrollo del proyecto mucho más eficiente.

Inicialmente se presentará un acta de constitución que servirá como punto de partida para el proyecto fotovoltaico, es decir, permitirá tener una visión global del proyecto.

4.3.1. Acta de constitución

Características de la empresa

Empresa: LK S.L.

Nombre del proyecto: Instalación fotovoltaica de autoconsumo con producción de excedentes acogida a compensación.

Cliente: Industria cárnica X



Promotor del proyecto: LK S.L

Director del proyecto: Sergio Álvaro Luis

Descripción del proyecto

Llevar a cabo la puesta en marcha de una instalación fotovoltaica destinada al autoconsumo del cliente, gestionando además el vertido a red y la compensación de excedentes.

Entregables claves del proyecto

- Pre-estudio.
- Estudio en detalle. Pliego de condiciones.
- Actas de reuniones, tanto con cliente final como con partners.
- Contratos de colaboración.
- Instalación fotovoltaica.
- Planos de la instalación.
- Seguros.
- Presupuesto definitivo.
- Contratos, tanto con partners, como con financieras

Objetivos medibles del proyecto y criterios de éxito

- Ajustarse a los requisitos de presupuesto acordado.
- Ajustarse a los plazos establecidos.
- Cumplimiento de normativas y estándares.
- Instalar un sistema que permita el autoconsumo al cliente, incluyendo la gestión del vertido a red.
- Garantizar la fiabilidad a largo plazo de la instalación fotovoltaica.
- Minimizar el impacto ambiental generado por el desarrollo de la instalación fotovoltaica.
- Garantizar la calidad de los componentes.
- Identificar posibles riesgos asociados a la instalación fotovoltaica.

Riesgos iniciales

- Problemas derivados de la propia instalación del cliente.
- Problemas con la cubierta donde se realizará la instalación.
- Condiciones climáticas desfavorables.
- Costes imprevistos derivados de aumento del coste de materias primas, mano de obra o por errores.



- Problemas con permisos.
- Problemas de solvencia financiera de parte del cliente o dificultad para conseguir financiación.
- Problemas de vandalismo, robos o daños.

Recursos financieros

Una vez el cliente acepta el pre-estudio, deberá abonar una entrada de 350€, que posteriormente se descontará del importe total de la instalación.

El flujo de pagos variará dependiendo de la modalidad del contrato. Si se trata de un pago financiado, se contará con el apoyo de una financiera que permitirá pagar en cuotas mensuales la instalación. Para esta modalidad es necesario que el cliente pase el riesgo de la financiera. Estas mensualidades se empezarán a pagar una vez dicho riesgo ha sido aceptado y el ayuntamiento ha otorgado la licencia. Una vez finaliza el renting, el cliente podrá ser el dueño de la instalación abonando una cuota mensual adicional.

Por el contrario, si la instalación se pagará al contado, se abonarán los siguientes pagos por hitos:

- Pago de 350€ + IVA por pre-aceptación presupuesto
- Primer pago: 40% a la firma del contrato.
- Segundo pago: 30% a la obtención de la licencia de obras o la primera entrega de materiales.
- Tercer pago: 20% al finalizar la ejecución fotovoltaica antes de la puesta en marcha de la instalación.
- Cuarto pago: 10% menos 350€+IVA tras la puesta en marcha de la instalación.

Stakeholders

- LK S.L.
- Cliente
- Partners
- Gobiernos

Cierre del proyecto

- Recibir el 100% del pago de la instalación
- Puesta en marcha de la instalación.

Asignación del director del proyecto

Nombre: Sergio Álvaro Luis
Cargo: director de Proyectos
Departamento: Dirección de Proyectos

En Valladolid, a 18 de diciembre de 2023

Fdo:

Sergio Álvaro
Director del proyecto

Carlos Medina Pérez
Director del departamento
de dirección de proyectos

4.3.2. Enunciado del alcance del proyecto

Descripción del alcance del proyecto

El propósito final de este proyecto es diseñar, instalar y poner en marcha una instalación fotovoltaica dedicada al autoconsumo con producción de excedentes acogida a compensación de estos. Esta instalación se realizará en una industria cárnica ubicada en un pueblo de Cuenca, España.

Para completar este proyecto de acuerdo con el alcance, tiempo y coste propuestos se utilizarán materiales de primera calidad, contando con el apoyo y soporte de un equipo de ingenieros especializado en el área de la energía. Es de vital importancia que los diferentes departamentos que intervienen en la operativa estén coordinados correctamente y tengan unas vías claras de comunicación. Estos departamentos involucrados son: departamento comercial, departamento de Back Office y departamento de ingeniería/fotovoltaica.

Con el fin de conseguir una correcta puesta en marcha de una instalación fotovoltaica es necesario que todas las actividades que componen este proyecto se realicen de forma efectiva y acogidos a todas las especificaciones establecidas en el proyecto presentado, cumpliendo en la

medida de lo posible los plazos estipulados, sin desvíos en costes y cumpliendo con todas las garantías de calidad.

Entregables del proyecto

- Pre-estudio.
- Estudio en detalle. Pliego de condiciones.
- Actas de reuniones, tanto con cliente final como con partners.
- Contratos de colaboración.
- Instalación fotovoltaica.
- Planos de la instalación.
- Seguros.
- Presupuesto definitivo.
- Contratos, tanto con partners, como con financieras

Exclusiones del proyecto

- Infraestructura eléctrica externa. La propia red del cliente no está contemplada en el proyecto. Tampoco lo están los transformadores.
- Obras civiles. No contempladas en el proyecto, pero podrían incluirse en caso de ser necesarias. Se presupuestarán como un proyecto diferente.
- Costes del seguro.
- Estudios detallados sobre impacto ambiental y social.

4.3.3. Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)

Estructura de Desglose del Trabajo



Ilustración 24: Estructura de Desglose del Trabajo



Diccionario de la EDT

En las siguientes tablas se mostrará la descripción detallada de cada uno de los subpaquetes de trabajo que componen la EDT, mostrada en la Ilustración 24.

Tabla 1: Diccionario del paquete 20.10 Pre-estudio

CÓDIGO DEL PAQUETE DE TRABAJO	NOMBRE DEL PAQUETE DE TRABAJO
20.10	PRE-ESTUDIO
Objetivo del paquete de trabajo	<p>Realizar un primer estudio para mostrar esta información al cliente y así poder resolver todas aquellas dudas que en un primer momento surgen.</p> <p>En este estudio se acotan los costes, el alcance y el tiempo.</p>
Descripción del paquete de trabajo	<p>Comienza con la recepción de información por parte del empleado encargado de realizar este informe. Dicha información proviene del departamento comercial.</p> <p>La información mencionada anteriormente la componen: consumos del cliente, ubicación de la cubierta y facturas eléctricas actuales para poder ajustar lo mejor que se pueda la instalación a los intereses del cliente.</p> <p>A continuación, el empleado (perteneciente al departamento de fotovoltaica) utilizando el software de la empresa realiza un estudio que muestra datos relativos a amortización, precio, reportes de ahorro esperado...</p> <p>Por último, este informe es revisado con el jefe de departamento de fotovoltaica para comprobar que no existen errores y es trasladado al departamento comercial para que estos se lo hagan llegar al <i>partner</i> o al cliente final.</p>
Entregables decisivos	Pre estudio
Hitos	Pre-estudio firmado por el cliente Justificante de pago de la entrada



Tabla 2: Diccionario del paquete 20.20 Estudio Avanzado

CÓDIGO DEL PAQUETE DE TRABAJO	NOMBRE DEL PAQUETE DE TRABAJO
20.20	ESTUDIO AVANZADO
Objetivo del paquete de trabajo	<p>Realizar un estudio avanzado teniendo en cuenta todas las normativas de los organismos reguladores cumpliendo con las especificaciones necesarias para poder presentar este estudio y así llevar a cabo la instalación fotovoltaica.</p> <p>En él se acotan todos los datos relativos a materiales, especificaciones, consumo, costes...</p>
Descripción del paquete de trabajo	<p>Para el desarrollo del estudio avanzado se tomará inicialmente la información recopilada anteriormente para el desarrollo del pre-estudio y se incluirá información más específica y detallada.</p> <p>Se procederá con un análisis de consumos del cliente para poder dimensionar una instalación de acorde a sus intereses y así poder cubrir las necesidades demandadas por este.</p> <p>A continuación, se diseña el sistema, es decir, se elaboran los planos basándose en la ubicación, orientación, tipo de cubierta... Es en este punto cuando se determinan cual son los componentes que mejor se adaptan a los intereses de la instalación.</p> <p>Por último, se realizan los cálculos oportunos para comprobar que el estudio se corresponde con la realidad y que es viable de cara a su realización.</p> <p>Se maqueta todo en un informe utilizando unas plantillas preestablecidas y se envían al departamento comercial.</p>
Entregables decisivos	Estudio Avanzado
Hitos	<p>Estudio firmado</p> <p>Pago de los diferentes hitos establecidos con el cliente</p>



Tabla 3: Diccionario del paquete 20.30 Licencias y permisos

CÓDIGO DEL PAQUETE DE TRABAJO	NOMBRE DEL PAQUETE DE TRABAJO
20.30	LICENCIAS Y PERMISOS
Objetivo del paquete de trabajo	Tramitar las subvenciones disponibles para la instalación fotovoltaica a desarrollar.
Descripción del paquete de trabajo	<p>Inicialmente se procede con identificar las diferentes subvenciones a las que un cliente puede optar.</p> <p>A continuación, se establecen todos los requisitos necesarios para optar a estas ayudas, dependiendo del organismo gubernamental que las ofrezca solicitará unos u otros requisitos, es importante identificar si la ayuda proviene de organismos locales, regionales, nacionales o quizás internacionales. Además, existen organizaciones privadas que ofrecen este tipo de servicios.</p> <p>Una vez definidos los requisitos, se solicita y recopila toda la documentación necesaria para la tramitación. Se incluyen planos de la instalación, licencias...</p> <p>Seguidamente, se lleva a cabo la presentación formal del trámite junto con toda la información requerida.</p> <p>Por último, se da seguimiento a este proceso por si fuese necesario aportar más información o dar soporte.</p>
Entregables decisivos	Documentación requerida, informes, solicitud.
Hitos	Solicitud aceptada o denegada.



Tabla 4: Diccionario del paquete 30.10 Compras

CÓDIGO DEL PAQUETE DE TRABAJO	NOMBRE DEL PAQUETE DE TRABAJO
30.10	COMPRAS
Objetivo del paquete de trabajo	Hacer acopio de todo el material necesario para poder realizar una instalación fotovoltaica.
Descripción del paquete de trabajo	<p>El proceso comienza con la identificación de todos los materiales necesarios. Esto está definido claramente en el paquete de trabajo 20.20 Estudio avanzado donde se definen todos los requerimientos y especificaciones.</p> <p>Seguidamente, se seleccionan los proveedores. De acuerdo con las especificaciones declaradas se necesitará unos materiales u otros. Es por lo que es necesario disponer de diferentes proveedores. Además, se solicitarán diferentes presupuestos a estos para buscar el que mejor se ajuste a nuestras necesidades.</p> <p>Una vez tenemos las diferentes ofertas de estos proveedores, estas son estudiadas y se tomará una decisión en base al precio y los requisitos que estas cumplen.</p> <p>Se emite una orden de compra.</p> <p>Se da seguimiento a la orden de compra desde el departamento oportuno.</p>
Entregables decisivos	Pedido de compra
Hitos	Fin del envío de todos los componentes necesarios

Tabla 5: Diccionario del paquete 30.20

CÓDIGO DEL PAQUETE DE TRABAJO	NOMBRE DEL PAQUETE DE TRABAJO
30.20	TRANSPORTE
Objetivo del paquete de trabajo	Recibir y transportar los materiales y herramientas hasta la ubicación donde se realizará la instalación fotovoltaica.
Descripción del paquete de trabajo	<p>Inicialmente se reciben los materiales en el almacén destinado para ello. Una vez estos llegan allí, se registra el albarán de entrega para poder llevar un control y poder registrar los movimientos del material.</p> <p>A continuación, este se recoloca en el almacén. Para ello, existen diferentes criterios en función de peso, tamaño, tiempo de estancia...</p> <p>Una vez se va a proceder con el envío del material, se rellena un nuevo albarán para registrar el movimiento y es trasladado por la empresa transportista hasta el lugar donde se realiza la instalación fotovoltaica.</p> <p>Una vez en el destino, se comprueba que los equipos no están dañados y se deja registro de que llegó todo el material al completo.</p>
Entregables decisivos	Albaranes de entrega Solicitudes de transporte.
Hitos	Recepción de materiales y herramientas en el lugar de la instalación.

4.3.4. Plan de gestión del tiempo

Con el fin de mejorar la eficiencia y productividad se lleva a cabo un desarrollo de la gestión del tiempo. Para ello desglosa cada uno de los subpaquetes de la EDT en actividades para sí poder facilitar el manejo y servir para poder estimar recursos, duraciones y costes. En la siguiente tabla 6, se muestran las actividades junto con su duración, recursos y coste asociado.

Desglose de las actividades

Tabla 6: Desglose de actividades

ESTUDIO			
PRE-ESTUDIO			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	DURACIÓN
20.10.10	Asignación de empleado del departamento encargado de realizar el estudio	1 empleado 1 ordenador	15 minutos
20.10.20	Recopilar información necesaria	1 empleado 1 ordenador	1 hora
20.10.30	Realizar estudio	1 empleado 1 ordenador	1 hora
20.10.40	Revisión	2 empleados 1 ordenador	1 hora
ESTUDIO AVANZADO			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	DURACIÓN
20.20.10	Asignación de empleado del departamento encargado de realizar el estudio	1 empleado 1 ordenador	15 minutos
20.20.20	Unificar información necesaria	1 empleado 1 ordenador	2 horas
20.20.30	Realizar estudio	1 empleado 1 ordenador	3 horas
20.20.40	Revisión	2 empleados 1 ordenador	30 minutos
LICENCIAS Y PERMISOS			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	DURACIÓN
20.30.10	Asignación de empleado del departamento encargado de realizar los trámites	1 empleado 1 ordenador	15 minutos
20.30.20	Recopilar información necesaria y búsqueda de ayudas a las que opta la instalación en función de su ubicación, potencia y tipo	1 empleado 1 ordenador	1 hora
20.30.30	Realizar trámites	1 empleado 1 ordenador	5 horas
20.30.40	Traslado de información	1 empleado 1 ordenador	1 hora
20.30.50	Revisión	2 empleados 1 ordenador	30 minutos



**Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica
realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).**



APROVISIONAMIENTO			
COMPRAS			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	DURACIÓN
30.10.10	Solicitud de ofertas a proveedores	2 empleados 2 ordenadores	5 días
30.10.20	Comparar ofertas	2 empleados 1 ordenador	3 días
30.10.30	Selección de ofertas	1 empleado 1 ordenador	3 días
30.10.40	Compra de materiales	1 empleados 1 ordenador	7 días
30.10.50	Seguimiento de compras	1 empleados 1 ordenador	7 días
TRANSPORTES			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	DURACIÓN
30.20.10	Recepción de materiales	1 empleado 1 ordenador 1 camión	10 días
30.20.20	Identificar y almacenar los materiales solicitados	1 empleado 1 ordenador 1 traspaleta	7 días
30.20.30	Preparar y enviar equipos	1 empleado 1 ordenador 1 camión	2 días
30.20.40	Transporte hasta lugar de la instalación	1 empleado 1 ordenador 1 camión	1 día
CIERRE			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	DURACIÓN
50.10	Realizar informe y reunión de cierre	Equipo de proyecto 4 ordenadores	5 horas
50.20	Registro de incidencias	Equipo de proyecto 4 ordenadores	1 hora
50.30	Cumplimentar ficha de fin de proyecto que garantiza cierre del proyecto	Equipo de proyecto 4 ordenadores	4 horas

Diagrama de Gantt

La representación gráfica de la duración estimada de los paquetes de trabajo que componen el proceso de la instalación fotovoltaica se puede apreciar en la ilustración 25.1, el diagrama de Gantt [9]. Este gráfico es muy útil para mostrar la secuencia de ejecución de los paquetes de trabajo y su orden de precedencia. Esta herramienta no solo sirve para la planificación, se puede emplear como mecanismo de control.

El paquete con mayor duración es el de aprovisionamiento. Esto se debe principalmente a que el proceso de selección de proveedores es lento y debe ser correctamente realizado y validado. Además, los paquetes presentan un orden de precedencia establecido, no se procederá con el estudio hasta realizar el paquete de gestión, así como no se procederá con el cierre hasta la finalización de la instalación.

En cambio, la instalación podrá realizarse simultáneamente con parte del paquete de instalación.

Además, se puede observar una franja marcada de color naranja, ese es el tiempo medio que tarda el cliente en aceptar el pre-estudio y continuar con el estudio en detalle tras realizar el pago oportuno.

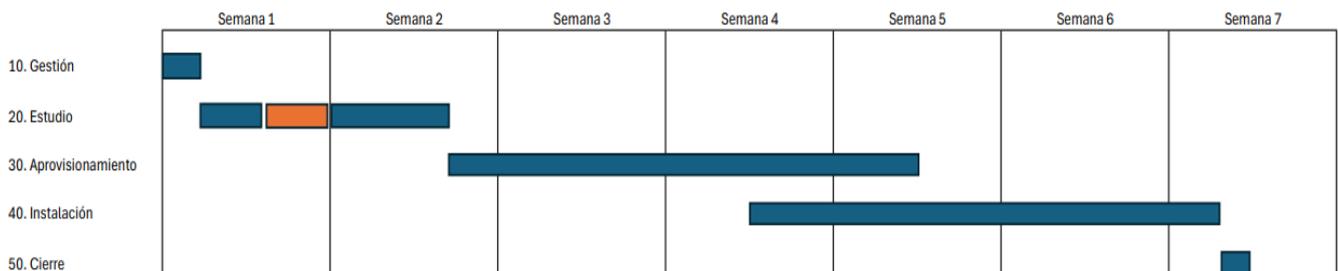


Ilustración 25.1: Diagrama Gantt por paquete de trabajo

En la ilustración 25.2, podemos observar de igual manera la duración estimada, así como las órdenes de precedencia. Las actividades que más se prolongan en el tiempo son las de recepción de materiales ya que al contar con diferentes proveedores, provienen de orígenes distintos.

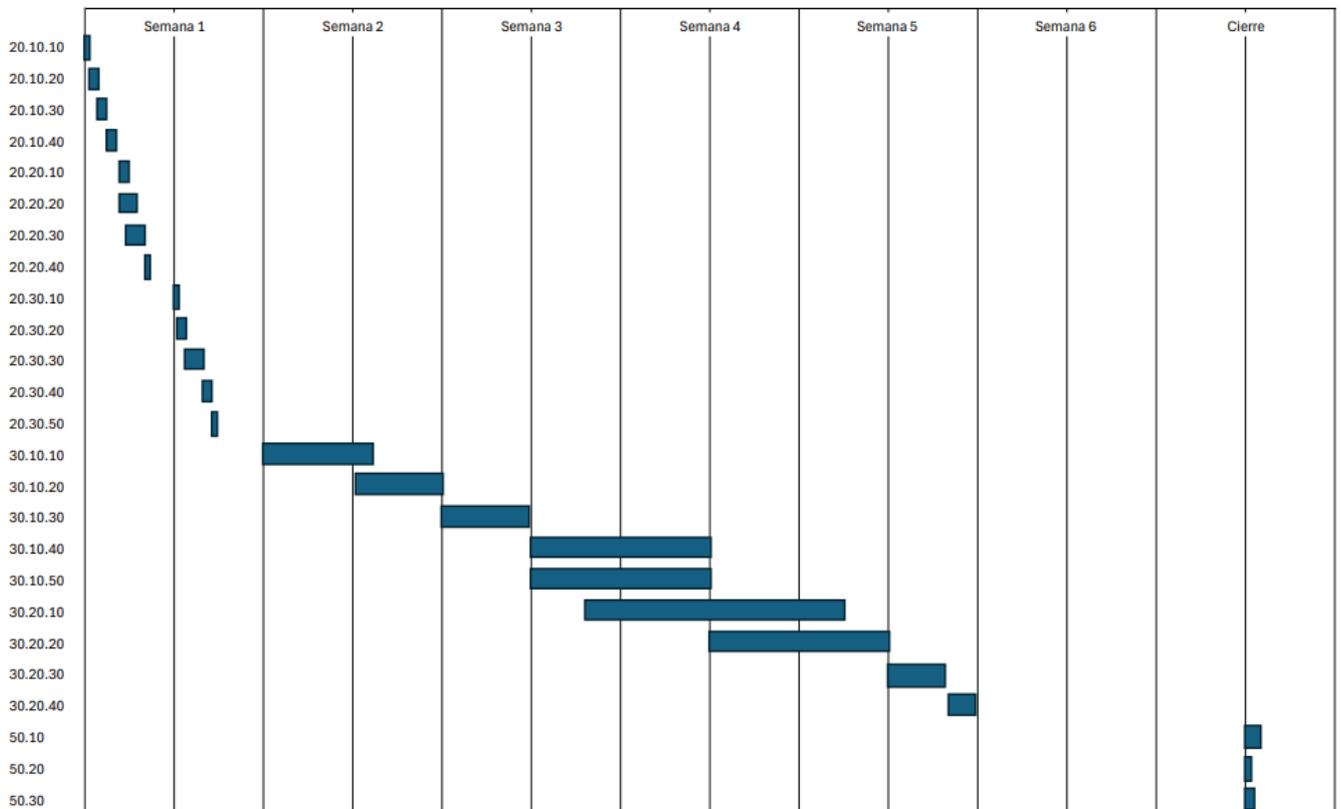


Ilustración 25.2: Diagrama Gantt por actividades.

4.3.5. Plan de gestión de los costes

Tabla 7: Desglose de costes

ESTUDIO			
PRE-ESTUDIO			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	COSTE
20.10.10	Asignación de empleado del departamento encargado de realizar el estudio	1 empleado 1 ordenador	0 €
20.10.20	Recopilar información necesaria	1 empleado 1 ordenador	30 €
20.10.30	Realizar estudio	1 empleado 1 ordenador	30 €
20.10.40	Revisión	2 empleados 1 ordenador	60 €



ESTUDIO AVANZADO			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	COSTE
20.20.10	Asignación de empleado del departamento encargado de realizar el estudio	1 empleado 1 ordenador	0 €
20.20.20	Unificar información necesaria	1 empleado 1 ordenador	60 €
20.20.30	Realizar estudio	1 empleado 1 ordenador	90 €
20.20.40	Revisión	2 empleados 1 ordenador	30 €
LICENCIAS Y PERMISOS			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	COSTE
20.30.10	Asignación de empleado del departamento encargado de realizar los trámites	1 empleado 1 ordenador	0 €
20.30.20	Recopilar información necesaria y búsqueda de ayudas a las que opta la instalación en función de su ubicación, potencia y tipo	1 empleado 1 ordenador	20 €
20.30.30	Realizar trámites	1 empleado 1 ordenador	100 €
20.30.40	Traslado de información	1 empleado 1 ordenador	20 €
20.30.50	Revisión	2 empleados 1 ordenador	50 €
APROVISIONAMIENTO			
COMPRAS			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	COSTE
30.10.10	Solicitud de ofertas a proveedores	2 empleados 2 ordenadores	900 €
30.10.20	Comparar ofertas	2 empleados 1 ordenador	500 €
30.10.30	Selección de ofertas	1 empleado 1 ordenador	500 €
30.10.40	Compra de materiales	1 empleados 1 ordenador	800 €
30.10.50	Seguimiento de compras	1 empleados 1 ordenador	0 €
TRANSPORTES			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	COSTE
30.20.10	Recepción de materiales	1 empleado 1 ordenador 1 camión	4.000 €



30.20.20	Identificar y almacenar los materiales solicitados	1 empleado 1 ordenador 1 transpaleta	2.500 €
30.20.30	Preparar y enviar equipos	1 empleado 1 ordenador 1 camión	3.000 €
30.20.40	Transporte hasta lugar de la instalación	1 empleado 1 ordenador 1 camión	3.000 €
CIERRE			
EDT	ACTIVIDAD	RECURSO	COSTE
50.10	Realizar informe y reunión de cierre	Equipo de proyecto 4 ordenadores	300 €
50.20	Registro de incidencias	Equipo de proyecto 4 ordenadores	50 €
50.30	Cumplimentar ficha de fin de proyecto que garantiza cierre del proyecto	Equipo de proyecto 4 ordenadores	250 €

4.4. Dominio de desempeño de los interesados

En el caso de un proyecto para realizar una instalación fotovoltaica, es de vital importancia la gestión de stakeholders. Un stakeholder [10] podría definirse como cualquier persona, entidad o grupo que tenga participación o interés en el desarrollo de un proyecto fotovoltaico.

No solo es importante conocer la existencia de estos. Desde el equipo de proyecto se debe tratar de comprender los sentimientos, emociones y valores de los interesados, ya que esto incluso podría derivar en otras oportunidades adicionales. En resumen, conocer sus inquietudes en el proyecto.

Así mismo, desde la empresa es importante detallar cual es la postura en la que se encuentran dichos stakeholders y hacia cual queremos llevarlos para así poder definir unas estrategias claras de actuación respecto a estos.

Para poder identificar y gestionar estos stakeholders se elabora una gráfica de registro de interesados como la mostrada en la tabla 8, en ella se muestra una lista de los principales interesados en este proyecto, su postura actual y la postura que desde el equipo de dirección de proyectos se pretende conseguir.

Tabla 8: Gestión de Stakeholders.

STAKEHOLDERS	Inquietudes	Postura actual	Postura deseada
Empresa desarrolladora del proyecto	Intereses económicos. Ampliar cartera de clientes y seguir proyectando su nombre.	A favor	A favor
Cliente	Obtener una instalación de calidad. Satisfacer necesidades descritas y trasladadas.	A favor	A favor
Partners (canales comerciales, proveedores, instaladores ...)	Intereses económicos. Ampliar su cartera de clientes.	A favor	A favor
Gobiernos	Fomentar la generación de “energía verde”	Neutral	A favor
Fondos de inversión	Intereses económicos.	Neutral	A favor

4.4.1. Involucramiento de los interesados.

Una vez se han establecido quiénes son los interesados en el proyecto, así como su postura actual y la deseada. Una parte esencial para la correcta gestión de stakeholders [11] reside en aplicar las estrategias y medidas para promover su involucramiento en el proyecto. Estas actividades deben comenzar antes y mantenerse durante la vida del proyecto de la instalación fotovoltaica, llegando incluso a prolongarse una vez finalizado este.

Algunas de las posibles estrategias promovidas por el equipo de proyecto para reducir obstáculos y obtener el apoyo de aquellos stakeholders que en un primer momento no lo brindaban son:

Partners: Posibilidad de colaborar para nuevos proyectos en un futuro. Establecer unas líneas claras de comunicación entre empresas y el cliente. Tener clara una línea de hitos y pagos clara y definida.



Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).



Cliente: Establecer unas líneas claras de comunicación entre empresas y el cliente. Que la empresa encargada de realizar el proyecto tenga claro alcance-coste-tiempo de parte del cliente, siendo éste consciente de las limitaciones. Posibilidad de gestión de subvenciones por parte de la empresa realizadora del proyecto y futuros mantenimientos de la instalación incluidos en el precio.

Gobiernos: No existe una estrategia definida para orientar a un gobierno hacia una posición estrictamente favorable. Bastará con cumplir todos los requisitos impuestos por estos para que no muestren una postura desfavorable hacia la realización del proyecto.

Fondos económicos: Su postura hacia proyectos de estas características será siempre neutral, la forma de involucrar a estos y conseguir una postura favorable es haciéndolos partícipes del proyecto. Para ello se buscará un músculo financiero que permita financiar la instalación en el caso de que el cliente así lo quiera.

Es importante señalar que la comunicación y cambio de información es una parte esencial para la gestión de estos stakeholders. La comunicación debe ser interactiva y recíproca por parte de todos los niveles. Existen diferentes formas de comunicación, ya sea vía telefónica, vía correo electrónico o reuniones tanto presenciales como virtuales.

Por otra parte, la comunicación debe proporcionar una información útil para determinar hasta qué grado los interesados captaron el mensaje. Determinar si los stakeholders están o no de acuerdo con el mensaje. Identificar mensajes no intencionales que el destinatario haya detectado. Buscar otras percepciones que puedan ser útiles para el desarrollo del proyecto.

Es importante tener en cuenta que a lo largo del desarrollo del proyecto los stakeholders cambiarán, se introducirán nuevos y otros dejarán de serlo. Además, los existentes cambiarán de postura, por lo que es importante determinar si la estrategia actual de involucramiento está siendo eficaz o si es necesario ajustarla. Este enfoque puede ser actualizado con el fin de satisfacer en mayor medida a los stakeholders (nuevos y antiguos). Para conocer el grado de satisfacción de estos basta con mantener una conversación de forma periódica.

4.4.2. Plan de gestión de las comunicaciones.

Es imprescindible realizar una correcta gestión de las comunicaciones entre los interesados y principalmente el equipo de dirección de proyecto.

Para ello elaboro la tabla 9, donde se definirán los métodos de comunicación, las personas informadas, el responsable de realizar dicha comunicación y la frecuencia con la que se realizará dicha comunicación.

El objetivo es garantiza el involucramiento de los interesados, mantenerlos informados y comprometerlos con el proyecto durante la duración de este.

Tabla 9: Plan de gestión de las comunicaciones

¿Qué se comunica?	¿Entre quién?	¿Por qué?	Método	Responsable	¿Cuándo?
Acta de constitución	Equipo de dirección del proyecto	Dar por comenzado el proyecto	Documento escrito	Director del proyecto	Al comenzar el proyecto
EDT	Equipo de dirección del proyecto	Determinar alcance, tiempo, coste del proyecto	Documento escrito	Director del proyecto	Al inicio del proyecto. Si hay modificaciones también debe comunicarse
Inicio del proyecto	Equipo de dirección del proyecto	Establecer objetivos	Reunión presencial. Acta de la reunión	Director del proyecto	Al comenzar el proyecto
Subcontrataciones	Equipo de dirección del proyecto. Empresa seleccionada	Conocer balance de costes.	Documento escrito	Director del proyecto	Al comenzar el proyecto
Incidentes	Equipo de dirección del proyecto	Minimizar problemas	Documento escrito/mail	Director del proyecto	Siempre que surja un problema
Avances	Equipo de dirección del proyecto. Partner. Cliente	Comunicar avances	Reunión presencial. Acta de la reunión. Llamada telefónica	Director del proyecto	Al cumplimiento de los diferentes hitos

¿Qué se comunica?	¿Entre quién?	¿Por qué?	Método	Responsable	¿Cuándo?
Entregas	Equipo de dirección del proyecto	Cumplir hitos establecidos	Email. <i>Checklist</i>	Director del proyecto	A su actualización
Comisiones	Director del proyecto. <i>Partner</i>	Mantener informado al partner	Email. Reunión presencial	Director del proyecto	Al comenzar el proyecto
Seguimiento calidad	Equipo dirección de proyecto. <i>Partner</i>	Controlar requisitos específicos del proyecto	Documento escrito. Mail	Director del proyecto	Al cumplimiento de los diferentes hitos
Plan de riesgos	Equipo de dirección del proyecto. <i>Partner.</i>	Identificar riesgos. Preparar medidas para actuar	Documento escrito	Director del proyecto	Al inicio. Al actualizarse
Documentación	Equipo de dirección del proyecto. <i>Partner.</i> Cliente	Gestionar subvenciones y trámites burocráticos	Email	Director del proyecto	A la firma del contrato
Informes	Equipo de dirección del proyecto. <i>Partner.</i>	Recopilar información.	Documento escrito	Director del proyecto	Cada vez que suceda
Cierre del proyecto	Equipo de dirección del proyecto. <i>Partner.</i> Cliente	Finalizar proyecto	Documento escrito	Director del proyecto	Al finalizar el proyecto

4.5. Dominio de desempeño de la entrega

El dominio de desempeño de la entrega se centra en garantizar que los productos, servicios y los resultados entregados cumplan con los requisitos especificados. Esto implica implementar procesos de control de calidad y su posterior validación.

Con el fin de controlar y gestionar la calidad de los entregables del proyecto se lleva a cabo un plan para la gestión de la calidad. En la tabla 10 se identifican los requisitos que se identificarán para garantizar que se cumplen los estándares de calidad del proyecto.



En esta tabla se incluyen las diferentes métricas de calidad y los requisitos de calidad. Las métricas de calidad son medidas cuantitativas, o cualitativas, que se utilizan para analizar determinados aspectos de la calidad de las actividades que componen los diferentes paquetes de trabajo. Estas métricas ofrecen una manera de cuantificar el grado en que se cumplen los criterios de calidad.

En cambio, un requisito de calidad es una especificación que define las características que debe cumplir una actividad para satisfacer las necesidades del equipo de dirección de proyecto. Estos requisitos deben cumplirse para que la actividad sea considerada aceptable por el director del proyecto.

En resumen, las métricas son herramientas utilizadas para medir mientras que los requisitos son las características que debe tener una actividad para cumplir con las especificaciones. Es decir, las métricas se utilizan para evaluar si se cumplen los requisitos de calidad.

Además, se elaboran *checklist* para garantizar que se llevan a cabo todas las actividades y que se cumplen todos los requisitos establecidos. Estos *checklist* suelen ser más simples que la tabla de gestión de la calidad y se centran en aspectos más específicos como verificación de entregables o el cumplimiento de los estándares.

Plan de gestión de la calidad

En la Tabla 10 se presentan los requisitos de cada actividad, junto a las métricas de calidad para garantizar el cumplimiento del requisito y los requisitos de calidad para asegurar la calidad de todas las actividades.

A mayores, se emplean hojas de verificación, tabla 11, en formato check-list para comprobar que se hayan cumplido los requisitos de calidad, además de ayudar a detectar y corregir problemas que puedan surgir.

Tabla 10: Plan de gestión de la calidad

ESTUDIO				
PRE-ESTUDIO				
EDT	ACTIVIDAD	REQUISITO	MÉTRICA DE CALIDAD	REQUISITO DE CALIDAD
20.10.10	Asignación de empleado del departamento encargado de realizar el estudio	Definir roles y responsabilidades de forma concisa y clara	Competencias del equipo	Designar responsabilidades según las habilidades y competencias de los empleados
20.10.20	Recopilar información necesaria	Se debe definir claramente el alcance por parte del departamento comercial a los componentes del equipo de proyecto	Opinión y preguntas del equipo de dirección de proyecto	Comprensión por parte de todos los componentes
20.10.30	Realizar estudio	Desarrollo del pre estudio utilizando las herramientas propias de la empresa	Hoja de cumplimiento de actividades (<i>checklist</i>)	Garantizar cumplimiento de todos los puntos que componen la <i>checklist</i>
20.10.40	Revisión	Identificar problemas y posibles mejoras	Cantidad de problemas encontrados. Número de estudios realizados	Revisión completa con suficiente tiempo para disponer de margen de mejora
ESTUDIO AVANZADO				
EDT	ACTIVIDAD	REQUISITO	MÉTRICA DE CALIDAD	REQUISITO DE CALIDAD
20.20.10	Asignación de empleado del departamento encargado de realizar el estudio	Definir roles y responsabilidades de forma concisa y clara	Competencias del equipo	Designar responsabilidades según las habilidades y competencias de los empleados
20.20.20	Unificar información necesaria	Recopilar información necesaria	Hoja de cumplimiento de actividades (<i>checklist</i>)	Garantizar cumplimiento de todos los puntos que componen la <i>checklist</i>
20.20.30	Realizar estudio avanzado	Desarrollo del estudio avanzado utilizando las herramientas propias de la empresa y la información proporcionada por el cliente	Hoja de cumplimiento de actividades (<i>checklist</i>)	Garantizar cumplimiento de todos los puntos que componen la <i>checklist</i>
20.20.40	Revisión	Identificar problemas y posibles mejoras	Cantidad de problemas encontrados. Número de estudios realizados.	Revisión completa con suficiente tiempo para disponer de margen de mejora



**Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica
realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).**



LICENCIAS Y PERMISOS				
EDT	ACTIVIDAD	REQUISITO	MÉTRICA DE CALIDAD	REQUISITO DE CALIDAD
20.30.10	Asignación de empleado del departamento encargado de realizar los trámites	Definir roles y responsabilidades de forma concisa y clara	Competencias del equipo	Designar responsabilidades según las habilidades y competencias de los empleados
20.30.20	Recopilar información necesaria y búsqueda de ayudas a las que opta la instalación en función de su ubicación, potencia y tipo	Definir todas las ayudas disponibles para instalaciones fotovoltaica.	Listado de ayudas disponibles	Determinar ayudas a las que puede aplicar el cliente
20.30.30	Realizar trámites	Buscar requisitos necesarios	Cantidad de requisitos cumplidos	Cumplir con todos los requisitos necesarios para realizar los trámites
20.30.40	Traslado de información	Comunicación clara y completa	Confirmación de recepción	
20.30.50	Revisión	Identificar problemas y posibles mejoras	Cantidad de problemas encontrados	Revisión completa con suficiente tiempo gestión correcta de las ayudas.
APROVISIONAMIENTO				
COMPRAS				
EDT	ACTIVIDAD	REQUISITO	MÉTRICA DE CALIDAD	REQUISITO DE CALIDAD
30.10.10	Solicitud de ofertas a proveedores	Elegir oferta más adecuada al alcance y coste del proyecto	Comparativa de diferentes ofertas	Solicitar diferentes ofertas
30.10.20	Comparar ofertas	Exactitud en la comparación	Checklist con los requisitos de los componentes	Comparar los componentes de acuerdo con los criterios establecidos en la comparativa checklist para poder valorar objetivamente estos.
30.10.30	Selección de ofertas	Selección objetiva	Seleccionar la mejor oferta basándose en criterios objetivos	Seleccionar la mejor oferta de acuerdo a los criterios establecidos por el equipo de proyecto.
30.10.40	Compra de materiales	Alta calidad	Certificados de calidad	Comprar materiales a proveedores que dispongan de dichos certificados
30.10.50	Seguimiento de compras	Cumplimiento plazos	Contactos con proveedores.	Contactar periódicamente con el proveedor para garantizar recepción en plazo.



TRANSPORTES				
EDT	ACTIVIDAD	REQUISITO	MÉTRICA DE CALIDAD	REQUISITO DE CALIDAD
30.20.10	Recepción de materiales	Realizar control de cuando se han recepcionado los materiales	Fecha, lugar y responsable de la recepción	Firma de albarán de entrega
30.20.20	Identificar y almacenar los materiales solicitados	Comprobar que el pedido es correcto	Sello de comprobación	Albarán de entrega firmado
30.20.30	Preparar y enviar equipos	Preparar producto para envío	Producto embalado	Correcto embalaje de todos los productos a enviar
30.20.40	Transporte hasta lugar de la instalación	Cumplir con los plazos estipulados	Tiempo de entrega. Retrasos.	Trabajar con la empresa transportista más ágil.
CIERRE				

Hojas de verificación

En la tabla 11, mostrada a continuación se muestran las checklist que servirán para verificar la completa realización de los diferentes paquetes de trabajo y el cumplimiento de los requisitos.

Tabla 11: Hojas de verificación

PRE-ESTUDIO	SI	NO
¿Se ha asignado un encargado para la realización del pre-estudio?		
¿Se ha documentado la decisión?		
¿Se han recopilado todos los requisitos para su realización?		
¿Se han introducido los datos en el CRM?		
¿Se ha realizado el pre-estudio en la aplicación?		
¿Se ha verificado si se ajusta a la realidad?		

TRANSPORTE	SI	NO
¿Se han revisado todos los componentes entrantes para asegurarnos de que el pedido está completo y que ningún equipo está dañado?		
¿Se ha documentado la información de recepción?		
¿Se ha almacenado todo correctamente siguiendo el orden estipulado?		
¿Se ha comprobado el estado y calidad antes del envío hacia el lugar de la instalación?		
¿Se ha seleccionado empresa transportista?		
¿Se ha definido la ruta de envío?		
¿Se ha validado la salida del almacén?		



COMPRAS	SI	NO
¿Se han solicitado un número suficiente de ofertas para disponer de varias opciones?		
¿Se han recibido todas las ofertas solicitadas?		
¿Se ha comprobado que los proveedores cumplen con los requisitos de calidad impuestos?		
¿Se ha creado un pedido de compra?		
¿Se ha llevado a cabo un seguimiento para garantizar la entrega puntual de los materiales?		
¿Se ha firmado un contrato de proveedor? (proveedor nuevo)		
¿Se ha comprobado que no existe desvío en el presupuesto establecido?		

Hasta que todas y cada una de las anteriores cuestiones se haya completado, no se habrá finalizado el paquete de trabajo y por consiguiente no se podrá considerar que el proyecto se pueda dar por cerrado.

4.6. Dominio de desempeño de la incertidumbre

Con el fin de abordar la incertidumbre del proyecto se elabora un plan para su gestión.

Este plan es esencial ya que nos permitirá identificar los riesgos que puedan surgir durante el desarrollo del proyecto. Es importante puntualizar la diferencia entre riesgo e incertidumbre, el riesgo tiene asociado un cierto factor de probabilidad de que ocurra o no el hecho que se plantea, lo que implica cierto grado de conocimiento acerca del fenómeno. En cambio, la incertidumbre se caracteriza por ausencia de conocimiento de lo que pueda suceder [12].

Gracias al desarrollo de un plan de gestión de riesgos podremos evaluar el impacto de los riesgos, permitiéndonos tomar medidas y decisiones informadas para gestionarlos correctamente. Estas medidas, serán unas respuestas adecuadas para mitigar los impactos de aquellos riesgos que se materialicen y estrategias para reducir la probabilidad de ocurrencia de otros.

Por tanto, este plan trata de identificar y evaluar los posibles riesgos que aparecen durante el proyecto de una instalación fotovoltaica.

Para poder clasificar estos riesgos según su importancia, se elabora una matriz de probabilidad e impacto. Esta matriz me ayudará a priorizarlos. Para ello se estimará una probabilidad y un impacto de cada riesgo.

Para categorizar cada riesgo según su importancia, se toma una matriz de probabilidad e impacto en formato tabla, lo que permitirá al equipo de proyecto, priorizar los riesgos encontrados.

Probabilidad		Amenazas					Oportunidades				
		0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	0.72	0.36	0.18	0.09
0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	0.56	0.28	0.14	0.07	0.04	
0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.40	0.20	0.10	0.05	0.03	
0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02	
0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	
		0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05
		Impacto									

Ilustración 26. Matriz de probabilidad e impacto. Fuente: [5]

Es importante señalar que existen dos partes visibles dentro de esta matriz. Una parte de impacto negativo, amenazas, que será la más relevante en el caso de una instalación fotovoltaica. Y una parte de impacto positivo, esta parte hace referencia a las oportunidades, es decir aquellos riesgos que pueden beneficiar a una instalación fotovoltaica. Por lo general, estos riesgos positivos no aplican en proyectos de estas categorías, en este caso no existen.

Según la Ilustración 26, los valores relativos a la probabilidad se ordenan de la siguiente forma:

- 0.9 – muy alta
- 0.7 – alta
- 0.5 – probable
- 0.3 – baja
- 0.1 – muy baja

En cuanto a valores de impacto:

- 0.8 – muy alto
- 0.4 – alto
- 0.2 – medio
- 0.1 – bajo
- 0.05 – muy bajo

En la matriz podemos ver tres zonas claramente diferenciadas, la zona verde muestra los riesgos secundarios, la zona amarilla nos muestra los riesgos importantes y, por último, la zona roja que señala los riesgos prioritarios.

Tal y como se señaló anteriormente, gracias a la ilustración XX se clasificarán los riesgos según se considere el grado de probabilidad y el tipo de impacto y

afectación que tienen sobre el proyecto. La importancia se calculará multiplicando la probabilidad y el impacto y se clasificarán de acuerdo con el siguiente criterio:

- Secundarios: entre 0.01 y 0.05
- Importantes: entre 0.06 y 0.18
- Prioritario: el número obtenido es mayor a 0.18.

Con el objetivo de recopilar todos los riesgos que pueden afectar al proyecto se elabora la tabla 12. En esta tabla se incluyen los riesgos, la probabilidad e impacto de estos y se calculará la importancia en base a la matriz de probabilidad e impacto mostrada anteriormente. Además, se muestran las estrategias sugeridas para afrontarlos.

Tabla 12: Clasificación riesgos

Riesgo	Consecuencia	Probabilidad	Impacto	Importancia	Estrategia
Retraso de la firma del contrato por parte del cliente. Modificaciones en el proyecto	Retraso del proyecto. Aumento del presupuesto	0.5 Media	0.4 Alto	0.2 Importante	Comunicación constante con el cliente y el <i>partner</i>
Retraso de los materiales (placas, cables, componentes...)	Retraso del comienzo de la instalación	0.5 Media	0.4 Alto	0.2 Importante	Elaboración de un plan de adquisiciones, seguimiento exhaustivo de los pedidos contar con stock de seguridad
Falta de calidad por parte de los proveedores.	Retraso del proyecto	0.3 Baja	0.4 Alto	0.12 Importante	Estandarizar un protocolo para el control de calidad de los componentes recibidos
Errores de diseño e ingeniería	Retraso del proyecto. Cambios en el presupuesto.	0.3 Baja	0.8 Muy alto	0.24 Prioritario	Realizar una validación del proyecto por parte de un responsable.



**Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica
realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).**



Falta de comunicación interdepartamental	Conflictos en el equipo de dirección de proyecto y retraso del proyecto	0.1 Muy baja	0.2 Baja	0.02 Secundario	Fomentar colaboración y comunicación entre los diferentes departamentos implicados
Mala comunicación en el equipo de proyecto	Conflictos en el equipo de dirección de proyecto y retraso del proyecto	0.1 Muy Baja	0.2 Baja	0.02 Secundario	Fomentar colaboración y comunicación entre integrantes del equipo de dirección de proyecto. Reuniones diarias/ semanales
Problemas de instalación.	Retrasos, cambios de presupuesto.	0.3 Baja	0.8 Alta	0.24 Prioritario	Implementar un protocolo estandarizado utilizando hitos que se deben completar durante la instalación fotovoltaica
Accidentes durante la instalación	Lesiones por parte del equipo instalador	0.1 Muy bajo	0.8 Muy alto	0.08 Importante	Implementar un plan de prevención de riesgos laborales, utilización de EPIs.
Problemas con trámites burocráticos	Retraso del proyecto. Modificación del alcance	0.3 Alto	0.4 Alto	0.12 Importante	Constante comunicación con el organismo regulador de las licencias.



Una vez se ha establecido la importancia de los riesgos detectados podemos ver que los errores de diseño por parte del departamento de ingeniería o los problemas durante la instalación son los problemas más significantes, es por ello por lo que las estrategias declaradas deben llevarse a cabo para minimizar el impacto de estos riesgos.

Si bien es cierto que el resto de los riesgos también pueden tener un impacto elevado, no es tan probable que ocurran. A pesar de esto, las estrategias propuestas deben contemplarse como plan de acción.

4.7. Dominio de desempeño de trabajo del proyecto

En el dominio de desempeño del trabajo del proyecto se aborda tanto la ejecución, como los recursos necesarios para llevar a cabo la instalación fotovoltaica.

Para ello, elaboro un plan para la gestión de las adquisiciones. Este plan incluye un listado de todos los materiales necesarios para el desarrollo de una instalación fotovoltaica. Adicionalmente, se incluyen una serie de criterios para seleccionar al proveedor más adecuado para lograr cumplir con los requisitos del proyecto.

Gracias a la matriz RACI, figura 23, se establecen las responsabilidades de cada uno de los componentes del equipo de dirección de proyecto para cada una de las actividades.

4.7.1. Gestión de las adquisiciones

Según el organigrama mostrado anteriormente, *Ilustración 22: Organigrama del equipo de dirección de proyectos*, las subcontrataciones y adquisiciones se realizan a través del departamento de fotovoltaica respaldados por el director de proyecto, Sergio Álvaro Luis.

Por tanto, habrá adquisiciones en el paquete de compras, en el paquete de transporte y en el paquete de instalación. Este modelo de trabajo hace que no sea necesario disponer de una plantilla de transportistas o de instaladores propios, es por ello por lo que estos se subcontratan.

En la tabla 13 se muestran todos los materiales necesarios para el desarrollo de la instalación fotovoltaica, así como las subcontrataciones requeridas.

Tabla 13: Materiales y servicios subcontractados

PAQUETE DE TRABAJO	MATERIAL O SERVICIO A SUBCONTRATAR
Compras	160* 335 Wp Jinko Eagle JKM335PP-72
	Inversor Huawei SUN2000- 33KTL-A Trifásico 33kVA
	160 * Estructura de triangulo (30°)
	80 * láminas de aluminio (2.5m)
	180 * conectores MC4 (6mm)
	300 m * ECOREVI RZ1-K (4 mm)
	40 m * ECOREVI RZ1-K (16 mm)
	1 * CIRWATT B 502
Transporte	Empresa transportista
Instalación	Empresa instaladora colaboradora

Las principales razones por las que se decide subcontractar el transporte es contar con una empresa transportista que ya tiene los procesos sistematizados, lo que hace que cuenten con una mayor eficiencia frente a una empresa que usa un transporte propio. Otra importante razón es que se reducen costes operativos directos, no se invierte en vehículos ni en el mantenimiento de estos o en el combustible. Por último, al subcontractar, es más fácil adaptarse al cambio de demanda. La empresa encargada de realizar el transporte deberá transportar las materias primas, es decir, los paneles, inversores y cables desde el almacén hasta el lugar donde se realizará la instalación.

La subcontractación de la empresa instaladora se debe a diferentes factores. Las empresas instaladoras tienen experiencia y están especializadas en trabajos de este tipo. Estas empresas cuentan con las herramientas necesarias y el personal capacitado. Trabajar con empresas instaladoras a nivel nacional permite abordar instalaciones por toda España sin necesidad de desplazar al equipo. Además, esto permite trabajar en varios puntos simultáneamente.

La empresa instaladora seleccionada se encargará de realizar el proyecto fotovoltaico. Son estas empresas quien se encargan de colocar los paneles en cubierta, conectarlos, configurar los inversores y realizar todo el cableado correctamente. Desde el equipo de dirección de proyecto se supervisa y valida que dicho trabajo se esté realizando correctamente.

Criterios de selección para los servicios subcontractados

Para facilitar la selección de los proveedores de los servicios a subcontractar se elabora una comparativa en la cual se establecen un conjunto de criterios para los diferentes proveedores. Para ello se establecen unos pesos, con valores del

1 al 3, según la relevancia que tienen estos criterios en la selección de instalador.

Gracias a la tabla 14 podremos hacer la comparativa de los diferentes candidatos a instalador para nuestra instalación fotovoltaica. Para ello, existe un trabajo previo de recabar información para posteriormente incluirla en la tabla y poder comparar objetivamente. Es necesario dar respuesta a cada uno de los criterios que componen la tabla.

Los criterios con mayor peso son el precio y la proximidad. Por proximidad entendemos cercanía del instalador al lugar de la instalación. La variable precio hace referencia al coste de la mano de obra. Son factores clave ya que pueden influir notablemente en el desarrollo de la instalación.

El riesgo hace referencia a la posibilidad de estos instaladores a cometer fallos en la instalación, número de incidentes o problemas en instalaciones anteriores.

Cobro de comisiones no es un factor determinante ya que al realizar este tipo de instalaciones la capacidad de pago de la empresa es elevado, si bien es cierto que puede suponer ciertos problemas con instaladores que quieren cobrar parte por adelantado.

Por último, la post venta implica el seguimiento a la instalación, así como las labores de mantenimiento.

Tabla 14: Criterios de selección para determinar instalador

CRITERIO	PESOS	INSTALADOR 1	INSTALADOR 2	...	INSTALADOR X
Precio	3				
Riesgo	2				
Proximidad	3				
Cobro de comisiones	1				
Tipo de contrato	2				
Post venta	1				
TOTAL					

De igual forma que para los instaladores, realizo una comparativa para las empresas transportistas. Es necesario conocer todas las características asociadas a los criterios que componen la Tabla 15.

De la misma manera que para las empresas instaladoras, el precio y la proximidad son dos aspectos cruciales en la selección de la empresa transportista. Sin embargo, cobra gran relevancia la disponibilidad de esta ya que los retrasos en la entrega de material ocasionan grandes pérdidas, tanto monetarias como de tiempo.

El tipo de contrato es un factor relevante ya que dependiendo del perfil de la empresa incluirá unas cláusulas u otras pudiendo perjudicar seriamente a la empresa desarrolladora del proyecto en caso de pérdida. El riesgo hace referencia a la cantidad de problemas o posibles ineficiencias que esa empresa genera.

Por último, y de igual forma que las empresas instaladoras, la forma de cobro de comisión no es un aspecto muy relevante.

Tabla 15: Criterios de selección para determinar empresa transportista

CRITERIO	PESOS	TRANSPORTISTA 1	TRANSPORTISTA 2	...	TRANSPORTISTA X
Precio	3				
Riesgo	2				
Proximidad	3				
Forma de cobro de comisión	1				
Tipo de contrato	2				
Disponibilidad	3				
TOTAL					

Aquella empresa transportista e instaladora que tenga mayor puntuación será seleccionada y se llevará a cabo su subcontratación para el desarrollo de las actividades establecidas.

Criterios de selección para la adquisición de los materiales

Para la selección de proveedores de igual forma que para la selección de empresas instaladoras y transportistas realizaremos una comparativa de los posibles proveedores de las materias primas.

Es importante señalar que no es necesario realizar una tabla para todos los materiales. Algunos materiales son comunes a prácticamente todas las instalaciones fotovoltaicas lo que permite que estos se adquieran siempre al mismo proveedor aprovechando los descuentos por rappel. Claro ejemplo son los cables o los conectores, adquiriéndolos del propio productor. Además, las estructuras en triángulo y las láminas de aluminio se adquieren a una empresa manufacturera de aluminio que las produce en grandes cantidades.

El contador para instalar en el suministro eléctrico depende de la zona donde se produzca la instalación, generalmente se busca la misma marca que instala la empresa distribuidora (Endesa, Iberdrola, Viesgo ...) para evitar posibles problemas.



Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).



Para la selección de paneles, el proveedor será *Jinko*. La empresa china es una de las referentes a nivel mundial y se caracteriza por su calidad/precio ofreciendo paneles solares de primera calidad a un precio totalmente competitivo.

Caso muy distinto es el del inversor. En este caso se trabaja con diferentes proveedores por lo que es necesario realizar una comparativa para poder determinar cuál de estos se ajusta más a la instalación propuesta.

Para ello se establecen unos criterios junto con sus pesos que nos permitirán seleccionar el proveedor de inversores adecuado.

Existen factores que son determinantes para la selección de proveedores, uno de ellos es la calidad. Es imprescindible seleccionar un proveedor que ofrezca inversores de primera calidad ya que es necesario para garantizar un rendimiento óptimo y que no ocurran problemas en el futuro en la instalación. Para operaciones de este tipo uno de los principales puntos es el servicio postventa y la garantía ya que es necesario que en el caso de existir defectos de fabricación se ofrezca una solución.

Una característica importante de los inversores y que se debe tener en cuenta es el propio software de este inversor, en este se podrá visualizar la producción de la instalación y, por tanto, es necesario que este esté actualizado y disponga de las herramientas necesarias.

Por último, el precio no es un factor determinante ya que todos los proveedores de primera de inversores están muy ajustados de precio por lo que no será un punto diferencial.

Tabla 16: Criterios de selección de proveedor de inversor

CRITERIO	PESOS	Proveedor 1	Proveedor 2	...	Proveedor X
Precio	1				
Calidad	3				
Software	2				
Garantía	3				
TOTAL					

Una vez se ha realizado la tabla 16, se seleccionará aquel proveedor que mayor puntuación total haya conseguido.



4.8 Dominio de desempeño de la medición

Con el fin de garantizar el éxito del proyecto, es imprescindible la recolección de información y datos para así evaluar el rendimiento del proyecto. Para ello, es necesario establecer una serie de métricas para poder medir el progreso.

La información debe actualizarse a lo largo de la vida del proyecto hasta que este concluye. El dominio de desempeño de la medición necesita una actualización constante del resto de dominios de desempeño, como la duración, como el presupuesto o los recursos que se han empleado para el desarrollo de las actividades.

Para determinar el desempeño, se emplea el método del valor ganado (Earned Value Method) [13].

Método del valor ganado (Earned Value Method)

Para hacer un seguimiento de los costes, empleo el método del valor ganado. Es una técnica de gestión de proyectos que integra planificación, el seguimiento y el control del desempeño del proyecto.

Se utilizan los siguientes conceptos:

- PV (Planned Value): es la cantidad del presupuesto que se supone que se debe haber gastado hasta el momento en el proyecto según el plan de costes establecido. El valor de la tarea que se debería haber ejecutado hasta la fecha en el cronograma. No se tendrá en cuenta el valor de la materia prima.
- EV (Earned Value): es el valor de la tarea que realmente se ha completado hasta la fecha. Cantidad de trabajo realizado.
- AC (Actual cost): es el coste real para el desarrollo del trabajo hasta la fecha.
- CV (Cost Variance): se conoce como la varianza del coste. Es la diferencia entre el valor ganado (EV) y el coste real (AC). Si la varianza es positiva indica que el proyecto está por debajo del presupuesto, mientras que si es negativo estaremos por encima del presupuesto establecido. $CV = EV - AC$.
- SV (Schedule Variance): se conoce como la varianza de la programación. Es la diferencia entre el valor ganado (EV) y el valor planificado (PV). En el caso de ser positivo estaremos adelantados al cronograma, mientras que, en caso de ser negativo estaremos retrasados frente al cronograma establecido. $SV = EV - PV$.



Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).



Estos indicadores representan una visión clara del rendimiento del proyecto en términos de coste y tiempo, lo que facilitará la toma de decisiones al equipo de dirección de proyecto.

Cronograma	PV	EV	AC	CV	SV
Semana 1	490 €				
Semana 2	1890 €				
Semana 3	2790 €				
Semana 4	8440 €				
Semana 5	15690 €				
Semana 6	15690 €				
Semana 7	15690 €				
Semana 8	15690 €				
Semana 9	15690 €				
Semana 10	15690 €				
Semana 11	15690 €				
Semana 12	15690 €				
Semana 13	15690 €				
Semana 14	15690 €				
Semana 15	16290 €				

Tabla 17: Método del valor ganado por semanas.

5. Estudio económico

En este capítulo se estudiará el coste asociado al desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado. Se hará una diferencia entre los costes materiales y los costes asociados al estudio y desarrollo de este.

Los costes se dividen en:

- Costes directos: son todos aquellos costes relacionados con el producto, en este caso, aquellos imputables a la realización de este trabajo. Mano de obra y material de oficina.
- Costes indirectos: Resto de costes. No aportan valor añadido al producto final.

5.1. Costes directos

Dentro de los costes directos se incluyen las horas y el coste por hora de las personas involucradas en la realización del TFG, en este caso se imputa al Ingeniero de Organización Industrial, al tutor académico y al director de Operaciones de la empresa desarrolladora del proyecto:

Tabla 18. Costes directos de personal.

Personal	Horas	Coste (€/h)	Total (€)
Tutor académico del TFG	20 horas	12.5	250
Ingeniero de Organización industrial	300 horas	16.67	5000
Director de operaciones	3 horas	30	90
Total			5340 €

Además, en cuanto a costes materiales podemos imputar aquellos que han permitido el desarrollo de este:

Tabla 19. Costes iniciales.

Material	Coste inicial
Material de oficina	20 €
Ordenador	850 €
Impresión	50 €
Teléfono móvil	800 €
Total	1720 €



**Plan para la Dirección del Proyecto de una Instalación Fotovoltaica
realizado según la guía PMBOK (7ª Edición).**



Una vez establecido el valor inicial estableceremos el valor final o residual tras la finalización del trabajo de fin de grado:

Tabla 20. Valor residual y vida útil.

Material	Valor residual	Vida útil
Ordenador	150 €	5 años
Teléfono móvil	200 €	3 años
Total	1250 €	

Una vez establecido esto, podremos calcular el valor de la amortización conseguida en el año que ha durado la elaboración de este estudio. Para ello, aplicamos el método de Línea recta:

Amortización anual = (coste inicial-valor residual) /vida útil.

Por tanto, el valor de las amortizaciones para el ordenador aplicando la fórmula anterior es de 140 €.

Elaboro una tabla mostrando el flujo:

Tabla 21. Amortización ordenador.

Año	Valor inicial	Amortización	Valor final
1	850	140	710
2	710	140	570
3	570	140	430
4	430	140	290
5	290	140	150

Para el caso del teléfono móvil:

El valor de la amortización anual es de 200€.

Tabla 22. Amortización teléfono móvil.

Año	Valor inicial	Amortización	Valor final
1	800	200	600
2	600	200	400
3	400	200	200

El valor de los costes directos inicial asciende a un total de 7.060€. Teniendo en cuenta el tiempo que se ha empleado para elaborar el presente trabajo el valor de las amortizaciones asciende a 340 €.

5.2. Costes indirectos de la realización del Trabajo de Fin de Grado

En el caso de los costes indirectos, aquellos costes que no se pueden imputar de manera directa al desarrollo de este TFG, es decir, aquellos que no están involucrados en la ejecución de este, como pueden ser el consumo energético, Internet, etc.

Tabla 23. Costes indirectos.

Concepto	Costo (€)
Consumo de electricidad	200
Internet	120
Consumo telefónico	75
TOTAL	475

5.3 Costes totales de la realización del Trabajo de Fin de Grado

Finalmente, el total de la realización de este Trabajo de Fin de Grado, computando tanto costes directos como indirectos, asciende a un total de:

Tabla 24. Costes totales.

Concepto	Costo (€)
Costes directos	7.060
Costes indirectos	475
TOTAL	7.535 €

6. Conclusiones



6.1 Conclusiones

En el presente Trabajo de Fin de Grado se ha desarrollado un ejemplo de aplicación del reciente PMBOK 7ª Edición en la planificación de un proyecto en una industria, en concreto, para la instalación de una planta solar fotovoltaica acogida a compensación de excedentes. Siguiendo el plan de trabajo desarrollado, ajustado a unos requisitos preestablecidos de antemano, se ha buscado obtener un impacto positivo en la empresa promotora del proyecto, de forma que el mencionado plan contribuya de manera efectiva al éxito a largo plazo del proyecto.

A lo largo del documento, se ha recalcado la importancia que tiene para las empresas, en el entorno actual, la aplicación de las herramientas y conocimientos del área de la Dirección de Proyectos, especialmente en una actividad cada vez más orientada hacia la organización por proyectos. Para ello, se profundiza en el estudio de diferentes metodologías y estándares, en particular, en la reciente séptima edición del PMBOK. Todos los conceptos, métodos y modelos propuestos en esta novedosa guía hacen que se presente como una de las mejores opciones para afrontar los proyectos tecnológicos actuales, proyectos que buscan crear valor para la organización. Es por ello, que se considera que ha sido una elección acertada el elegirla para planificar el proyecto objeto de este trabajo.

Centrándonos en el desarrollo de la planificación de este proyecto, se han aplicado en ello cada uno los diferentes dominios de desempeño que componen esta guía. Así, se brindan ejemplos del desarrollo del plan de gestión de los costes, del de gestión del tiempo, el de gestión de los riesgos que existen o que pueden surgir, en este caso, a lo largo del desarrollo de la instalación fotovoltaica, ... así como artefactos para definir claramente sus stakeholders. Con esto se ha conseguido elaborar un ejemplo práctico que puede servir de guía para implementación en proyectos similares.

En lo referente a los estudios de grado, en la redacción de este texto he podido aplicar de un modo práctico muchos de los conocimientos adquiridos durante el mismo, especialmente en asignaturas como Dirección de Proyectos y Dirección Estratégica, pero también de otras muchas asignaturas (Empresa, Tecnología Ambiental, Electrotecnia, ...).

Más en lo personal, realizar este trabajo me ha permitido profundizar aún más en el campo de la Dirección de Proyectos, un ámbito sobre el que quiero seguir aprendiendo. Además, poder trabajar en una empresa puntera especializada en instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo y de ahorro energético “llave en mano” (que abarca desde los servicios de ingeniería, la instalación, el mantenimiento, la legalización, gestión de subvenciones...), un ámbito que no



solo me interesa, sino que me apasiona, me ha brindado la oportunidad de acceder a todos los conocimientos necesarios para la elaboración de este TFG.

De este modo, considero que la realización de este documento me ha proporcionado una serie de conocimientos y habilidades que me resultaran muy útiles en el futuro a la hora de afrontar la gestión y el liderazgo de este tipo proyectos, si finalmente oriento mi carrera profesional en este ámbito.

6.2 Líneas futuras

El plan de proyecto desarrollado podrá ser utilizado y aplicado como ejemplo de aplicación por empresas, no solo del ámbito energético o fotovoltaico, sino cualquier otra empresa, bien que no empleen métodos de Dirección de Proyectos o que bien ya lo hagan en alguna medida, pero quieran explorar el posible salto hacia utilizar la séptima edición del PMBOK. Como se ha discutido a lo largo de este el texto, el mencionado estándar ha evolucionado para adaptarse a todo tipo de proyectos, aportando las herramientas necesarias para la correcta gestión de estos.

Por mi parte, deseo continuar formándome en el ámbito de la Dirección de Proyectos, en particular, y precisamente, como decía antes, en el uso del PMBOK en proyectos de otros campos, de forma que abarque todos los tipos de proyectos que pueden darse dentro de una empresa, buscando adquirir las mejores prácticas a la hora de desarrollar un modelo de gestión por proyectos dentro de estas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- [1] Charvat, J. (2003). "Project management methodologies: selecting, implementing, and supporting methodologies and processes for projects".
- [2] Montes-Guerra, M., Ramos, F. G., & Díez-Silva, M. (2013). "Estándares y metodologías: Instrumentos esenciales para la aplicación de la dirección de proyectos". *Revista de Tecnología (Archivo)*, 12(2), 11-23.
- [3] Assaff, R. PMBOK "El Cuerpo de Conocimientos de la Gestión de Proyectos". Frameworks For IT Management.
- [4] "Bases para la Competencia Individual en Dirección de Proyectos, Programas y Carteras de Proyectos. Dominio Dirección de Proyectos". International Project Management Association (IPMA). Nijmegen, The Netherlands: International Project Management Association IPMA | cop. 2018. ISBN13: 978-84-09-08271-1
- [5] "A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) and The Standard for Project Management". Project Management Institute. Seventh edition. Pennsylvania, PA: Project Management Institute 2021. ISBN-13: 978-1628256796.
- [6] "PRINCE2 Methodology", [En línea]. Disponible en:
<https://www.prince2.com/eur/prince2-methodology>.
- [7] Minsal Pérez, D., & Pérez Rodríguez, Y. (2007). "Organización funcional, matricial...: En busca de una estructura adecuada para la organización". *Acimed*, 16(4), 0-0.
- [8] Longarini, C. (2011). "La Matriz RACI, una herramienta para organizar tareas en la empresa". Fecha de consulta, 10, 08-15.
- [9] Terrazas Pastor, R. (2011). "Planificación y programación de operaciones". *Revista Perspectivas*, (28), 7-32.
- [10] Karlsen, J. T. (2002). "Project stakeholder management". *Engineering management journal*, 14(4), 19-24.
- [11] Aladpoosh, H. (2012). "The Effectiveness of Project Management by Stakeholders in Enhancing Project and Stakeholder Management". (Doctoral dissertation, Universiti Teknologi Malaysia).
- [12] Mirabal, A. (2017). "Riesgo e incertidumbre: un asunto de gerencia". *Compendium: revista de investigación científica*, (38), 1.
- [13] Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2016, December). "Earned value project management". Project Management Institute.